

NOTHOFAGIDITES ERDTMAN EX POTONIÉ DANS LE PALÉOGÈNE DE L'ÎLE ROI GEORGES, ANTARCTIQUE

TERESA TORRES & HENRIETTE MÉON

TORRES T. & MÉON H. 1998. *Nothofagidites* ERDTMAN ex POTONIÉ dans le Paléogène de l'île Roi Georges, Antarctique. [*Nothofagidites* ERDTMAN ex POTONIÉ in the Palaeogene of King George Island, Antarctica]. *GEOSCIENCE*, 31, 4: 419-435. Villeurbanne, le 31.08.1998.

Manuscrit déposé le 28.01.1997; accepté définitivement le 24.06.1997.

RÉSUMÉ - Différentes formes de *Nothofagidites* des types *fusca* et *brassii* ont été identifiées dans l'île du Roi Georges (îles Shetland du Sud) dans des sédiments paléogènes. Elles sont associées à une microflore riche en fougères, Podocarpaceae, Araucariaceae, Proteaceae, et Gunneraceae. L'étude comparative entre les pollens actuels et fossiles (microscope optique et à balayage) a permis d'établir des affinités botaniques avec quelques espèces sud-américaines. Cependant les *Nothofagidites* de l'île Roi Georges ont l'exine pourvue d'épines très fortes, semblables à celles de quelques espèces du groupe *brassii* caractérisant le climat chaud et humide de Nouvelle-Guinée et de Nouvelle-Calédonie. Ces données complétées par l'observation des caractères anatomiques des bois fossiles étudiés dans les mêmes sites, permettent de penser qu'au Paléogène, les *Nothofagus* étaient des arbres de climat chaud et humide à alternances de saison sèche et de saison de pluie. Ces espèces croissaient avec des plantes vivant actuellement en climat subtropical; à partir des glaciations et des événements volcaniques et tectoniques de la fin du Paléogène, plusieurs espèces ont migré et au moins un groupe parmi les *Nothofagus* s'est adapté aux changements climatiques et se trouve de nos jours dans les forêts tempérées froides de l'hémisphère sud, en particulier dans l'extrême Sud du Chili. Ainsi la seule présence de *Nothofagus* dans les sédiments du Tertiaire ne doit pas être utilisée comme critère d'existence d'un climat tempéré froid ainsi que cela est souvent proposé.

MOTS-CLÉS: NOTHOFAGUS FOSSILES ET ACTUELS, PALYNOLOGIE, PALÉOGÈNE, ANTARCTIQUE.

ABSTRACT - *Nothofagidites* (*fusca* and *brassii*) were found in the Palaeogene of King George Island (South Shetland Islands). They are associated with a rich palynoflora composed of many ferns, Podocarpaceae, Araucariaceae, Proteaceae and Gunneraceae. A comparative study of extant and fossil pollen grains (optical microscope and SEM) allowed the establishment of some botanical affinities with South American species to be established. Nevertheless the *Nothofagidites* of King George Island have an exine with strong spines, a characteristic of some species of the *brassii* group living in New Guinea and New Caledonia under a warm and humid climate. According to these data, and those based on the study of fossil woods from the same sites, it appears that, during Palaeogene, the fossil southern beech (*Nothofagus*) were trees of warm and humid climate with alternation of dry and wet seasons. These trees were growing together with plants now living under a subtropical climate. During glacial periods and through the volcanic and tectonic events of the late Paleogene, at least some *Nothofagus* species migrated, became adapted to the climatic changes and live today in the Southern Hemisphere cold temperate forests, particularly in southern Chile. So the sole presence of *Nothofagus* in the Tertiary sediments cannot be used as a criterion for the existence of a cold temperate climate as it is often argued.

KEYWORDS: FOSSIL AND EXTANT NOTHOFAGUS, PALYNOLOGY, PALAEOGENE, ANTARCTICA.

INTRODUCTION

La distribution actuelle disjointe du genre *Nothofagus* BLUME dans le Sud de l'Australie, Nouvelle-Zélande, Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Calédonie, Papouasie, Tasmanie et en Amérique du Sud (Chili et Argentine) ainsi que la découverte de grains de pollen, de bois et de feuilles fossiles en Antarctique a suscité l'intérêt des botanistes et paléobotanistes, pour comprendre l'histoire phylogénétique

et biogéographique du genre (Steenis 1971; Melville 1982; Tanai 1986; Romero 1986; Dettmann et al. 1990; Hill & Jordan 1993; Hill & Sriven 1995, entre autres).

Le genre *Nothofagus*, section *Pumiliae* et *Antarcticae* (type *fusca*) est actuellement un des éléments les plus importants des forêts sempervirentes et caducifoliées tempérées froides du Sud du Chili. La section *Quadripartitae* (type *menziesii*), à espèces

caducifoliées, se rencontre dans la zone centrale où le climat est tempéré à sécheresse estivale. Les espèces se distribuent dans la Cordillère de la Côte et dans les *Cordones transversales*, arrivant jusqu'à la latitude 33°-34°, dans les monts La Campana, El Roble et Cantillana où elles occupent de préférence les sommets.

Les grains de pollen de *Nothofagus* BLUME furent décrits pour la première fois par Von Post (1929) et par Auer (1933) sur des espèces du Chili et d'Argentine. Plusieurs études détaillées des espèces de Nouvelle-Zélande, Tasmanie, Nouvelle-Guinée, Australie et Amérique du Sud sont dues à Cranwell (1939), Cookson & Pike (1955), Harris (1965), Erdtman (1952, 1954), Heusser (1971), Hanks & Fairbrothers (1976), Praglowski (1980, 1982).

Les grains de pollen de *Nothofagus* BLUME et les formes fossiles de *Nothofagidites* ERDTMAN ex POTONIE sont très caractéristiques, facilement déterminables au niveau du genre et différents des autres genres de la famille bipolaire des Fagaceae. Ils sont de taille variable de 10 à 60 µm, stéphanocolpés avec 4 à 9 colpes (5 à 7 le plus souvent), peroblates, parfois crassimarginates, avec une exine densément épineuse.

Pour distinguer les différentes espèces actuelles ou fossiles, plusieurs critères ont été utilisés, en fonction de la taille, du nombre de colpes ou de l'ornementation de l'exine (Erdtman 1952; Cookson 1947; Couper 1953). Actuellement le critère établi par Cranwell (1939) et Cookson & Pike

(1955) prend en compte seulement l'épaississement des colpes; ainsi il existe trois types de pollen à l'intérieur du genre *Nothofagus* BLUME:

- type *fusca* aux colpes très visibles et à marge épaissie, caractérisé par les grains de pollen de l'espèce *Nothofagus fusca* (HOOKER) Oersted de Nouvelle-Zélande;
- type *brassii* aux colpes légèrement épaissis, caractérisé par l'espèce *Nothofagus brassii* de Nouvelle-Guinée;
- type *menziesii*, sans épaississements des colpes, caractérisé par *Nothofagus menziesii* (HOOKER) Oersted de Nouvelle-Zélande.

D'après les études en microscopie électronique à transmission et à balayage de Praglowski (1980, 1982), il semble que les grains de pollen de type *fusca* soient plus primitifs que les pollens de type *brassii*. Le groupe *menziesii* est différent de *fusca* et *brassii*. Les espèces du type *menziesii*, section *Quadripartitae*, ont actuellement une distribution très disjointe occupant des régions géographiques comme le Chili et l'Argentine, la Nouvelle-Zélande, la Nouvelle-Calédonie, l'Australie et la Tasmanie.

Les grains de pollen du type *brassii* ont des colpes faiblement épaissis. Selon Praglowski (op. cit.), ils seraient intermédiaires entre les pollens des types *fusca* et *menziesii*. A ce sujet, il est à remarquer que Harris (1956a,b), en étudiant la variabilité des pollens d'une même espèce et d'une même fleur, a observé que les grains jeunes du type *fusca* n'ont pas d'épaississement dans les colpes [l'espèce étudiée est *Nothofagus solandri* (HOOKER) Oersted de Nouvelle-Zélande]. L'observation

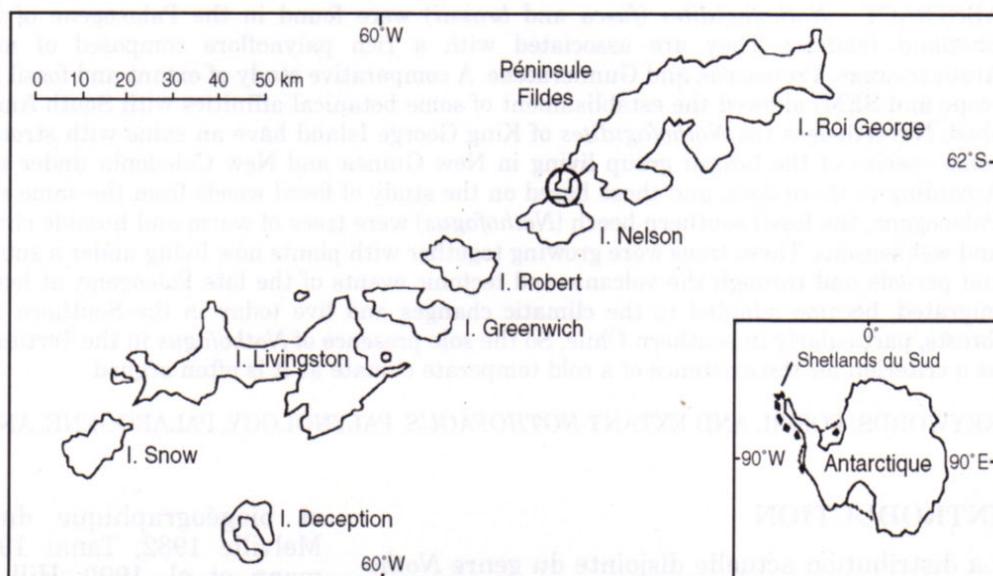
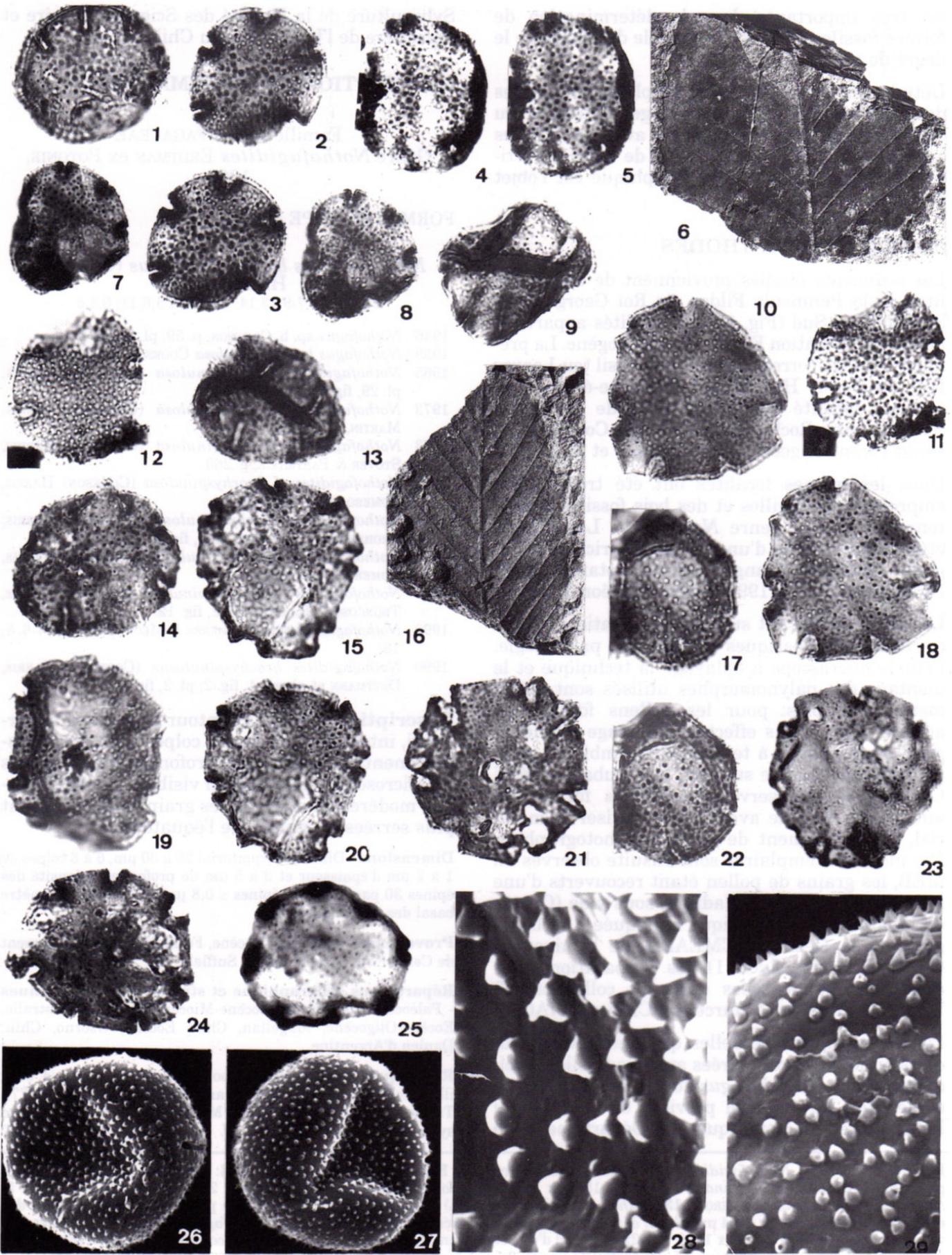


FIGURE 1 - Carte de situation de l'île Roi George. Location map of King George Island.

FIGURE 2 - 1,17,22. *Nothofagidites* cf. *waipawaensis* (COUPER) FASOLA. 2,3. *Nothofagidites* sp. 1 aff. *N.* type *fusca*. 4,5,7-9,13,14. *Nothofagidites* *brachyspinulosus* (COOKSON) HARRIS. 6. *Nothofagus* *subferruginea* (DUSEN) TANAI; feuille [x 1]. (leaf). 10,18,19. *Nothofagidites* *dorotensis* ROMERO. 11,12. *Nothofagidites* sp. 2 aff. *Nothofagus* *alessandri* ESPINOSA. 15,20,23. *Nothofagidites* *saraensis* MENÉNDEZ & CACCAVARI. 16. *Nothofagus* cf. *densinervosa* DUSEN; feuille [x 1]. (leaf). 21. *Nothofagidites* *micromarginatus* ROMERO. 24. *Nothofagidites* *cinctus* (COOKSON) FASOLA. 25. *Nothofagidites* *rocaensis* ROMERO. 26-29. *Nothofagus* *alessandri* ESPINOSA; 26,27: MEB (SEM) x 1400; 28: x 9000; 29: x 4000. x 1000 sauf indication contraire (x 1000 unless otherwise indicated).



est très importante dans la détermination de formes fossiles où il est impossible de connaître le degré de maturité.

L'étude des grains de pollen de plusieurs espèces découvertes dans l'île Roi Georges, Shetland du Sud, ainsi qu'une comparaison avec les espèces actuelles du Chili et la révision de leurs répartitions géographique et stratigraphique est l'objet principal de ce travail.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les sédiments étudiés proviennent de deux localités de la Péninsule Fildes, île Roi Georges, îles Shetland du Sud (Fig. 1). Ces localités appartiennent à la Formation Fildes d'âge paléogène. La première localité correspond à Cerro Fosil (ou Leaves Hill ou Fossil Hill) d'âge paléocène-éocène. La seconde localité est située près de la Pointe Suffield, entre Rocky Cover et Norme Cove, et l'âge serait éocène-oligocène (Birkenmajer et al. 1983).

Dans les mêmes localités ont été trouvés des empreintes de feuilles et des bois fossiles appartenant aussi au genre *Nothofagus*. Les pollens étudiés font partie d'une microflore riche en fougères, conifères et angiospermes, notamment en Protéacées (Torres 1990; Torres & Méon 1990).

Les échantillons ont subi les préparations physico-chimiques classiques utilisées en palynologie. Pour le microscope à balayage la technique et le montage des palynomorphes utilisés sont extrêmement simples: pour les pollens fossiles ou actuels, nous avons effectué un lavage à l'alcool, suivi d'un séchage à température ambiante, puis d'un montage sur le support, avec ruban adhésif. Ceci permet d'observer les mêmes formes au microscope optique avant de métalliser le matériel, éventuellement de faire des photographies. Les mêmes exemplaires sont ensuite observés au MEB, les grains de pollen étant recouverts d'une mince pellicule d'or-palladium, sous vide (Centre de microscopie électronique appliquée à la biologie et à la Géologie: CMEABG, de l'Université Claude-Bernard, Lyon 1), les préparations étudiées ont été déposées dans les collections T. Torres de l'Institut Antarctique Chilien (INACH).

Parmi les espèces actuelles que nous avons étudiées au MEB, et comparées avec les fossiles, quelques espèces de *Nothofagus* du Chili sont illustrées et décrites. Le matériel provient de l'herbier du Laboratoire de Botanique du Département de

Sylviculture de la Faculté des Sciences Agraire et Forestière de l'Université du Chili.

DESCRIPTION ET SYSTÉMATIQUE

Famille NOTHOFAGACEAE

Genre *Nothofagidites* ERDTMAN ex POTONIÉ, 1960

FORMES DU TYPE *FUSCA*

Nothofagidites brachyspinulosus (COOKSON) HARRIS, 1965

Figs 2,4,5,7-9,13,14; 3,6,12; 4,5,6,11; 6,4,6

- 1946 *Nothofagus* sp. b. COOKSON, p. 59, pl. 1, figs 8-13.
 1959 *Nothofagus brachyspinulosa* COOKSON, pl. 4, fig. 4.
 1965 *Nothofagidites brachyspinulosa* (COOKSON) HARRIS, pl. 29, fig. 24.
 1973 *Nothofagidites brachyspinulosa* (COOKSON) HARRIS, MARTIN, fig. 150.
 1973 *Nothofagidites brachyspinulosa* (COOKSON) HARRIS, STOVER & PARTRIDGE, p. 260.
 1973 *Nothofagidites* cf. *brachyspinulosa* (COOKSON) HARRIS, ROMERO, pl. 1, fig. 6, 7.
 1974 *Nothofagidites brachyspinulosa* (COOKSON) HARRIS, ARCHANGELSKY, ROMERO, pl. 2, fig. 4.
 1977 *Nothofagidites brachyspinulosa* (COOKSON) HARRIS, ROMERO, pl.10, figs.1-6.
 1980 *Nothofagidites* cf. *brachyspinulosa* (COOKSON) HARRIS, TRONCOSO & BARRERA, pl. 2, fig. 12.
 1990 *Nothofagidites* type 2. TORRES & MÉON, pl. 2, figs 4-6, 8, 16.
 1990 *Nothofagidites brachyspinulosus* (COOKSON) HARRIS, DETTMANN et al., pl. 1, fig. 2; pl. 2, fig. 2.

Description - Grain à contour équatorial subarondi, intercolpiums droits, colpes avec des épaississements plus ou moins profonds, épines ténues au microscope optique, bien visibles au MEB, densité modérée; dans quelques grains elles semblent plus serrées au niveau de l'équateur.

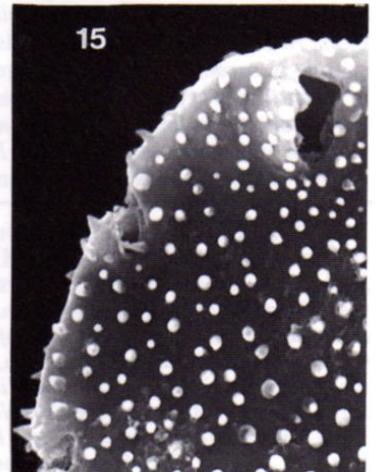
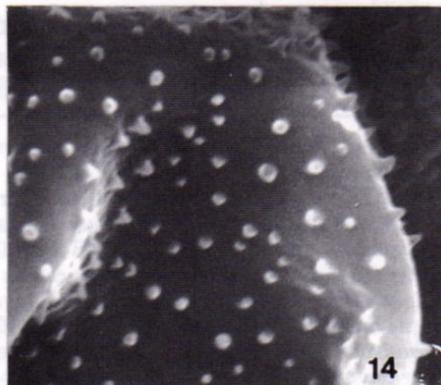
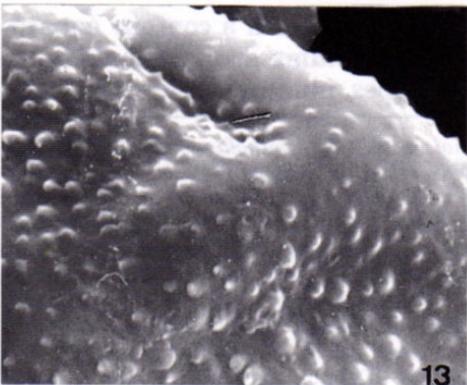
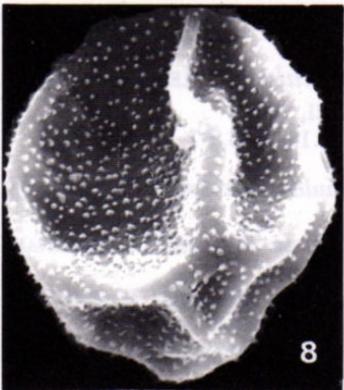
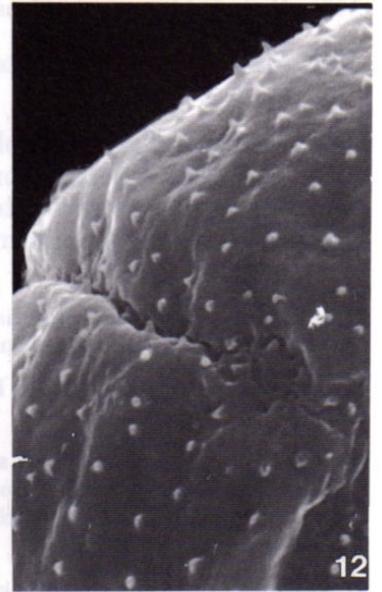
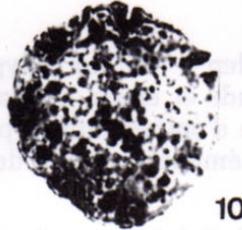
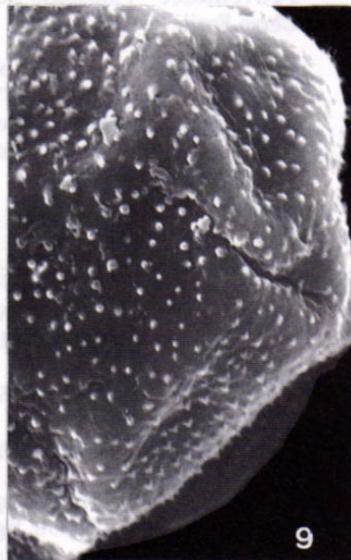
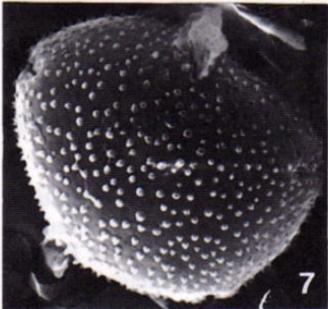
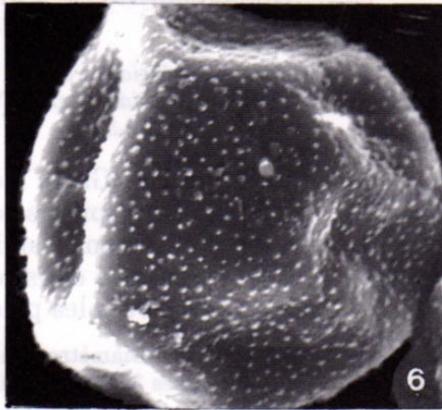
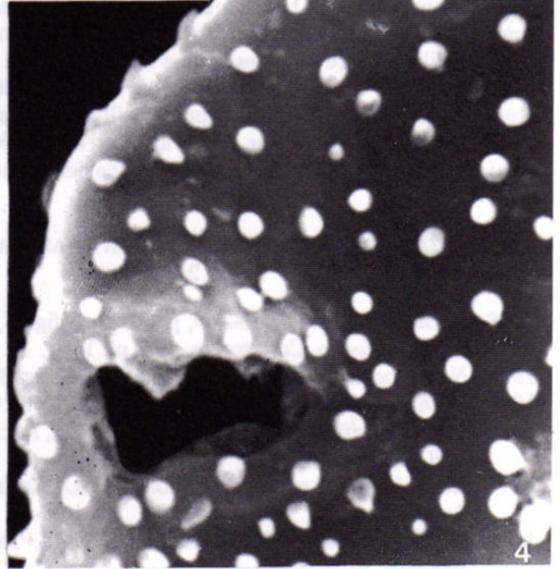
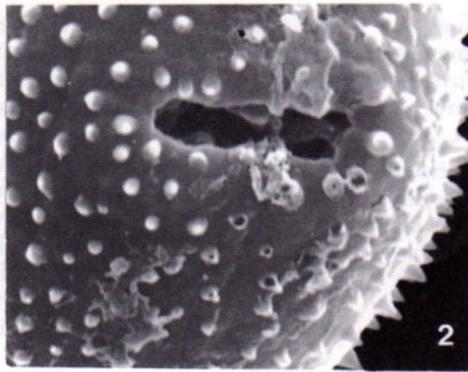
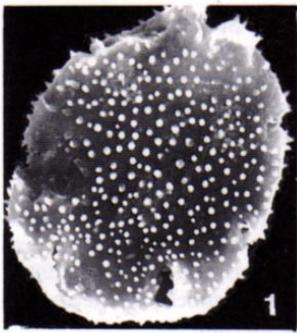
Dimensions - Diamètre équatorial 20 à 30 µm, 6 à 8 colpes de 1 à 2 µm d'épaisseur et 3 à 5 µm de profondeur; densité des épines 30 par 100 µm², épines ≤ 0,8 µm de hauteur, diamètre basal des épines ≤ 0,6 µm.

Provenance - Paléocène-Eocène, Formation Fildes, gisement de Cerro Fosil et de la Pointe Suffield.

Répartitions géographique et stratigraphique connues - Paléocène d'Australie; Eocène-Miocène, Sud de l'Australie, Eocène-Oligocène, Magellan, Chili; Eocène, Osorno, Chili; Danien d'Argentine.

Remarques - Les grains de pollen sont semblables à ceux illustrés par Cookson (1959), Harris (1965) et Romero (1977). Truswell (1983) et Pocknall & Mildenhall (1984) mettent en synonymie *N. lachlaniae* et *N. brachyspinulosus* (COOKSON)

FIGURE 3 - 1,3,4,15. *Nothofagidites deminutus* (COOKSON) STOVER & EVANS; 1: MEB (SEM) x 1400; 4: détail des épines et d'un colpus x 8200 (detail of spines and of a colpus); 15: id.x 3000. 2,7. *Nothofagus alessandri* ESPINOSA; 2: MEB x 4000; 7: x 1400. 5. *Nothofagidites rocaensis* ROMERO. 6,13. *Nothofagus obliqua* (MIRBEL) OERSTED; 6, MEB x 1400, vue polaire; 13, x 4000,détail des épines arrondies, hauteur ≤ 0,4 µm (detail of spines with rounded apices, 0,4 µm high). 8,9,14. *Nothofagus obliqua* (MIRBEL) OERSTED v. *macrocarpa*; 8, MEB (SEM) x 1400; 9, x 2200, détail d'un colpus sans épaississements (detail of a colpus without thickening); 14, x 4000, détail des épines, hauteur 0,5 µm (detail of spines, 0,5 µm high). 12. *Nothofagus leoni* ESPINOSA MEB (SEM) x 4000.



HARRIS, mais cette synonymie est rejetée par Dettmann et al. (1990). La forme *N. lachlaniae* provient de sédiments remaniés de la mer de Ross, en Antarctique; elle est connue en Nouvelle-Zélande depuis le Crétacé supérieur jusqu'au Quaternaire.

Selon Cookson, *Nothofagidites brachyspinulosus* serait à rapprocher de l'espèce actuelle *Nothofagus gunni* (HOOKER) Oersted de Tasmanie; Romero (1977) a suggéré des relations avec les espèces *Nothofagus dombeyi*, *N. antarctica* et *N. betuloides* du Sud du Chili. A notre avis, les grains de pollen de la Péninsule Filde, possèdent des épines plus fortes que ceux des espèces actuelles d'Amérique du Sud. D'après les illustrations de Hanks et Fairbrothers (1976) et nos observations, l'espèce *Nothofagus gunni* d'Australie nous semble la plus affine des formes fossiles.

Nothofagidites cinctus (COOKSON) FASOLA, 1969

Fig. 2.24

- 1946 *Nothofagus* sp. C COOKSON, p. 55, pl. 1, figs 4, 1, 7, 18.
 1953 *Nothofagus* sp. COOKSON, p. 465, pl. 1, fig. 13.
 1959 *Nothofagus cincta* COOKSON, p. 26, pl. 4, fig. 3.
 1969 *Nothofagidites cincta* (COOKSON) FASOLA, pl. 16, figs 1-2.
 1974 *Nothofagidites cincta* (COOKSON) FASOLA, ARCHANGELSKY & ROMERO, pl. 2, fig. 3.
 1977 *Nothofagidites cincta* (COOKSON) FASOLA, ROMERO, pl. 10, figs 1-15.
 1980 *Nothofagidites cincta* (COOKSON) FASOLA, TRONCOSO & BARRERA, pl. 2, figs 2, 3.
 1990 *Nothofagidites cincta* (COOKSON) FASOLA, TORRES, pl. 4, fig. 10.
 1990 *Nothofagidites cincta* (COOKSON) FASOLA, DETTMANN et al., pl. 2, fig. 3; pl. 3, fig. 1.

Description - Grain de pollen à contour polygonal avec 7 colpes peu profonds et épais, intercolpiums droits, exine couverte d'épines faibles peu visibles, distribuées uniformément avec une densité modérée.

Dimensions - Diamètre équatorial, 29 à 32 µm, profondeur des colpes 3 à 4 µm, épaisseur 1 à 2 µm.

Provenance - Paléocène-Eocène, Formation Fildes, gisement de Cerro Fosil.

Répartitions géographique et stratigraphique connues - Eocène-Miocène d'Australie; Eocène d'Argentine, Eocène-Oligocène de Magellan, Chili; Eocène-Miocène, Arauco, Chili; Eocène, Osorno, Chili.

Remarques - Cette forme est peu abondante, les grains de pollen sont semblables à ceux de *N. cinctus*, de l'Eocène de Santa Cruz, Argentine (Romero 1977). Ils sont aussi comparables à ceux de *N. saraensis* trouvés en Argentine, mais en différent par la densité et le type des épines: elles sont faibles et peu denses chez *N. cinctus* et fortes et plus denses chez *N. saraensis*. Il existe aussi une autre espèce affine, *N. flemingii* COUPER (1953), Eocène-Oligocène de Nouvelle-Zélande dont les grains de pollen

sont très proches de ceux de *N. cinctus*. Stover & Evans (1973) ont mis en synonymie les deux taxons, cependant les auteurs australiens et sudaméricains ont continué à donner le nom *N. cinctus* aux formes fossiles, alors que les auteurs de Nouvelle-Zélande utilisent le nom *N. flemingii*. Dettmann et al. (1990) estiment que l'espèce-type *N. flemingii* COUPER est un senior synonyme de *N. cinctus*. Nous avons préféré garder le nom *N. cinctus* pour des raisons biogéographiques étant donné les similitudes que présentent nos pollens avec ceux illustrés par Romero (1977), Troncoso (1980). D'après Dettmann et al. (1980), *N. cinctus*, à part sa taille plus grande, est proche des actuels *N. antarctica* et *N. dombeyi* d'Amérique du Sud.

Nothofagidites sp. 1 aff. *Nothofagus* type *fusca*

Fig. 2.2-3

- 1990 *Nothofagidites* type 2. TORRES & MÉON, pl. 2, fig. 2-3.
 1990 *Nothofagidites* sp. 1 aff. *Nothofagus fusca*, Torres, p. 57, pl. 3, fig. 2-3.

Description - Grain à contour équatorial subcirculaire, intercolpiums convexes, 5 à 6 colpes avec un épaississement visible. Exine (≤ 1 µm) à épines fortes ayant une densité de 50 à 56 par 100 µm², concentrées vers les pôles.

Dimensions - Diamètre équatorial maximal 24 µm, profondeur des colpes 3 à 5 µm, épaisseur des colpes 2 µm, épines ≤ 1 µm de longueur.

Provenance - Paléocène-Eocène. Formation Fildes, gisement Cerro Fosil.

Remarques - Ce grain de pollen est proche de *Nothofagidites* 132, illustré par Romero (1977) (Pl. 11, figs 15-21) de l'Eocène de Rio Turbio, Argentine. Le diamètre du pollen décrit par Romero (1977) est de 21 µm. Les grains sont très semblables à l'espèce actuelle *Nothofagus fusca* (HOOKER) Oersted de Nouvelle-Zélande.

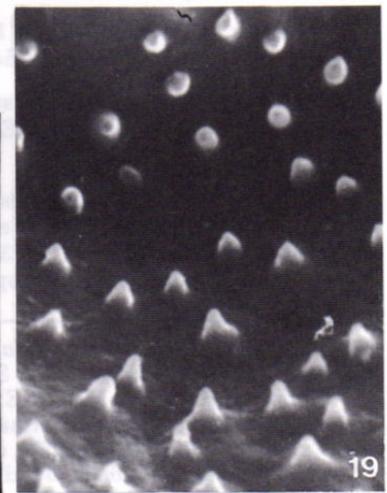
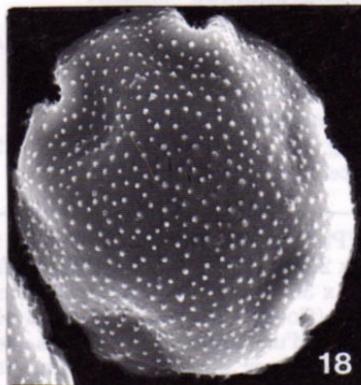
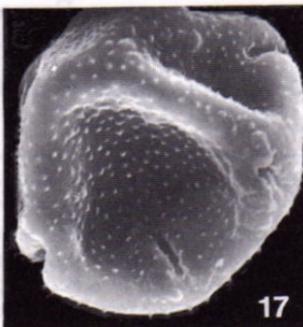
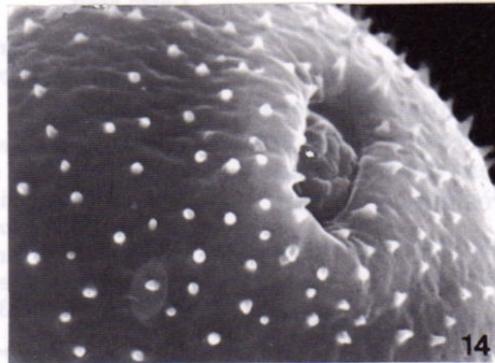
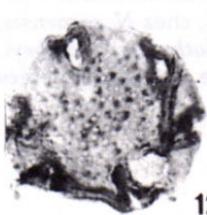
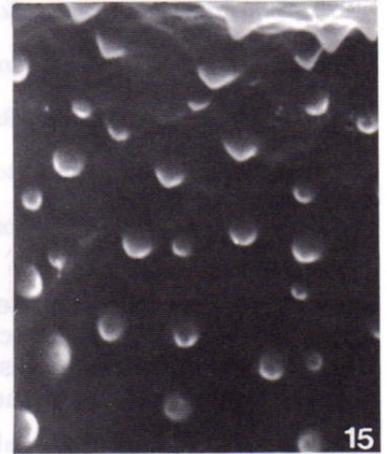
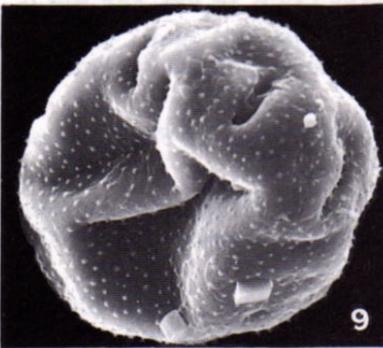
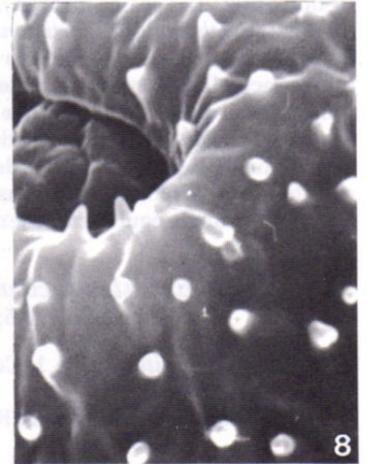
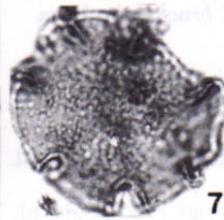
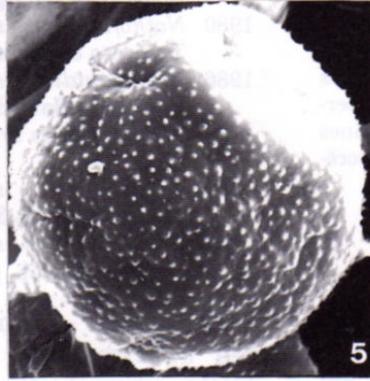
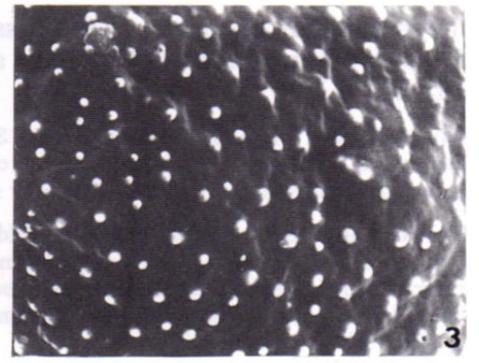
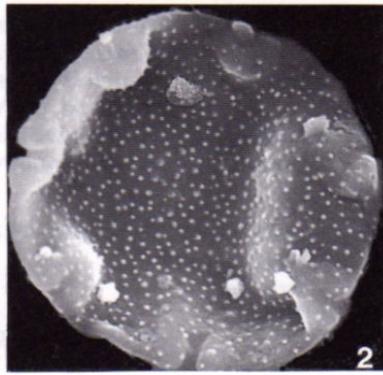
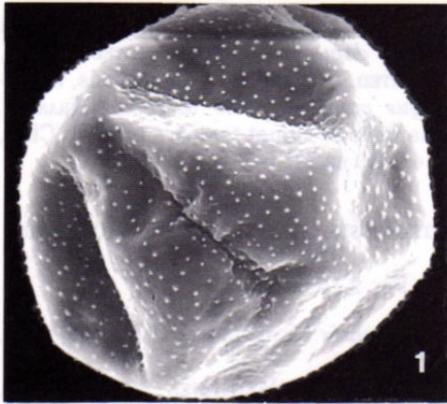
Nothofagidites fortispinulosus MENÉNDEZ & CACCAVARI, 1975

Figs 3.10,11; 5.14-18; 6.3-7

- 1975 *Nothofagidites fortispinulosa* MENÉNDEZ & CACCAVARI, pl. 1, fig. 1-4.
 1977 *Nothofagidites fortispinulosa* MENÉNDEZ & CACCAVARI, Romero.
 1990 *Nothofagidites fortispinulosa* MENÉNDEZ & CACCAVARI, Torres, p. 57, pl. 8, fig. 10-11-13-14.
 1990 *Nothofagidites fortispinulosus* MENÉNDEZ & CACCAVARI, Dettmann et al., pl. 10, fig. 6.

Description - Grain de pollen à contour équatorial polygonal, intercolpiums droits, convexes ou concaves, 6 à 7 colpes plus ou moins profonds,

FIGURE 4 - 1. *Nothofagus leoni* ESPINOSA: MEB, x 1200, vue sub-méridienne (*submeridional view*). 2,3,9. *Nothofagus pumilio* (POEPPIG & ENDL.) OERSTED; 2,9, MEB (SEM) x 1400, vue équatoriale (*equatorial view*); 3, x 4000, détail des épines (*detail of spines*). 4,5. *Nothofagus obliqua* (MIRBEL) OERSTED; MEB (SEM) x 1200, vues polaire et sub-méridienne de deux grains de pollen (*polar and submeridional views of two pollen grains*). 6,12. *Nothofagidites brachyspinulosus* (COOKSON) HARRIS. 7. *Nothofagidites* sp. 2 aff. *Nothofagus alexandri* ESPINOSA. 8,14,16. *Nothofagus dombeyi* (MIRBEL) OERSTED; 8, MEB x 9000, détail des épines, hauteur $\leq 0,5$ µm, diamètre $\leq 0,5$ µm (*detail of spines, 0,5 µm high, diameter 0,5 µm*); 14, x 4000, détail d'un colpus (*detail of a colpus*); 16, x 1400, vue polaire oblique (*oblique polar view*). 10. *Nothofagidites waipawaensis* (COUPER) FASOLA. 11. *Nothofagidites rocaensis* ROMERO. 13. *Nothofagidites incrasatus* (COOKSON) DETTMANN. 15,17. *Nothofagus antarctica* (FORSTER) OERSTED; 15, x 9000, détail des épines, hauteur $\leq 0,5$ µm, diamètre $\leq 0,6$ µm (*detail of spines, 0,5 µm high, diameter 0,6 µm*); 17, x 1400, vue polaire (*polar view*). 18,19. *Nothofagus nitida* (PHILIPPE) KRASSER; 18: MEB (SEM) x 1400, vue polaire (*polar view*); 19, x 9000, détail des épines, hauteur $\leq 0,5$ µm, diamètre $\leq 0,9$ µm (*detail of spines, 0,5 µm high, diameter (0,9 µm)*). x 1000 sauf indication contraire (*x 1000 unless otherwise indicated*).



moyennement épais; exine d'épaisseur inférieure à 1 μm , à épines fortes et longues ayant une densité de 30 à 35 par 100 μm^2 .

Dimensions - Diamètre équatorial 25 à 30 μm , profondeur des colpes 2 à 5 μm , épaissement des colpes 1 à 1,8 μm , épines de diamètre basal $\leq 5 \mu\text{m}$, longueur $\leq 1 \mu\text{m}$.

Provenance - Eocène de la Formation Fildes, gisement de la Pointe Suffield. L'espèce a été signalée dans le Crétacé supérieur et principalement dans l'Eocène-Oligocène de la Terre de Feu (Ménendez & Caccavari 1975) et également dans l'Eocène de Rio Turbio (Romero 1977).

Remarques - Les grains du type *fusca* que nous avons attribués à l'espèce *Nothofagidites fortispinosus* ont été observés aussi au MEB. Les épines assez fortes sont semblables à celles des espèces actuelles du type *brassii* de Nouvelle-Guinée et Nouvelle-Calédonie. Il faut souligner que l'espèce *N. brachispinosus* (COOKSON) HARRIS est très proche de *N. fortispinosus*, les observations au MEB nous ont permis de les différencier par les épines qui, chez *N. fortispinosus*, sont assimilables à un triangle isocèle et à un triangle équilatéral chez *N. brachispinosus*.

Nothofagidites rocaensis ROMERO, 1973

Figs 2.25; 3.5; 4.11; 5.4

- 1967 *Nothofagidites* forme 1, Cookson & Cranwell, pl. 3, fig. 13.
 1973 *Nothofagidites rocaensis* ROMERO, p. 293, 294. pl. 1, figs 1, 3.
 1974 *Nothofagidites* sp.1, Archangelsky & Romero, pl. 1, fig. 2.
 1975 *Nothofagidites rocaensis* ROMERO, MENENDEZ & CACCAVARI, pl. 1.
 1980 *Nothofagidites rocaensis* ROMERO, TRONCOSO Y BARRERA, pl. 2, figs 1, 3.
 1990 *Nothofagidites rocaensis* ROMERO, TORRES, pl. 4, figs 11, 12; pl. 7 figs 5, 9.
 1990 *Nothofagidites rocaensis* ROMERO, TORRES, p. 58, pl. 4, fig. 11, 12, pl. 7, figs 5, 9.
 1990 *Nothofagidites rocaensis* ROMERO, DETTMANN et al., pl. 2, fig. 1.

Description - Grain de pollen à contour équatorial irrégulier, subcirculaire avec 6 à 8 colpes peu profonds, pourvus d'un épaissement notable. Épines faibles, à peine visibles, exine très mince, $\leq 1 \mu\text{m}$.

Dimensions - Diamètre équatorial, 30 à 36 μm ; épaisseur des colpes, 2 à 4 μm ; profondeur des colpes 2 à 5 μm .

Provenance - Paléocène-Eocène, Formation Fildes, gisement de Cerro Fosil et de la Pointe Suffield.

Répartitions géographique et stratigraphique - Maastrichtien à Oligocène en Argentine; Eocène, Osorno et Magellan, Chili.

Remarques - Des grains similaires ont été trouvés dans le Sud du Chili. Le grain illustré (fig. 11) est semblable à l'illustration de Cookson & Cranwell (1967; Pl. 3, fig. 13). Selon ces auteurs, les formes seraient affines à l'espèce *Nothofagus betuloides*

(MIRBEL) OERSTED du Chili. Dettmann et al. (1990) rapprochent *N. rocaensis* de *Nothofagus dombeyi* (MIRBEL) OERSTED et de *N. antarctica* (FORSTER) OERSTED. D'après nos observations, le pollen actuel de *Nothofagus pumilio* (POEPP & ENDL.) KRASSER, espèce caducifoliée de la forêt de climat tempéré froid du Chili, est très similaire (Fig. 4.2,3,9 en MEB).

Nothofagidites saraensis MENENDEZ & CACCAVARI, 1975

Fig. 2.15,20,23

- 1975 *Nothofagidites saraensis* MENENDEZ & CACCAVARI, pl. 1, fig. 7, 8. pl. 2, fig. 1.
 1977 *Nothofagidites saraensis* MENENDEZ & CACCAVARI, Romero, pl. 11, figs 1-11.
 1980 *Nothofagidites saraensis* MENENDEZ & CACCAVARI, Troncoso & Barrera, pl. 2, fig. 1.
 1986 *Nothofagidites saraensis* MENENDEZ & CACCAVARI, Baldoni & Barreda, pl. 1, fig. 7.
 1990 *Nothofagidites* type 1, Torres & Méon, pl. 2, fig. 20, 21, 23.
 1990 *Nothofagidites saraensis* MENENDEZ & CACCAVARI, Torres, p. 59, pl. 3, figs. 20, 21, 23.
 1990 *Nothofagidites saraensis* MENENDEZ & CACCAVARI, Dettmann et al., pl. 12, figs 2,3.

Description - Grain de pollen à contour équatorial subcirculaire ou polygonal, intercolpiums droits, convexes ou légèrement concaves, 7 colpes plus ou moins profonds, légèrement épaissis. Exine couverte d'épines visibles au microscope optique, densité modérée (40 à 42 par 100 μm^2).

Dimensions - Diamètre équatorial, 30 à 32 μm , profondeur des colpes 3 à 4 μm ; épaisseur des colpes 1 à 2 μm . Exine de 1 μm d'épaisseur.

Provenance - Paléocène-Eocène, Formation Fildes, gisement Cerro Fosil.

Répartitions stratigraphique et géographique - Crétacé supérieur à Oligocène d'Argentine; Eocène d'Osorno, Chili; Paléocène de l'île Seymour (Antarctique).

Remarques - Cette forme ressemble à *N. cinctus* (COOKSON) FASOLA dans son aspect général (taille, épaisseur des colpes, etc.). La grande différence réside dans l'ornementation de l'exine: chez *N. cinctus*, les épines sont faibles, chez *N. saraensis*, elles sont plus fortes. Des affinités avec *Nothofagus dombeyi*, espèce qui pousse au Chili et en Argentine, ont été suggérées par Romero (1973).

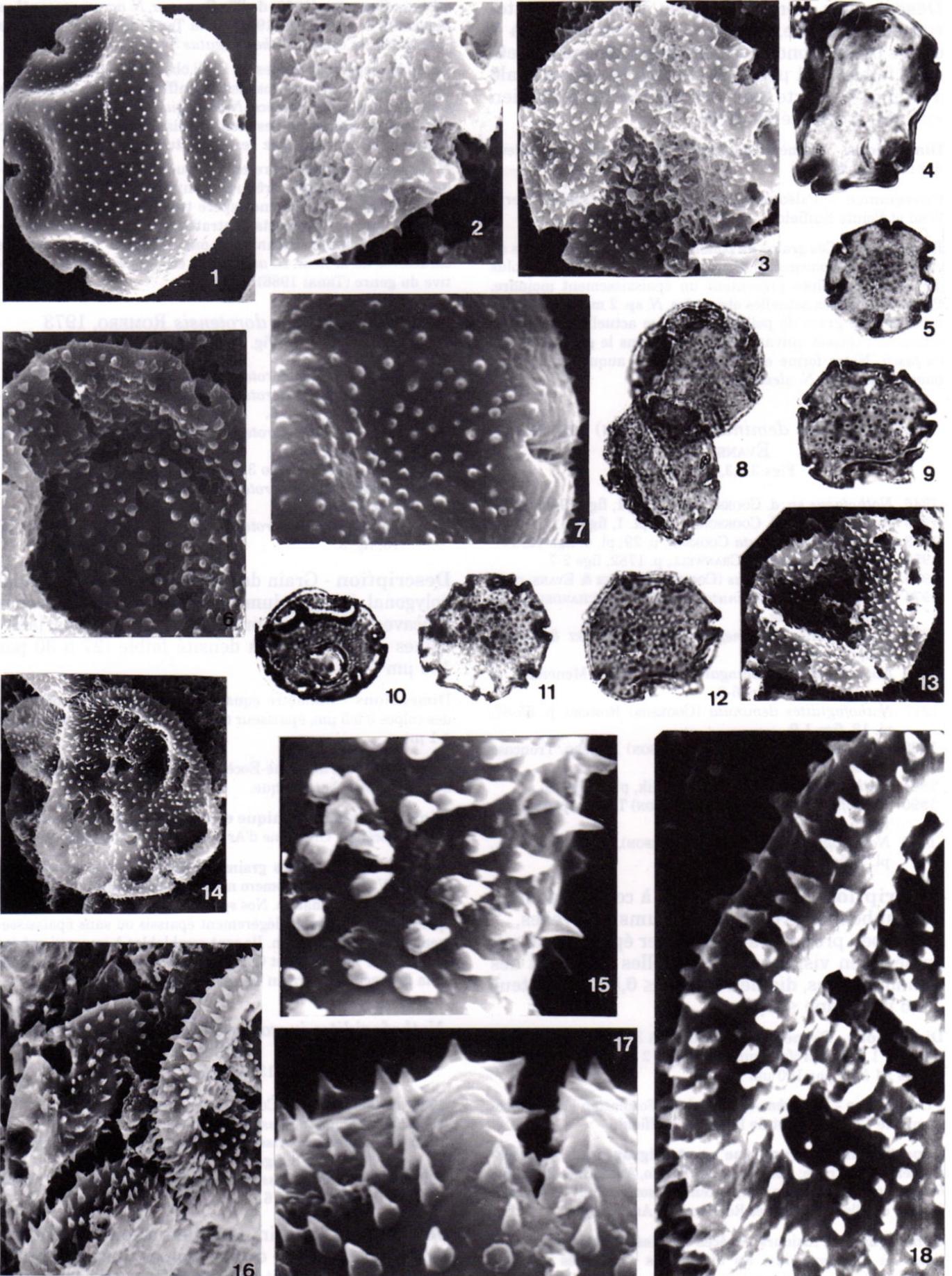
FORMES DU TYPE BRASSII

Nothofagidites sp. 2 aff. *Nothofagus alessandri* ESPINOSA

Fig. 2.11,12; 4.7

- 1990 *Nothofagidites* sp. 2 aff. *Nothofagus alessandri* TORRES, p. 60, pl. 3, figs 12, 13, pl. 7, fig. 3.

FIGURE 5 - 1. *Nothofagus nitida* (PHILIPPE) KRASSER; MEB (SEM) x 1400. 2,3,9,12,13. *Nothofagidites incrassatus* (COOKSON) DETTMANN; 2: MEB (SEM) x 3500; 3: x 2200; 13: x 1400. 4. *Nothofagidites rocaensis* ROMERO. 5,6,11. *Nothofagidites brachispinosus* (COOKSON) HARRIS; 6: MEB (SEM) x 3000. 7. *Nothofagus antarctica* (FORSTER) OERSTED; MEB x 4000, détail d'un colpus et des épines. 8,10. *Nothofagidites deminutus* (COOKSON) STOVER & EVANS. 14-18. *Nothofagidites fortispinosus*. MENENDEZ & CACCAVARI; 14: MEB x 1000; 15,17: MEB x 9000, détail d'un colpus et des épines (detail of spines and of a colpus); 16: x 2000, détail des épines (detail of spines); 18, x 6400, détail des épines, diamètre $\leq 0,5 \mu\text{m}$, hauteur $\leq 0,9 \mu\text{m}$ (detail of spines, $0,9 \mu\text{m}$ high, diameter $0,5 \mu\text{m}$). x 1000 sauf indication contraire (x 1000 unless otherwise indicated).



Description - Grain de pollen à contour équatorial subcirculaire, intercolpiums convexes, 6 à 7 colpes peu profonds avec des épaississements nets mais faibles ($\leq 1 \mu\text{m}$). Exine d'une épaisseur égale à $1 \mu\text{m}$, couverte par des épines fines et bien visibles, à densité modérée.

Dimensions - Diamètre équatorial 25 à 27 μm ; profondeur des colpes, 3 à 4 μm .

Provenance - Paléocène-Eocène, Formation Fildes, Cerro Fosil et Pointe Suffield.

Remarques - Ces grains de pollen peuvent être rapprochés de ceux de *N. waipawaensis* Couper, mais les épines sont plus denses et les colpes présentent un épaississement moindre. Parmi les espèces actuelles observées, *N. sp. 2* montre des affinités avec le grain de pollen de l'espèce actuelle *Nothofagus alessandri* classée suivant les auteurs dans le groupe *brassii* ou *fusca*. Notre forme est du type *brassii* auquel nous attribuons également *N. alessandri*.

Nothofagidites deminutus (COOKSON) STOVER & EVANS, 1973

Figs 3.1,3,4,15; 5.8,10

- 1946 *Nothofagus* sp. d. COOKSON, p. 55, pl. 1, figs 19-21, et 5.
 1953 *Nothofagus* sp. d. COOKSON, p. 46, pl. 1, figs 11.
 1958 *Nothofagus deminuta* COOKSON, p. 29, pl. 4, figs 12, 17.
 1959 *Nothofagus whenua* CRANWELL, p. 1782, figs 2-7.
 1973 *Nothofagus deminutus* (COOKSON) STOVER & EVANS, p. 66
 1974 *Nothofagidites deminuta* COOKSON, ARCHANGELSKY & ROMERO, pl. 2, fig. 6.
 1975 *Nothofagidites acromegacanthus* MENÉNDEZ & CACCAVARI, pl. 4, figs 7-9.
 1975 *Nothofagidites kaitangatus* TE PUNGA, Menéndez & Caccavari, pl. 2, figs 6-8.
 1977 *Nothofagidites deminuta* (COOKSON) ROMERO, p. 65-67, pl. 12, figs 1-9.
 1980 *Nothofagidites deminuta* (COOKSON) ROMERO, Troncoso & Barrera, pl. 2, fig. 7.
 1981 *Nothofagus pumilio* type, Stuchlik, pl. 4, fig. 15.
 1990 *Nothofagidites deminuta* (COOKSON) TORRES, p. 61, pl. 4, figs 5, 7, 8, 13, pl. 8, figs 3, 6.
 1990 *Nothofagidites deminutus* (COOKSON), Dettmann et al., pl. 2, fig. 4.

Description - Grain de pollen à contour équatorial subcirculaire, intercolpiums convexes, 7 colpes peu profonds avec un léger épaississement, épines bien visibles, au MEB elles montrent des sommets aigus, diamètre basal $\leq 0,5 \mu\text{m}$, hauteur $\leq 0,6 \mu\text{m}$, exine $\leq 1 \mu\text{m}$.

Dimensions - Diamètre équatorial 19 à 30 μm , épaisseur des colpes $\leq 1,5 \mu\text{m}$, profondeur des colpes 2 à 3 μm , densité des épines 24 à 38 par 100 μm^2 .

Provenance - Paléocène-Eocène de la Formation Fildes, gisements de Cerro Fosil et de la Pointe Suffield.

Répartitions géographique et stratigraphique - Eocène-Miocène d'Australie; Eocène de Rio Turbio, Argentine; Crétacé à Oligocène de la Terre de Feu; Eocène d'Osorno, Chili; Paléocène-Eocène des îles Seymour et Roi Georges, Antarctique.

Remarques - Plusieurs espèces fossiles peuvent être assimilées à *N. deminutus*, les différences étant très subtiles. Romero (1977), par exemple, a mis en synonyme: *Nothofagus*

whenua CRANWELL (1959) de l'île Seymour, *N. acromegacanthus* MENÉNDEZ & CACCAVARI (1975) de la Terre de Feu et quelques grains décrits comme *N. kaitangatus* TE PUNGA (1948).

Parmi les espèces actuelles du Chili observées au MEB et comparées avec les formes fossiles, les affinités de *N. deminutus* sont étroites avec l'espèce *Nothofagus alessandri* ESPINOSA, (Fig. 2), bien que les épines aient un diamètre plus grand et un sommet plus arrondi chez l'espèce actuelle.

N. alessandri est un arbre endémique du Chili qui, actuellement, occupe une aire très restreinte de la Cordillère de la Côte (VII région), c'est une espèce très intolérante qui a tendance à former des forêts à strates dominantes ou codominantes. Plusieurs botanistes ont suggéré que, par les caractères de la fleur, *N. alessandri* est l'espèce la plus primitive du genre (Tanai 1986).

Nothofagidites dorotensis ROMERO, 1973

Fig. 2.10,18,19

- 1973 *Nothofagidites dorotensis* ROMERO, pl. 2, figs. 4-6.
 1975 *Nothofagidites dorotensis* ROMERO, Menéndez & Caccavari, pl. 4, figs 5-6.
 1980 *Nothofagidites dorotensis* ROMERO, Troncoso & Barrera, pl. 2, figs 14-15.
 1990 *Nothofagidites tipo 3* Torres & Méon, pl. 2, figs 17-19.
 1990 *Nothofagidites dorotensis* ROMERO, Torres, p. 63, pl. 3, figs 17-19.
 1990 *Nothofagidites dorotensis* ROMERO, Dettmann et al., pl. 10, fig. 5.

Description - Grain de pollen à contour équatorial polygonal, intercolpiums droits, convexes ou parfois concaves, 6 à 7 colpes profonds, d'épaisseur variable, épines assez visibles à densité faible (27 à 30 par 100 μm^2).

Dimensions - Diamètre équatorial 30 à 32 μm ; profondeur des colpes 3 à 5 μm , épaisseur des colpes de 0,5 à 1,5 μm ; exine $\leq 1 \mu\text{m}$.

Provenance - Paléocène-Eocène, Formation Fildes, gisement de Cerro Fosil, Antarctique.

Répartitions géographique et stratigraphique - Maastrichtien-Paléocène à Oligocène d'Argentine; Eocène d'Osorno, Chili.

Remarques - Parmi les grains étudiés, ceux qui ont été rapportés à *N. dorotensis* Romero nous ont occasionné certaines difficultés de détermination. Nos spécimens ont des colpes avec une épaisseur très variable, légèrement épaissis ou sans épaississement dans le même grain. Ils sont semblables à ceux qui ont été illustrés par Menéndez et Caccavari (1975) du Crétacé-Tertiaire de la Estancia La Sara en Terre de Feu, Argentine.

Nothofagidites incrassatus (COOKSON) DETTMANN, 1990

Figs 4.13; 5.2,3,9,12,13; 6.5

- 1946 *Nothofagus* sp. i COOKSON, pl. 11, figs 36, 38, 10.
 1959 *Nothofagus incrassata* COOKSON, pl. 4, figs 6, 13.
 1990 *Nothofagus incrassata* COOKSON, Torres, pl. 7, figs 10, 11, 14, 15; pl. 8, figs 1, 2.
 1990 *Nothofagus incrassatus* (COOKSON), Dettmann et al., pl. 5, fig. 4; pl. 6, fig. 6.

Description - Grain de pollen à contour polygonal, intercolpiums droits, colpes peu profonds, épines fines à densité modérée.

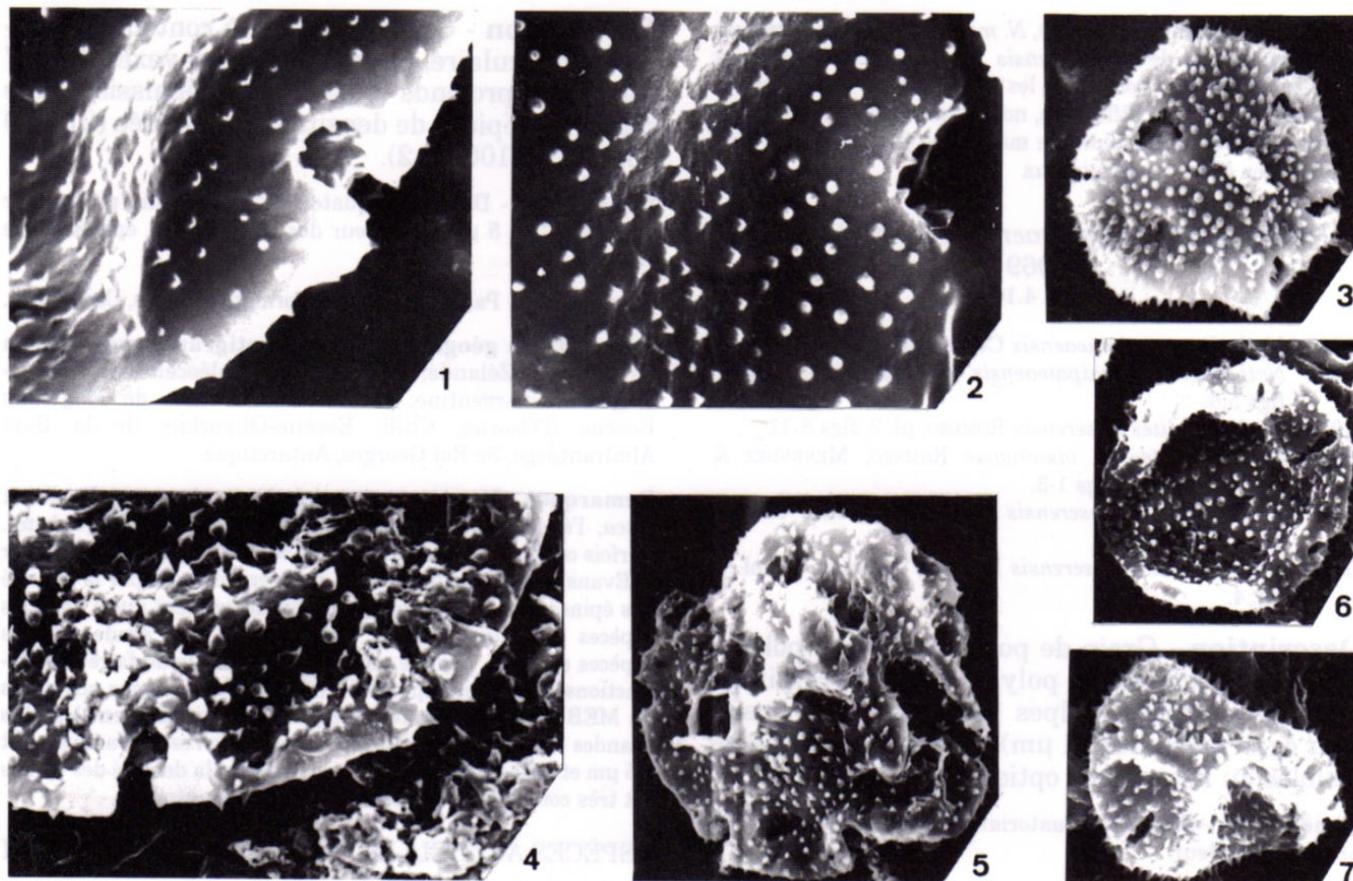


FIGURE 6 - 1,2. *Nothofagus nitida* (PHILIPPE) KRASSER; MEB (SEM) x 4000, détail d'un colpus, 3,7 μm de profondeur (detail of a colpus, 3,7 μm deep). 3,7. *Nothofagidites fortispinulosus*. MENÉNDEZ Y CACCAVARI; MEB (SEM) x 1400. 4,6. *Nothofagidites brachyspinulosus* (COOKSON) HARRIS; 4: MEB (SEM) x 3000; 6: x 1400. 5. *Nothofagidites incrassatus* (COOKSON) DETTMANN; MEB (SEM) x 1700.

Dimensions - Diamètre équatorial 27 à 36 μm , 6 ou 7 colpes de 4 à 6 μm de longueur, exine $\leq 1,5 \mu\text{m}$.

Provenance - Eocène, Formation Fildes, Pointe Suffield, Antarctique.

Répartitions stratigraphique et géographique - Eocène à Oligocène inférieur du Sud de l'Australie.

Remarques - Les grains de pollen sont semblables à ceux qui ont été illustrés par Cookson (1959) provenant de Melrose dans le Sud de l'Australie. Dettmann et al. (1990) signalent une ressemblance entre *N. incrassatus* et les pollens de *Nothofagus alessandri* ESPINOSA.

Nothofagidites micromarginatus ROMERO, 1977

Fig. 2.21

1974 *Nothofagidites* sp. 6, ARCHANGELSKY & ROMERO, pl. 2, fig. 8.

1977 *Nothofagidites micromarginatus* ROMERO, pl. 12, figs 15-23.

1990 *Nothofagidites* tipo 3, Torres & Méon, pl. 2, figs 22, 23.

1990 *Nothofagidites micromarginatus* ROMERO, Dettmann et al., Pl. 11, fig. 3.

Description - Grain de pollen à contour équatorial polygonal, avec 7 colpes profonds entourés d'un faible épaissement, intercolpiums droits. L'exine est couverte d'épines fines de densité modérée.

Dimensions - Grains de 22 μm de diamètre équatorial, profondeur des colpes, 4 à 6 μm , épaisseur des colpes $< 1 \mu\text{m}$, épaisseur de l'exine $< 1 \mu\text{m}$.

Provenance - Paléocène-Eocène, Formation Fildes, gisement Cerro Fossil.

Répartitions géographique et stratigraphique - Eocène de Chubut, Argentine.

Remarques - L'épaisseur des colpes et la présence d'épines fines permettent de classer ces grains de pollen dans le type *brassii*, nos exemplaires correspondent à la diagnose donnée par Romero (1977) pour l'espèce *N. micromarginatus*. Parmi les espèces fossiles, nous avons aussi trouvé une autre forme semblable *Nothofagidites goniatus* (COOKSON) STOVER & EVANS (1973), classée initialement dans le type *menziesii* et postérieurement dans le type *brassii*. Stover & Evans insistent sur les affinités avec le type *menziesii*. Nous pensons que *N. micromarginatus* ROMERO, du Sud de l'Argentine, que nous avons trouvé dans l'île Roi Georges, peut être une forme intermédiaire entre les types *brassii* et *menziesii*. L'espèce *N. goniatus* (COOKSON) STOVER & EVANS, du Tertiaire inférieur du Sud-Ouest de l'Australie peut également appartenir à la même catégorie. Une synonymie, à notre avis, serait aussi plausible et permettrait d'élargir la répartition géographique à l'Amérique du Sud, l'Australie et la Péninsule Antarctique (île Roi Georges). Il est à noter qu'actuellement les espèces du type *brassii*, confinées à la Nouvelle-Guinée et à la Nouvelle-Calédonie, possèdent des pollens de taille plus petite et des épines assez fortes (spécialisation des pollens actuels du type *brassii* ou plasticité adaptative de l'exine ?).

D'après Dettmann et al. (1990), *N. micromarginatus* serait un junior synonyme de *N. dorotensis* ROMERO, 1973, cependant nous avons préféré conserver les deux taxons car les spécimens nous semblent différents, notamment par l'épaisseur de l'exine au niveau des colpes de même que par les épines plus ténues chez *N. micromarginatus*.

Nothofagidites waipawaensis (COUPER) FASOLA,
1969

Fig. 4.10

- 1960 *Nothofagus waipawaensis* COUPER, pl. 7, figs 27-28.
1969 *Nothofagidites waipawaensis* (COUPER) FASOLA, pl. 6, figs 5,6.
1973 *Nothofagidites visserensis* ROMERO, pl. 2, figs 8-11.
1975 *Nothofagidites* cf. *visserensis* ROMERO, MENÉNDEZ & CACCAVARI, pl. 5, figs 1-3.
1980 *Nothofagidites visserensis* ROMERO, TRONCOSO & BARRERA, pl. 2, figs 8.
1990 *Nothofagidites visserensis* ROMERO, Torres, p. 64, pl. 7, fig. 4.

Description - Grain de pollen à contour polygonal subcirculaire à polygonal, intercolpiums droits à convexes. Colpes profonds d'une épaisseur égale à l'exine ($\leq 1 \mu\text{m}$), épines faibles à peine visibles au microscope optique.

Dimensions - Diamètre équatorial $24 \mu\text{m}$, 7 colpes de 5 à $6 \mu\text{m}$ de profondeur.

Provenance - Eocène, Formation Fildes, Pointe Suffield.

Répartitions stratigraphique et géographique - Crétacé supérieur-Paléocène, Terre de Feu et Chubut, Argentine; Paléocène de Nouvelle-Zélande; Eocène d'Osorno, Chili.

Remarques - Les grains de pollen sont proches de *N. deminutus* COOKSON et de *Nothofagidites* sp. 2 aff. *Nothofagus alessandri* (voir *supra*). La différence principale est la taille des épines, très faible chez *N. waipawaensis* et l'épaississement très faible des colpes qui est également caractéristique. *N.* cf. *fuégiensis* MENÉNDEZ & CACCAVARI, illustrée par Troncoso & Barrera (1980), est aussi proche des grains de pollen de nos échantillons. D'après Dettmann et al. 1990, *N. visserensis* serait un junior synonyme de *N. waipawaensis* (COUPER) FASOLA, 1969.

Nothofagidites cf. *waipawaensis* (COUPER) FASOLA,
(1969).

Fig. 2.1,17,22

- 1960 *Nothofagus waipawaensis* COUPER, p. 55, pl. 7, figs 27,28.
1969 *Nothofagidites* cf. *waipawaensis* (COUPER) FASOLA, pl. 6, figs 5, 6.
1974 *Nothofagidites* cf. *waipawaensis* (COUPER) ARCHANGELSKY & ROMERO, pl. 1, fig. 6.
1975 *Nothofagidites* cf. *waipawaensis* (COUPER) FASOLA, Menéndez & Caccavari, pl. 2, figs 2-5.
1980 *Nothofagidites* cf. *waipawaensis* (COUPER) FASOLA, Troncoso & Barrera, pl. 2, fig. 4.
1981 *Nothofagidites* cf. *waipawaensis* (COUPER) STUHLIK, pl. 5, figs 4-5.
1981 *Nothofagidites* sp. Stuchlik, pl. 5, figs 14-16.
1990 *Nothofagidites* type 1, Torres & Méon, pl. 2, figs 1, 14, 15.
1990 *Nothofagidites* cf. *waipawaensis* (COUPER) FASOLA, Torres, p. 59, pl. 3, figs 1, 14, 15.
1990 *Nothofagidites waipawaensis* (COUPER) FASOLA, Dettmann et al., pl. 9, figs 5, 6.

Description - Grain de pollen à contour équatorial subcirculaire, intercolpiums convexes, 6 ou 7 colpes peu profonds et légèrement épaissis. Exine couverte d'épines de densité très modérée (27 à 30 épines par $100 \mu\text{m}^2$).

Dimensions - Diamètre équatorial 25 à $26 \mu\text{m}$; profondeur des colpes 2 à $5 \mu\text{m}$; épaisseur des colpes $1 \mu\text{m}$, épaisseur de l'exine $\leq 1 \mu\text{m}$.

Provenance - Paléocène-Eocène, Formation Fildes, Cerro Fossil.

Répartitions géographique et stratigraphique - Danien de Nouvelle-Zélande; Maastrichtien-Paléocène et Eocène-Oligocène d'Argentine; Paléocène et Eocène de Magellan; Eocène d'Osorno, Chili; Eocène-Oligocène de la Baie Almirantazgo, île Roi Georges, Antarctique.

Remarques - L'espèce se situe à la limite des types *brassii* et *fusca*, l'épaississement des colpes étant très faible ($< 1 \mu\text{m}$). Parfois ces grains ressemblent à *N. deminutus* (COOKSON) Stover & Evans (1973) du type *brassii*, mais en diffèrent par la densité des épines. Ces problèmes de similitude existent aussi dans les espèces actuelles: Heusser (1971), dans son étude sur les espèces du Chili, signale qu'il est très difficile de faire des distinctions. Parmi les espèces du Chili que nous avons observées au MEB et comparées, *Nothofagus dombeyi* montrent les plus grandes affinités; la longueur des épines de l'espèce actuelle est $\leq 5 \mu\text{m}$ et celle du fossile $\leq 1 \mu\text{m}$; par contre la densité des épines est très comparable ainsi que les formes en général.

ESPÈCES ACTUELLES DU TYPE *FUSCA* DU CHILI

Nothofagus antarctica (G. FORSTER) OERSTED

Figs 4.15,17; 5.7

Provenance - Ñuble, termas de Chillán. Collector J. Silva 1967.

Description - Grain de pollen à contour équatorial subcirculaire ou polygonal, intercolpiums convexes, 6 à 7 colpes profonds plus ou moins épais, exine couverte d'épines à sommet arrondi, uniformément distribuées.

Dimensions - Diamètre équatorial 30 à $36 \mu\text{m}$; profondeur des colpes 2 à $4 \mu\text{m}$; épaisseur 3 à $4 \mu\text{m}$; densité des épines 30 à 38 par $100 \mu\text{m}^2$; diamètre basal des épines $\leq 0,7 \mu\text{m}$; hauteur $\leq 0,4 \mu\text{m}$.

Nothofagus dombeyi (MIRBEL) OERSTED

Fig. 4.8,14,16

Provenance - Linares, Bullilleo. Collector R. Gajardo 1973.

Description - Grain de pollen à contour équatorial circulaire, intercolpiums convexes, 5 à 7 colpes peu profonds, assez nettement épaissis, exine couverte d'épines très fines, à densité modérée.

Dimensions - 25 à $40 \mu\text{m}$; profondeur des colpes 2 à $3 \mu\text{m}$, épaisseur $\leq 2 \mu\text{m}$; densité des épines 20 à 22 par $100 \mu\text{m}^2$, épines de diamètre basal $\leq 0,5 \mu\text{m}$, hauteur $\leq 0,5 \mu\text{m}$.

Nothofagus nitida (PHILIPPE) KRASSER

Figs 4.18,19; 6.1,2

Provenance - Aysen, Coyhaique. Collector V. Sierra 1965.

Description - Grain de pollen à contour équatorial polygonal, intercolpiums convexes, 6 colpes

plus ou moins profonds avec un épaississement notable. Exine couverte d'épines à densité modérée. Les épines ont un diamètre basal plus grand que la hauteur, le sommet est arrondi.

Dimensions - Diamètre équatorial 32 à 40 μm ; profondeur des colpes 3 à 5 μm ; épaisseur 2 à 3 μm ; densité des épines 25 à 30 par 100 μm^2 ; épines de diamètre basal $\leq 0,9 \mu\text{m}$; hauteur $\leq 0,5 \mu\text{m}$.

Nothofagus pumilio (POEPPIG ET ENDL.) OERSTED
Fig. 3.2,3,9

Provenance - Alto Vilches. Collector R. Gajardo 1985.

Description - Grain de pollen à contour équatorial subcirculaire très irrégulier, intercolpiums convexes à droits, 6 à 7 colpes peu profonds et très épais; exine couverte d'épines très ténues, de densité modérée.

Dimensions - Diamètre équatorial 32 à 45 μm ; colpes de 3 à 5 μm de profondeur; épaisseur 3 à 5 μm ; densité des épines 40 à 49 par 100 μm^2 .

ESPÈCES ACTUELLES DU TYPE *BRASSI* DU CHILI

Nothofagus alessandri ESPINOSA
Figs 2.26-29; 3.2,7

Provenance - Maule. Collector R. Gajardo 1970.

Description - Grain de pollen à contour équatorial subcirculaire, intercolpiums convexes, 6 à 7 colpes peu profonds, légèrement épaissis, exine couverte d'épines relativement importantes au sommet arrondi dont le diamètre basal est supérieur à la hauteur.

Dimensions - Diamètre équatorial 20 à 30 μm ; profondeur des colpes 2 à 3 μm , épaisseur $\leq 1,5 \mu\text{m}$; hauteur des épines $\leq 0,8 \mu\text{m}$, diamètre basal $\leq 0,8 \mu\text{m}$, densité des épines 30 à 35 par 100 μm^2 .

ESPÈCES ACTUELLES DU TYPE *MENZIESII* DU CHILI

Nothofagus obliqua (MIRBEL) OERSTED
Figs 3.6,13; 4.4-5

Provenance - Antumapu. Collector T. Torres 1984.

Description - Grain de pollen à contour équatorial très irrégulier, subcirculaire, intercolpiums convexes, 6 à 7 colpes profonds sans épaississement, exine couverte d'épines très ténues, à sommet arrondi, à densité modérée.

Dimensions - Diamètre équatorial 28 à 40 μm , profondeur des colpes 4 à 6 μm , densité des épines 27 à 35 par 100 μm^2 .

Nothofagus obliqua (MIRBEL) OERSTED var. *macrocarpa* (A. DC) REICHE
Fig. 3.8,9,14

Provenance - VI Region. Collector M. Bergetet 1988.

Description - Grain de pollen à contour équatorial très irrégulier, subcirculaire, intercolpiums convexes, 6 colpes profonds sans épaississement, exine couverte d'épines très ténues, à densité modérée.

Dimensions - Diamètre équatorial 30 à 38 μm , profondeur des colpes 6 à 10 μm , densité des épines 30 à 42 par 100 μm^2 , diamètre des épines $\leq 0,5 \mu\text{m}$ et hauteur $\leq 0,5 \mu\text{m}$.

Nothofagus leonii ESPINOSA
Figs 3.12; 4.1

Provenance - Maule, Empedrado.

Description - Grain de pollen à contour équatorial subcirculaire, intercolpiums convexes, 6 colpes très profonds sans épaississement, exine couverte d'épines ténues à densité modérée.

Dimensions - Diamètre équatorial 30 à 40 μm , profondeur des colpes 6 à 10 μm , densité des épines 21 à 27 par 100 μm^2 , diamètre basal des épines $\leq 0,6 \mu\text{m}$, hauteur $\leq 0,5 \mu\text{m}$.

STRATIGRAPHIE, PALÉOGÉOGRAPHIE ET DONNÉES PALÉOCLIMATIQUES

Environ 40 espèces de *Nothofagidites* (COUPER) ERDTMANN ex POTONIE appartenant aux types de pollen *brassii*, *fusca* et *menziesii* ont été décrites, la plupart provenant des gisements de l'hémisphère sud: Cranwell (1959, 1962, 1963), Cookson (1947, 1958), Cookson & Pike (1955), Couper (1953, 1960), Menendez & Caccavari (1975), Archangelsky & Romero (1972, 1974), Romero (1973, 1977), Stover & Evans (1973), Dettmann & Jarzen (1988), Dettmann et al. (1990), Askin (1989, 1990), Zamaloa & Barreda (1992), Zamaloa (1992), entre autres.

La présence de *Nothofagidites* dans l'hémisphère nord est douteuse, en dépit du fait que plusieurs espèces aient été signalées. Les formes décrites qui n'ont pas de relations avec *Nothofagidites* sont: *N. densum* et *N. couperi* du Sud de l'Inde (Ramanujan 1966), *N. sp.* du Burundi (Sah 1967), *N. antiquum* (RAMANUJAN, 1960), *N. tschudyi* de l'Eocène du Golfe du Mexique (Elsik 1974). *N. boureaui* est décrite de l'Eocène du Bassin de Paris (Gruas Cavagnetto 1977) et est rapportée par l'auteur au genre actuel *Clerodendron*, Verbenaceae. Les formes qui semblent proches, d'après les illustrations figurations sont: *Nothofagidites* sp. de London Clay (Sein 1961) et *Nothofagidites* sp. du Massif Central (Gorin 1974). Malgré ces témoignages (qui peuvent provenir de parcs où ont été introduites quelques espèces australes) la présence des ancêtres de *Nothofagus* dans l'hémisphère nord reste un problème biogéographique. Nous pensons que *Nothofagidites* est un genre de l'hémisphère sud.

Pour les données stratigraphiques, il semble que l'origine du genre *Nothofagus* ne soit pas plus

ancienne que le Santonien-Campanien (Dettmann et al. 1990; Hill et Jordan 1993). D'après Dettmann et Jarzen (1990), l'espèce *Nothofagidites senectus*, provenant de l'Australie est la plus ancienne, elle a également été trouvée dans le Campanien-Maastrichtien de l'île Ross en Antarctique (Dettmann & Thomson 1987; Torres et al. 1994). Le type *brassii* fait son apparition au Maastrichtien dans le Sud de l'Australie, la sous-section Bipartitae du type *brassii* ne serait arrivée en Papouasie, Nouvelle-Guinée et Nouvelle-Calédonie qu'au Miocène supérieur, quand les conditions climatiques ont changé en Australie et en Nouvelle-Zélande (Dettmann et al. 1990).

En Amérique du Sud, les formes des types *menziesii*, *brassii* et *fusca* sont connues depuis le Maastrichtien, mais l'Eocène est la période où le genre est le plus répandu et diversifié; la latitude 33°-34° S est actuellement la limite nord connue de *Nothofagidites* et également de *Nothofagus*. Les enregistrements les plus nombreux se situent dans la zone de Magellan (Fasola 1969; Menéndez & Caccavari 1975; Troncoso 1977); plus au Nord on trouve des *Nothofagidites* à Osorno, Lonquimay, Arauco, Matanzas, La Dehesa (Troncoso & Barrera 1979, 1980; Doubinger 1975; Palma-Heldt 1987; Méon et al. 1992; Méon et al. 1994; Méon & Torres en cours).

Des macrorestes, principalement bois fossiles et empreintes de feuilles sont aussi abondants dans le Tertiaire depuis la Patagonie jusqu'à la région centrale du Chili (Torres & Tapia 1987; Torres 1995)

En Antarctique, dans les îles Seymour et Ross, les trois types *fusca*, *brassii* et *menziesii* sont connus depuis le Campanien (Askin 1989, 1990; Torres et al. 1994a,b). Ces données sont compatibles avec une origine du genre en Antarctique, idée proposée par des botanistes comme Hooker (1847), Darrah (1936), Hill (1929), Cranwell (1962), Skottsberg (1953, 1955). Dès le Paléogène, les restes de *Nothofagus* sont très fréquents (bois, feuilles, grains de pollen) (Stuchlik 1981; Zastawniak 1981; Zastawniak et al. 1985; Birkenmajer & Zastawniak 1989; Cao Liu 1990).

En relation avec la paléoclimatologie, il faut signaler que de nombreux bois fossiles provenant de l'île Roi Georges, d'âge éocène, appartenant à 4 différentes espèces forestières caducifoliées de *Nothofagus* ont été identifiés (Torres 1984, 1990; Torres & Lemoigne 1988). La révision de 18 espèces attribuées au genre *Nothofagoxylo* GOTHAN, et la comparaison avec les bois actuels, a permis, d'après leur structure anatomique, de déduire des indications paléoclimatiques (Torres 1984, 1995). Les 4 espèces de *Nothofagoxylo* déterminées de l'île Roi Georges ont des cernes

très nets et bien développés, de grands vaisseaux et des rayons ligneux principalement bisériés et trisériés, ces bois sont assimilables aux espèces vivant actuellement dans des régions de climat de type méditerranéen (climat tempéré chaud et sec, avec saison des pluies en hiver). Les feuilles, de grande taille et à bord dentés, provenant des mêmes gisements, témoignent du même climat.

La présence de 12 formes différentes de *Nothofagidites*, et la végétation qui leur est associée (Torres 1990; Méon & Torres 1990; Torres & Méon 1993), est un témoin de la présence de plusieurs espèces du genre *Nothofagus* sous un climat au moins tempéré chaud en Antarctique au Paléogène.

CONCLUSIONS

D'après nos résultats les types *fusca* et *brassii* sont représentés en l'île Roi George par 10 formes différentes, la diversité est la plus grande dans les assemblages floristiques d'âge paléocène-éocène de Cerro Fosil (*N. brachispinus*, *N. cinctus*, *N. deminutus*, *N. cf. N. fusca*, *N. cf. N. alessandri*, *N. dorotensis*, *N. micromarginatus*, *N. rocaensis*, *N. saraensis*, *N. waipawaensis*). Seulement 4 formes (*N. fortispinus*, *N. rocaensis*, *N. deminutus*, *N. waipawaensis*) ont été trouvées à la Pointe Suffield, dont l'âge est plus récent, Eocène-Oligocène. Cependant le type *menziesii* n'a pas été trouvé alors que les travaux sur les bois ont prouvé sa présence. La plupart des espèces étudiées avaient déjà été signalées dans le Paléogène du Chili et d'Argentine.

La comparaison avec les espèces actuelles de *Nothofagus* du Chili permet de montrer les affinités qui existent entre:

- *Nothofagidites rocaensis* ROMERO et *Nothofagus pumilio* (POEPPIG & ENDL.) OERSTED;
- *N. deminutus* COOKSON et *N. waipawaensis* et *Nothofagus alessandri* ESPINOSA;
- *N. cinctus* COOKSON et les espèces *Nothofagus betuloides* (MIRBEL) OERSTED et *Nothofagus nitida* (PHILIPPE) KRASSER.

Elle souligne également la différence qui existe dans l'ornementation des espèces sud-américaines actuelles à épines très peu développées et celle de quelques espèces fossiles du type *fusca* (*N. brachispinus*, *N. fortispinus*, *N. saraensis*) dont les épines sont assez fortes, semblables à celles des espèces du type *brassii* de Nouvelle-Calédonie et Nouvelle-Guinée (adaptation au climat ?).

Dans l'île Roi Georges, au Paléogène, et principalement dans l'Eocène, les *Nothofagus* étaient des arbres, probablement caducifoliés, de climat chaud à tempéré-chaud, à alternances de saisons sèches et de saisons de pluie (données des bois fossiles et des empreintes). Ces espèces vivaient en

association avec des plantes existant actuellement en climat subtropical. A partir des glaciations et des événements volcaniques et tectoniques de la fin du Paléogène, plusieurs espèces ont migré vers le Nord et au moins un groupe parmi les *Nothofagus*, le type *fusca*, s'est adapté aux changements climatiques et se trouve de nos jours dans les forêts tempérées froides jusque dans l'extrême Sud du Chili. Ainsi la seule présence de *Nothofagus* ne doit pas être utilisée comme critère d'existence d'un climat tempéré froid comme cela est souvent proposé.

Remerciements - Les résultats des études font partie du projet: "Etude paléobotanique dans îles Shetland du Sud", patronné par l'Institut Antarctique Chilien (INACH) que nous remercions vivement pour sa collaboration. Le matériel a été prélevé lors de la XXIV Expédition Scientifique en Antarctique, pendant l'été austral 1988. Nous exprimons également notre reconnaissance à D. Ferguson et P. Webb qui furent les rapporteurs de cet article.

REFERENCES

- ARCHANGELSKY S. & ROMERO E.J. 1972 - Presencia del palinomorfo *Nothofagidites* en el Maestrichtiano (Cretácico) y Paleoceno (Terciario) de la Patagonia. Resúmenes. *I Congreso Latinoamericano y V Congreso Mexicano de Botánica*: 11-12.
- ARCHANGELSKY S. & ROMERO E.J. 1974 - Los registros más antiguos de pólen de *Nothofagus*, Fagáceas, de Patagonia (Argentina y Chile). *Boletín de la Sociedad Botánica*, 33: 13-30.
- ASKIN R.A. 1988 - Campanian to Paleocene palynological succession of Seymour and adjacent islands, Northeastern Antarctic Peninsula. *Geological Society of America, Memoir*, 169: 131-153.
- ASKIN R.A. 1989 - Endemism and heterochroneity in the late Cretaceous (Campanian) to Paleocene palynofloras of Seymour island, Antarctica: implications for origins, dispersal and palaeoclimates of southern floras. In J.A. CRANE (ed.), *Origins and evolution of the Antarctic biota. Geological Society of London, Special Publication*, 47: 107-119.
- ASKIN R.A. 1990 - Campanian to Paleocene spore and pollen assemblage of Seymour, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 65: 105-113.
- AUER V. 1933 - Verschiebungen der Wald und Steppengebiete Feuerlands in Postglazialer Zeit. *Acta Geographica*, 5 (2).
- BALDONI A. & BARREDA V. 1986 - Estudio palinológico de las Formaciones López de Bertodano y Sobral, isla Vicecomodoro Marambio, Antártida. *Boletín del Instituto geológico*, 17: 89-98.
- BIRKENMAJER K., NAREBSKI W., NICOLETTI M. & PETRUCCIANI C. 1983 - Late Cretaceous through Late Oligocene K-Ar ages of King George Island Supergroup volcanics, South Shetland Islands (West Antarctica). *Bulletin de l'Académie polonaise des Sciences, Sciences de la Terre*, 3: 121-131.
- BIRKENMAJER K. & ZASTAWNIAK E. 1989 - Late Cretaceous-Early Tertiary floras of King George Island, West Antarctica: their stratigraphic distributions and paleoclimatic significance. In J.A. CRANE (ed.), *Origins and Evolution of the Antarctic biota. Geological Society of London Special Publication*, 47: 227-240.
- CAO LIU 1990 - Discovery of late Cretaceous palynoflora from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica and its significance. *Acta Palaeontologica Sinica*, 29 (2): 143-151.
- COOKSON I.C. 1946 - Pollens of *Nothofagus* BLUME from Tertiary deposits in Australia. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 71: 49-63.
- COOKSON I.C. 1947 - Plant microfossils from the lignites of Kerguelen Archipelago. *Report of British and New Zealand Antarctic Research Expedition (1929-31)*, A, 2 (8): 127-142.
- COOKSON I.C. 1953 - A palynological examination of n° 1 Bore Birregurra, Victoria. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 66: 119-125.
- COOKSON I.C. 1959 - Fossil pollen grains of *Nothofagus* from Australia. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 71: 25-30.
- COOKSON I.C. & PIKE K. 1955 - The pollen morphology of *Nothofagus* BL. subsection *Bipartitae* Steen. *Australian Journal of Botany*, 3: 197-206.
- COOKSON I.C. & CRANWELL L.M. - 1967. Lower Tertiary microplankton, spores and pollen grains from Southernmost Chile. *Micropaleontology*, 13 (2): 204-216.
- COUPER R.A. 1953 - Upper Mesozoic and Cainozoic spores and pollen grains from New Zealand. *New Zealand Geological Survey, Palaeontological Bulletin*, 22, 77 p.
- COUPER R.A. 1960a - Southern Hemisphere Mesozoic and Tertiary Podocarpaceae and Fagaceae and their palaeogeographic significance. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 152 B: 491-500.
- COUPER R.A. 1960b - New Zealand Mesozoic and Cainozoic plant microfossils. *New Zealand Geological Survey, Palaeontological Bulletin*, 32, 87 p.
- CRANWELL L.M. 1939 - Southern beech pollens. *Records of the Auckland Institute and Museum*, 2: 175-196.
- CRANWELL L.M. 1959 - Fossil pollen from Seymour Island, Antarctica. *Nature*, 184: 1782-1785.
- CRANWELL L.M. 1962 - Antarctica: cradle or grave for *Nothofagus*? *Pollen et Spores*, 4: 190-192.
- CRANWELL L.M. 1963 - *Nothofagus*: living and fossil. In J.L. GRESSITT (ed.), *Pacific biogeography*. Bishop Museum Press: 387-400.
- CRANWELL L.M. & VON POST L. 1936 - Post-Pleistocene pollen diagrams from the Southern hemisphere. 1. New Zealand. *Geografiska Annaler*, 18: 308-347.
- DARRAH W.C. 1936 - Antarctic fossil plants. *Science*, n.s., 83.
- DETMANN M.E. & JARZEN D.M. 1988 - Angiosperm pollen from Uppermost Cretaceous of Southern Australia and the Antarctic Peninsula. *Memoir of Association of Australian Paleontology*, 5: 217-237.
- DETMANN M.E. & JARZEN D.M. 1990 - The Antarctic Australian rift valley: Late Cretaceous cradle of northeastern Australasian relicts? *Review of Palaeobotany and Palynology*, 65: 131-144.
- DETMANN M.E. & THOMSON M.R.E. 1987 - Cretaceous palynomorphs from the James Ross Island area

- Antarctica - a pilot study. *British Antarctic Survey Bulletin*, 77: 13-59.
- DETTMANN M.E., POCKNALL D.T., ROMERO E.J. & ZAMALOA M. del C. 1990 - *Nothofagidites* ERDTMAN EX POTONIÉ, 1960. A catalogue of species with notes on the palaeogeographic distribution of *Nothofagus* Bl. (Southern Beech). *New Zealand Geological Survey, Palaeontological Bulletin*, 60, 79 p.
- DOUBINGER J. 1975 - Grains de pollen de *Nothofagus* du Crétacé - Tertiaire du Chili. *Comptes Rendus du 100ème Congrès National des Sociétés Savantes*, 2: 59-62.
- ELSIK W.C. 1974 - *Nothofagus* in North America. *Pollen et Spores*, 16: 285-299.
- ERDTMAN G. 1952 - *Pollen morphology and plant taxonomy, Angiosperms*. An introduction to Palynology. Almqvist & Wicksell édit., 539 p.
- ERDTMAN G. 1954. Pollen morphology and plant taxonomy. *Bot. Nat.*, 2: 65-81.
- FASOLA A. 1969 - Estudio palinológico de la Formación Loreto, Terciario Medio, Provincia de Magallanes, Chile. *Ameghiniana*, 5 (1): 3-49.
- GORIN G. 1974 - Etude palynostratigraphique des sédiments paléogènes de la Grande Limagne (Massif Central, France). Thèse Université de Genève, 314 p. (inédit).
- GRUAS CAVAGNETTO C. 1977 - Etude palynologique de l'Eocène du bassin anglo-parisien. Thèse Doctorat d'Etat, Université de Paris, 290 p. (inédit).
- HANKS S.L. & FAIRBROTHERS D.E. 1976 - Palynotaxonomic investigations of *Fagus* and *Nothofagus*: light microscopy, scanning electron microscopy and computer analysis. In HEYWOOD W.H. (ed.), *Botanical Systematics*. Academic Press (éd.), 141 p.
- HARRIS W.F. 1956a - Pollen of *Nothofagus*. Variation in size and number of apertures from flower to flower on the same tree. *New Zealand Journal of Science and Technology*, 37: 635-638.
- HARRIS W.F. 1956b - Pollen characters in *Nothofagus*. *New-Zealand Journal of Science and Technology*, 37: 731-765.
- HARRIS W.F. 1965 - Basal Tertiary microfloras from the Princetown Area, Victoria, Australia. *Palaeontographica*, B, 115 (4-6): 75-106.
- HEUSSER C.J. 1971 - Pollen and spores of Chile. University Arizona Press, 167 p.
- HILL A.W. 1929 - Antarctica and problems in geographical distribution. *Proceedings of International Congress of Plant Sciences*, 2.
- HILL R.S. & JORDAN G.J. 1993 - The evolutionary history of *Nothofagus* (Nothofagaceae). *Austral Systematic Botany*, 6: 111-126.
- HILL R.S. & SCRIVEN L. 1995 - The angiosperm-dominated woody vegetation of Antarctica: a review. *Review of Paleobotany and Palynology*, 86: 175-198.
- HOOKE J.D. 1847 - The botany of the Antarctic voyage of H.M. discovery ships Erebus and Terror in the years 1839-1843. 1. *Flora Antarctica*. Reeve Bros., London.
- MARTIN H.A. 1973 - The palynology of some Tertiary and Pleistocene deposits of New South Wales. *Australian Journal of Botany*, 6, 57 p.
- MELVILLE R. 1982 - The biogeography of *Nothofagus* and *Trigonobalanus* and the origin of the Fagaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 85: 75-88.
- MENÉNDEZ C.A. & CACCAVARI M.A. 1975 - Las especies de *Nothofagidites* (pólen fósil de *Nothofagus*) de sedimentos terciarios y cretácicos de la estancia La Sara Norte de Tierra del Fuego, Argentina. *Ameghiniana*, 12 (2): 165-183.
- MÉON H., TORRES T. & MARTINEZ R. 1994 - Etudes sporopolliniques préliminaires dans le Tertiaire du Chili. In GAYET M. & RACHEBOEUF P. (eds), *Résumés Table ronde européenne Paléontologie et Stratigraphie d'Amérique latine*, p. 35.
- MÉON H., TORRES T. & MARTINEZ R. 1994 - Sporopollinic analysis in the Navidad Formation near Navidad, Chile. 7° Congreso geológico Chileno, 1: 488-490.
- PALMA-HELDT S. 1987 - Registro de *Nothofagidites* en localidades terciarias chilenas. *Actas VII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*: 125-128.
- POCKNALL D.T. & MINDENHALL D.C. 1984 - Late Oligocene-Early Miocene spores and pollen from Southland, New Zealand. *New Zealand Geological Survey, Palaeontological Bulletin*, 51, 66 p.
- PRAGLOWSKY J. 1982 - Fagaceae L., Fagoideae. *World Pollen and Spores Flora*, 11, 30 p.
- RAMANUJAM C.G.K. 1960 - Silicified woods from the Tertiary rocks of South India. *Palaeontographica*, B, 106 (4-6): 99-140.
- RAMANUJAM C.G.K. 1966 - Palynology of the Miocene lignites from South Arcot district, Madras, India. *Pollen et Spores*, 8 (1): 149-199.
- ROMERO E.J. 1973 - Pólen fósil de *Nothofagus* (*Nothofagidites*) del Cretácico y Paleoceno de Patagonia. *Revista del Museo de La Plata. Sección Palaeontología*, 7: 291-303.
- ROMERO E.J. 1977 - Polen de Gimnospermas y Fagáceas de la Formación Río Turbio (Eoceno), Santa Cruz, Argentina, Fundación Educacional de Ciencia y Cultura édit., 223 p.
- ROMERO E.J. 1986a - El género *Nothofagus* en Antártida. *Actas VII Simposio Argentino de Palaeontología y Palinología*: 181-185.
- ROMERO E.J. 1986b - Fossil evidence regarding the evolution of *Nothofagus* Bl. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 73: 276-283.
- SAH S.C.D., 1963 - Palynology of Upper Neogene profile from Rusizi valley (Burundi). *Annales du Musée Royal d'Afrique Centrale, Sciences géologiques*, 8, 175 p.
- SEIN M.K. 1961 - *Nothofagus* pollen in the London Clay. *Nature*, 190: 1030-1031.
- SKOTTSBERG C. 1955 - Influencia del continente Antártico en la vegetación de las tierras australes. *Moliniana*, 1: 99-105.
- STEENIS C.D.J. van 1971 - *Nothofagus*. Key genus of plant geography, in time and space, living and fossil, ecology and phylogeny. *Blumea*, 19 (3): 65-98.
- STOVER L.E. & PARTRIDGE A.D. 1973 - Tertiary and late Cretaceous spores and pollen from the Gippsland Basin, SE Australia. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 85: 237-286.
- STOVER L.E. & EVANS P.R. 1973 - Upper Cretaceous spores and pollen from the Gippsland Basin, SE

- Australia. *Geological Society of Australia, Special publication*, 4: 55-72.
- STUCHLIK L. 1981 - Tertiary pollen spectra from the Ezcurra Inlet Group of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Studia Geologica Polonica*, 72: 109-132.
- TANAI T. 1986 - Phytogeographic and phylogenetic history of the genus *Nothofagus* Bl., Fagaceae, in the Southern Hemisphere. *Journal of the Faculty of Sciences, Hokkaido University*, 4, 21 (4): 505-582.
- TE PUNGA M.T. 1948 - *Nothofagus* pollen from the Cretaceous Coal Measures at Kaitangata, Otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Sciences and Technology*, B29: 32-35.
- TORRES T. 1984 - *Nothofagoxydon antarcticus* nov. sp., madera fósil del Terciario de la isla Rey Jorge, islas Shetland del Sur, Antártica. *Serie Científica del INACH*, 31: 39-52.
- TORRES T. 1990 - Etude paléobotanique du Tertiaire des îles Roi Georges et Seymour, Antarctique. Thèse Université Claude-Bernard Lyon I, 210 p. (inédit).
- TORRES T. 1995 - Tertiary macro- and microfossils of *Nothofagus* Bl. in South America and Antarctica: paleoclimatic implications. *International Conference on diversification and evolution of terrestrial Plants in geological time, Nanjing*, Abstracts: 92-94.
- TORRES T. & TAPIA I. 1987 - Estudio de maderas fósiles terciarias de la Zona Central de Chile. *Comisión Nacional de Investigación Científica y Técnica, Informe proyecto*, 70 p. (inédit).
- TORRES T. & LEMOIGNE Y. - 1988. Maderas fósiles terciarias de la Formación Caleta Arctowsky, isla Rey Jorge, Antártica. *Serie Científica del INACH*, 37: 69-107.
- TORRES T. & MÉON H. 1990 - Estudio palinológico preliminar de Cerro Fósil, península Fildes, isla Rey Jorge, Antártica. *Serie Científica del INACH*, 40: 21-39.
- TORRES T. & MÉON H. 1993 - Lophosoria del Terciario de la isla Rey Jorge y Chile central: origen y dispersión en el hemisferio Sur. *Serie Científica del INACH*, 43: 17-30.
- TORRES T., COURTINAT B. & MÉON H. 1994a - *Microcahyxylon gothani* nov. gen. nov. sp., madera cretácica de la isla James Ross, Antártica. *Actas 7° Congreso Geológico Chileno*, 2: 1702-1706.
- TORRES T., MARENSSI S. & SANTILLANA S. 1994b - Maderas fósiles de la isla Seymour, Antártica. *Serie Científica del INACH*, 44: 17-38.
- TRONCOSO A. 1977 - Etude palynologique de la limite Crétacé-Tertiaire dans la région de Magellan, Chili austral. Thèse d'Université Louis-Pasteur, Strasbourg, 154 p. (inédit).
- TRONCOSO A. & BARRERA E. 1979 - Estudio palinológico de tres testigos del Pozo Río Blanco n° 1, Osorno, Chile. *Actas II Congreso Geológico Chileno, Santiago*, 6 (3), 14 p.
- TRONCOSO A. & BARRERA E. 1980 - Polen del Eoceno de Osorno, Chile. *Boletín del Museo Nacional Historia Natural de Chile*, 37: 179-203.
- TRUSWELL E.M. 1983 - Recycled Cretaceous and Tertiary pollen and spores in Antarctic marine sediments: a catalogue. *Palaeontographica*, B, 186 (4-6): 121-174.
- VON POST L. 1929 - Die Zeichenschrift der Pollenstatistik. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 51: 543-565.
- ZAMALOA M del C. 1992 - A new species of *Nothofagidites*, *N. americanus* from Patagonia and Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 72 (1/2): 49-54.
- ZAMALOA M DEL C. & BARREDA V.D. 1992 - *Nothofagidites tehuelchesii*, a new species from the Tertiary of Patagonia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 72 (1/2): 55-60.
- ZAMALOA M.C., ROMERO J.E. & STINCO L. 1987 - Polen y esporas fósiles de la Formación La Meseta (Eoceno Superior-Oligoceno) de la isla Marambio (Seymour), Antártica. *VII Simpósio Argentino de Paleobotánica y Palinología*: 199-203.
- ZASTAWNIAK E. 1981 - Tertiary leaf flora from the Point Hennequin Group of King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Preliminary report. Studia Geologica Polonica*, 72: 97-108.
- ZASTAWNIAK E., WRONA R., ZDZICKI G.A. & BIRKENMAJER K. 1985 - Plant remains from the top part of the Pointe Hennequin Group (upper Oligocene), King George Island (South Shetland Islands), Antarctica. *Studia Geologica Polonica*, 81: 143-164.

T. TORRES

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
Casilla 1004
Santiago de Chile, Chile

H. MÉON

Université Claude-Bernard, Lyon I
Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et
Paléoécologie, UMR 5565 CNRS
27, Bd. 11 de Novembre 1918
F-69622 Villeurbanne cedex

