

# Gymnospermes s.l. du Jurassique supérieur du massif Manamana, Sud-Ouest de Madagascar: une nouvelle paléoflore gondwanienne

GEORGES BARALE<sup>1\*</sup> & OTTO APPERT<sup>2</sup>

*Mots clés:* Ptéridospermales, Coniférales, nov. sp., microstructures épidermiques, Jurassique Supérieur, Madagascar

## RESUME

Des plantes fossiles du Jurassique supérieur rapportées aux Gymnospermes s.l. provenant du massif Manamana, au sud-ouest de Madagascar, ont été étudiées. Elles sont attribuées aux Ptéridospermales et aux Coniférales. Une nouvelle espèce, *Brachyphyllum madagascariense* nov. sp. est décrite, avec l'aide des caractères épidermiques observés au microscope électronique à balayage (MEB). Il s'agit de la première description d'une telle paléoflore dans le Jurassique supérieur de Madagascar. Des comparaisons de composition systématique sont faites avec d'autres paléoflores de même âge du Gondwana.

## ABSTRACT

Fossil plants from Upper Jurassic sediments belonging to the Gymnospermes s.l. have been studied in the Manamana massif from the southwestern part of Madagascar. The levels are Upper Oxfordian in age on the basis of the palaeontological content, especially with ammonites. The majority of fossil plants are devoided of organic matter but in some cases collodion peels have been made to present epidermal characters. The cuticle of *Brachyphyllum madagascariense* nov. sp. has been observed with scanning electron microscope (SEM). This new flora is constituted by Pteridospermales and Coniferales. Fragmentary fronds of Pteridospermales have been collected of *Pachypteris* sp. A and *Pachypteris* sp. B. Some epidermal characters are described. Coniferales are represented by leafy stems. The diagnosis of *Brachyphyllum madagascariense* nov. sp. is given with morphological and epidermal characters. Others conifers have been determined: *Brachyphyllum* sp. A, *Brachyphyllum* sp. B, *Elatocladus* sp., *Cupressinocladus* sp., *Cyparissidium* sp.. *Araucarites* sp. remains are probably isolated fertile scales of a female cone. Complete cones of *Conites* sp. are also present.

Comparisons of the systematic composition are made with other Gondwana floras of the same age from Antarctica, South America, Madagascar, India, South Africa, New Zealand and Australia. This flora shows xerophytic adaptations. With the Filicales described by Appert (1973a, b) from the same localities, it is now the most diverse flora from the Upper Jurassic of Madagascar, despite the lack of Cycadales, Bennettitales and Angiosperms.

## Introduction

La flore de cette région a déjà fait l'objet d'une étude consacrée exclusivement aux Ptéridophytes et le matériel abondant et diversifié a été largement illustré (Appert 1973a, b). Elle est la première flore à empreintes découverte au Jurassique supérieur de Madagascar et l'une des plus diversifiées concernant les Ptéridophytes (fougères) dans le Gondwana.

Du même gisement, du matériel moins abondant, tant en nombre de fossiles qu'en nombre d'espèces, a été collecté, se rapportant aux Gymnospermes sp. Le présent travail leur est consacré.

## Description géographique et géologique des gisements

### *Situation géographique*

Les gisements sont situés dans le massif Manamana, au sud-ouest de Madagascar (Fig. 1). Un groupe de ceux-ci (n° 1–3) se trouve à 14 km environ au sud-sud-est d'Ankazoabo, à 1,5 km environ au nord-ouest du petit village Ambatomainty (Province de Toliary/Tuléar) (Fig. 2). Les trois gisements s'étendent sur 1,5 km de long environ (parallèlement à la petite rivière Ambatomainty), et sur plusieurs centaines de mètres de large, sur les pentes du massif Manamana. Les publications de Ap-

<sup>1</sup> Université Claude Bernard Lyon 1, UMR 5125 PEPS, CNRS, Bâtiment L'Herbier, 9 rue Raphaël Dubois, 69622 Villeurbanne, France

<sup>2</sup> H<sub>o</sub>chweid, 6106 Werthenstein, Switzerland.

\* Corresponding author: G. Barale. E-mail: Georges.Barale@univ.lyon1.fr

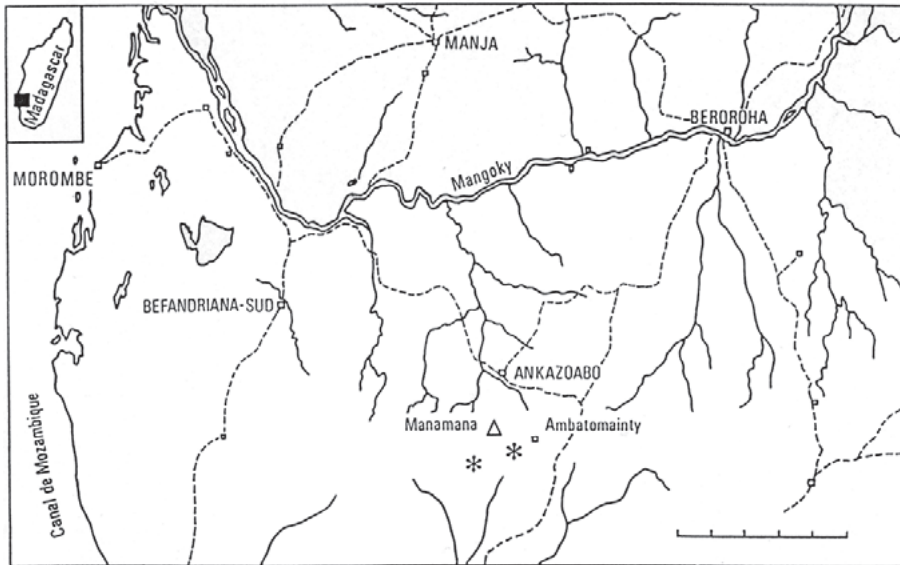


Fig. 1. Carte de la région du Mangoky situant les gisements à plantes fossiles (\*) du Jurassique supérieur du massif Manamana (sud-ouest de Madagascar). Échelle: 50 km.

pert (1973a, b) concernent les plantes fossiles de ces gisements se rapportant aux Ptéridophytes.

En 1975, un autre gisement à plantes du Jurassique supérieur a été trouvé par Appert près du petit village de Fararotse (Fig. 2), à 4 km à l'ouest-sud-ouest du point culminant du massif Manamana. La situation de ce gisement est indiquée dans la Figure 2, d'après la carte de Madagascar (1/100 000, feuille F 56, Andranolava) (Germain et al. 1957). D'après cette carte, il y a un hameau, Fararotse Nord et tout près, un autre, Fararotse Sud. Le gisement à plantes se situe à quelques centaines de mètres au sud-est de Fararotse Sud. Ces villages n'existent plus de nos jours, abandonnés à une date inconnue.

#### Situation stratigraphique

Germain et al. (1957) rapportent le complexe des couches fossilifères (gisements 1–3) dans le Jurassique supérieur non différencié. Golenko & Cliquet (1957) le décrivent comme de l'Argovien. L'un de nous (O.A.) a récolté de nombreuses ammonites directement sous ce complexe de couches. M. Collignon les a déterminées et classées dans l'Oxfordien (M. Collignon, communication personnelle à O.A.). Besairie & Collignon (1956) ont décrit les couches continentales qui contiennent notre flore fossile: « Le niveau repère de Bedoa, dans le sud-ouest, sur la route Ankazoabo-Befandriana, montre au milieu des grès continentaux une intercalation de grès rouges avec une faune type de l'Argovien: *Calliphylloceras manfredi* OPPEL, *Epimayaites lemoinei* SPATH, *E. aff. axonoides* SPATH, *E. evolutus* SPATH, *E. excentricus* SPATH, *E. falcooides* SPATH, *Paryphoceras badiense* SPATH, *P. rugosum* SPATH, *Dichotomosphinctes gr. falculae* RONCH., *Kranaosphinctes (Pachyplanulites)* ». Besairie & Collignon (1960: 63) décrivent avec plus de précision les couches 'Argoviennes' continentales (et marines), au sud du Mangoky: «Au-dessus (i.e. de l'Oxfordien su-

périeur) vient la série gréseuse rouge continentale à bois siliciés dont l'épaisseur peut atteindre 400 à 500 mètres. Elle est formée d'une alternance de grès lités, parfois psammitiques, à ripplemarks, stratification souvent oblique, avec des niveaux argileux peu épais, souvent gypsifères, quelquefois à lignites. Dans cette épaisse formation on voit, vers la base, le niveau repère de Bedoa à *Liogryphea dilatata* et *Epimayaites* de l'Argovien: *E. falcooides*, *E. axonoides*, *E. lemoinei*, *Paryphoceras rugosum* ».

Les recherches paléozoologiques situent donc le complexe des couches continentales dans le Jurassique supérieur (Oxfordien supérieur). Les données paléobotaniques (Appert 1973a, b) ne contredisent pas cette datation; elles montrent, au contraire, qu'elle est vraisemblable. La série qui surmonte le complexe de couches continentales du Jurassique supérieur est attribuée par Germain et al. (1957) à la période Valanginien–Aptien.

Le gisement à plantes du Jurassique supérieur, près de Fararotse, trouvé en 1975, se situe latéralement à une centaine de mètres environ de couches ayant le même âge que celles du groupe des gisements 1–3, de l'autre côté du massif Manamana.

#### Sédimentologie

La couche fossilifère de Fararotse affleure dans la paroi verticale bordant la rivière portant le même nom. Elle est constituée par des éléments argileux silteux, gris-noir, tendres. Le faciès de cette couche fossilifère est donc très différent de celui des gisements 1–3; une couche à faciès pratiquement identique à celle de Fararotse existe cependant à environ 2 km au nord du groupe des gisements 1–3, dans le ruisseau Andoharano (Appert 2002: fig. 2).

Dans les gisements du groupe 1–3, la sédimentation du complexe des couches continentales varie entre grès et pélites. Les sédiments changent en grosseur du grain, en dureté et en

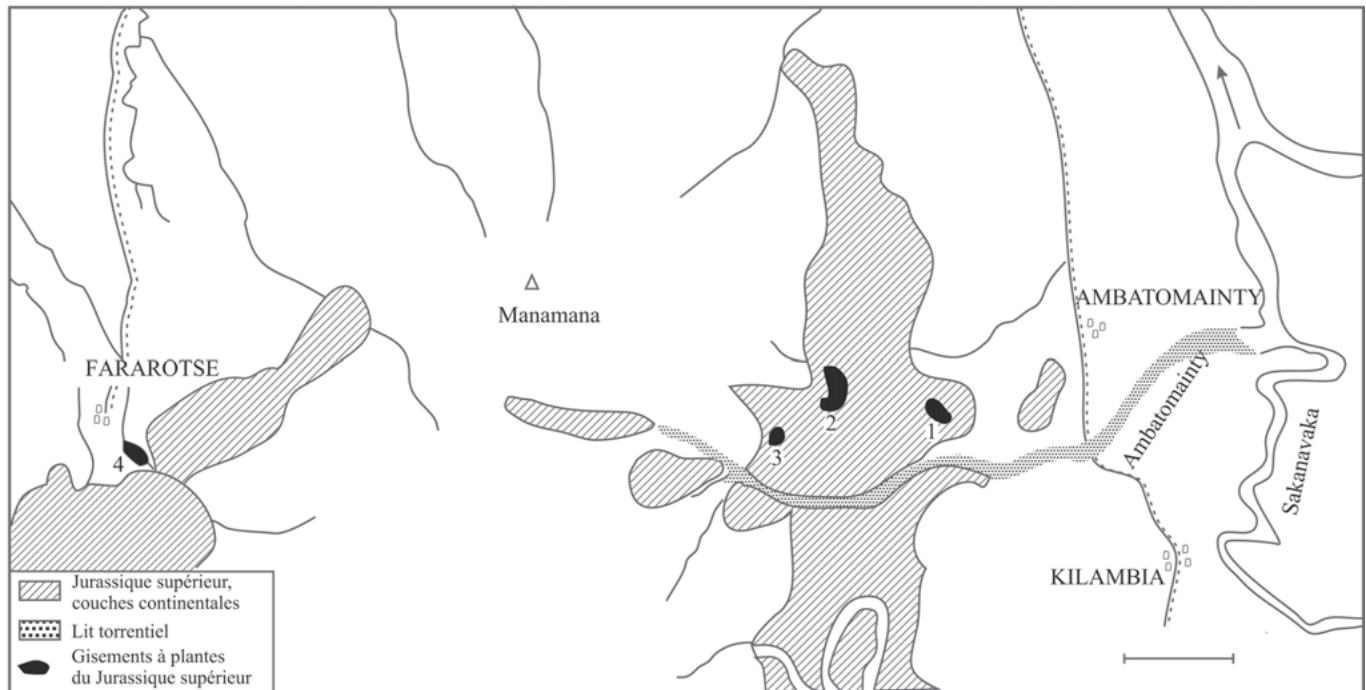


Fig. 2. Détail de la position des gisements à plantes fossiles. Les couches du Jurassique supérieur continental ont été relevées d'après les cartes géologiques de Germain et al. (1957) et Golenko & Cliquet (1957). 1 à 3: gisements situés près de Manamana, découverts avant 1973; 4: gisement situé près de Fararotse, découvert en 1975. Échelle: 1 km.

couleur (Appert 1973a). On trouve les plantes fossiles surtout dans les sédiments stratifiés et fins, souvent pris entre des bancs plus grossiers ou dans de petites poches limitées à quelques mètres carrés.

### Matériel et méthodes

L'absence de structures épidermiques sur de nombreux échantillons a été défavorable pour les déterminations spécifiques. Pour certains échantillons (*Pachypteris* sp. A et *P.* sp. B, *Brachyphyllum madagascariense* nov. sp., *Araucarites* sp.), des répliques au collodion ont été réalisées, permettant ainsi d'observer les structures épidermiques. Pour les échantillons de *Brachyphyllum madagascariense* nov. sp. de Fararotse, l'examen des cuticules a été possible en microscopies optique et à balayage. Les observations au MEB ont été effectuées à l'UMR 5125 du CNRS (Université Lyon 1) avec un microscope Hitachi S-570, par G.B. Les photographies des échantillons ont été réalisées par O.A.

### Études paléobotaniques antérieures

Seuls les gisements du groupe 1–3 ont fait l'objet d'études antérieures (Appert 1973a, b). Dans ces trois gisements à plantes fossiles, on trouve les Ptéridophytes suivantes (le classement est fait selon la fréquence, les espèces les plus fréquentes sont mises en début de liste):

Gisement 1: *Matonidium goepperti* (ETTINGSHAUSEN) SCHENK, *Culcitites madagascariensis* APPERT, *Equisetites ferganensis* SEWARD, *Cladophlebis ankazoaboensis* APPERT, *Sphenopteris* Type A, *Mohriopsis plastica* APPERT, *Ruffordia goepperti* (DUNKER) SEWARD, *Gleichenites nordenskioldi* (HEER) SEWARD, *Eboracia lobifolia* (PHILLIPS) THOMAS, *Haydenia thyrsopteroides* SEWARD, cf. *Cladophlebis*, *Matonia mesozoica* APPERT, *Onychiopsis psilotoides* (STOKES & WEBB) WARD, cf. *Thaumatopteris*. – Un peu au nord du gisement 1, de nombreux fragments de *Culcitites madagascariensis* APPERT ont été découverts, où l'impression des structures épidermiques sur le sédiment est souvent conservée.

Gisement 2: *Equisetites ferganensis* SEWARD, *Matonia mesozoica* APPERT, *Haydenia thyrsopteroides* SEWARD, *Culcitites madagascariensis* APPERT, *Matonidium goepperti* (ETTINGSHAUSEN) SCHENK, *Cladophlebis ankazoaboensis* APPERT, *Mohriopsis plastica* APPERT, *Gleichenites nordenskioldi* (HEER) SEWARD, *Eboracia lobifolia* (PHILLIPS) THOMAS, *Coniopteris manamanensis* APPERT, *Phlebopteris muensteri* (SCHENK) HIRMER & HÖRHAMMER, *Sphenopteris* Type A, *Onychiopsis psilotoides* (STOKES & WEBB) WARD, *Ruffordia goepperti* (DUNKER) SEWARD, *Sphenopteris* Type A (un spécimen), *Cladophlebis* Type A (un spécimen), cf. *Dictyophyllum* (un spécimen).

Gisement 3: *Piazopteris lorchi* (LORCH) APPERT. On trouve très rarement d'autres espèces: *Matonidium goepperti* (ETTINGSHAUSEN) SCHENK, *Mohriopsis plastica* APPERT, *Culcitites madagascariensis* APPERT, *Equisetites ferganensis* SEWARD.

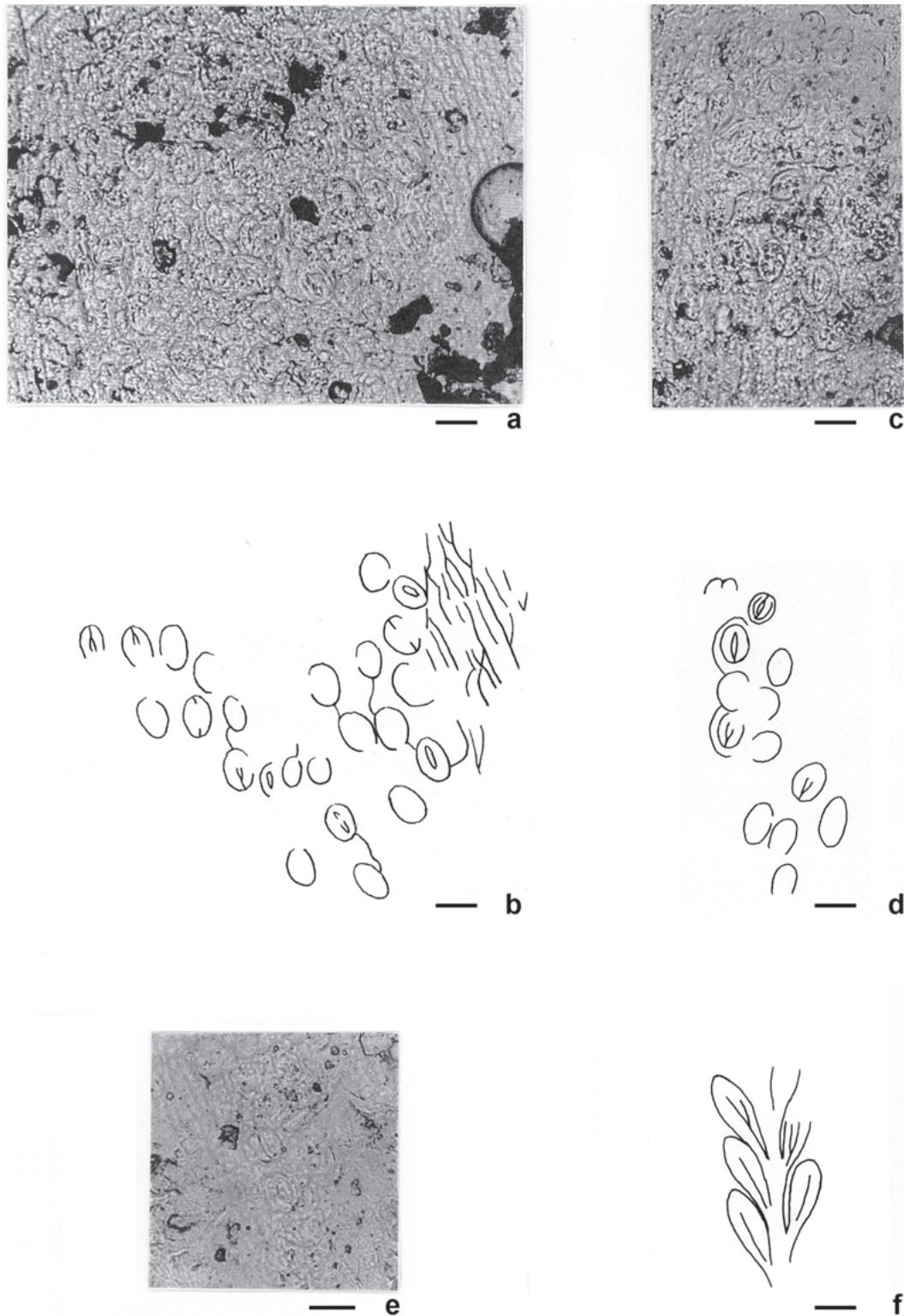


Fig. 3. *Pachypteris* sp. A et *Pachypteris* sp. B du Jurassique supérieur du massif de Manamana. a–e) *Pachypteris* sp. A. (M14-2) Photographies et dessins d'après une réplique au collodion. a) Cellules épidermiques et appareils stomatiques de la face inférieure d'une pinnule; la partie droite de la photographie correspond à la marge d'une pinnule. b) Epiderme inférieur d'une pinnule montrant la densité stomatique; même endroit que pour (a). c) Appareils stomatiques de l'épiderme de la face inférieure d'une pinnule. d) Epiderme inférieur d'une pinnule; même endroit que (c). e) Face inférieure d'une pinnule montrant distinctement deux appareils stomatiques; les cellules allongées sur la gauche de la photographie correspondent à l'emplacement d'une nervure. f) *Pachypteris* sp. B (M14/3A), détail d'une plume dont les pinnules montrent une nervation parfois dichotome. Échelles = 50µm (a–e); 1mm (f).

### État de conservation des fossiles

Tous les fossiles du groupe des gisements 1–3 se présentent sous forme d’empreintes. Il reste très rarement un peu de substance organique. Parfois, les empreintes de fougères ressortent plus ou moins fortement en rouge. L’empreinte et la contre-empreinte donnent chacune une face différente du reste organique. La micro-structure de l’épiderme des feuilles de fougères est souvent conservée sous forme d’empreintes cellulaires.

La couche à plantes de Fararotse contient presque exclusivement des feuilles isolées de *Brachyphyllum*, toujours conservées sous forme de compressions organiques, tandis que les feuilles du groupe des gisements 1–3 présentent des impressions sans matière organique.

### Description de la Flore

#### Dépôt et désignation des fossiles

Tous les fossiles de la flore du Manamana sont conservés dans la collection paléobotanique de l’Institut de Géologie de l’Ecole Polytechnique de Zürich (Suisse).

Les désignations des fossiles, par exemple, M 22/4 ont la signification suivante:

M: Manamana (gisement); Le numéro suivant, dans notre exemple «22», signifie l’espèce, dans notre cas: *Brachyphyllum madagascariense*; Après le «/» suit le numéro d’ordre du spécimen de l’espèce (ici «4»). Les fossiles de Fararotse portent la désignation FAR.

#### Ptéridospermales

##### *Pachypteris* sp. A

(Pl. I: figs. 1–5)

*Description.* – Il s’agit de pennes de dernier ordre de 20 à 35 mm de longueur. Chaque penne est marquée par un fort rachis avec une gouttière médiane (côte sur l’empreinte observée face supérieure), portant de chaque côté, en ordre subopposé, des pinnules. Chaque pinnule a une forme générale ovale-lancéolée de 5–7 mm de longueur par 1–2 mm de largeur. La base d’insertion de chaque pinnule est rétrécie, parfois assez fortement (Pl. I: figs. 1–5), avec le côté basal inférieur décurrent sur le rachis. Chaque pinnule est traversée par une nervure médiane bien marquée et des nervures secondaires à angle aigu plus discrètes, simples ou dichotomes. Des répliques réalisées avec du collodion ont permis d’observer sur la face inférieure, des cellules rectangulaires à l’emplacement des nervures ainsi que près de la marge des pinnules où les parois anticlines sont épaissies. Les appareils stomatiques sont répartis dans les zones internervuraires avec une assez grande densité (75 st/mm<sup>2</sup>) (Figs. 3a–e). L’emplacement des cellules de garde est parfois visible.

*Discussion-Comparaison.* – Le matériel peut être attribué au genre *Pachypteris* BRONGNIART emend. HARRIS du point de vue morphologique. Cependant, il faudrait une observation

détaillée des structures épidermiques pour aller au niveau spécifique. La présence de plusieurs nervures par pinnule exclut le genre *Rhaphidopteris* BARALE.

La petite taille des pinnules, ainsi que leur morphologie d’ensemble, se rapprochent de celles de *Pachypteris specifica* FEISTMANTEL emend. BOSE & BANERJI de la flore du Jurassique moyen–Crétacé inférieur de Kachchh (Inde) (Bose & Banerji 1984). Les structures épidermiques incomplètes ne permettent pas de pousser plus loin la comparaison

##### *Pachypteris* sp. B

(Pl. I: figs. 6, 7)

*Description.* – Il s’agit d’une penne de 30 mm de longueur représentée par son empreinte et sa contre-empreinte. Les pinnules de 5 mm de longueur moyenne et 1,5 mm de largeur moyenne sont serrées les unes contre les autres en position sub-opposée. De contour général ovale, elles sont très rétrécies à leur base, leur extrémité étant effilée-arrondie. La nervure principale est bien marquée et présente parfois une dichotomie à angle aigu vers milieu de la partie basale de la pinnule (Fig. 3f).

Des répliques ont permis d’observer les cellules épidermiques de la face supérieure des pinnules qui sont rayonnantes dans tout le limbe, de forme rectangulaire, allongée-étroite, à parois anticlines épaisses. Sur la face inférieure, l’emplacement des appareils stomatiques est parfois visible, de forme elliptique. La densité stomatique ne peut être déterminée par manque de surface observable. Il semble être en position internervuraire. Sur les nervures, les cellules sont rectangulaires, allongées à parois anticlines épaisses.

*Discussion-Comparaison.* – Le matériel peut être attribué au genre *Pachypteris* emend. HARRIS. La présence de plus d’une nervure exclut le genre *Rhaphidopteris* BARALE.

Cet échantillon diffère de ceux rapportés à *Pachypteris* sp. À par des pinnules un peu plus courtes et une forme générale ovale, ainsi que par leur nervation réduite à une ou deux nervures seulement. La face supérieure des pennes est caractérisée par une rainure longitudinale du rachis plus large que celle présente pour *Pachypteris* sp. A. L’empreinte des pinnules sur le sédiment correspond apparemment à des limbes épais.

#### Coniférales

##### *Brachyphyllum madagascariense* nov. sp.

(Pl. II: figs. 1–8)

*Types.* – Holotype, M 22/4. Paratype, FAR 1/9.

*Localité type et niveau type.* – Manamana. Niveau à fougères.

*Etymologie.* – madagascariense, de Madagascar.

*Diagnosis.* – Ultimate shoots slender, not branched, typically 7 mm in diameter, bearing rhomboidal leaves. Leaves borne helically in 2 + 3 parastichies. Leaves strongly adpressed with an acute apex, margins not scarious; leaf cushion not observed.

Cuticle on both surfaces about 3 µm thick. Adaxial surface reduced to 1 mm width. Epidermal cells papillate, square or diamond-shaped. No stomata present.

Abaxial surface showing stomata files separated by about 2–3 files of ordinary epidermal cells except near apex (stomata absent). Epidermal cells mostly elongated, 2–3 times longer than wide. Apex covered by epidermal cells identical with those of the upper surface. Stomatal files well defined not reaching to apex or lateral margins, 400 µm in width, separated by 1–3 rows of normal epidermal cells.

On a same row stomatal apparatus separated by 1–2 epidermal cells but often apparatus contiguous.

Stomatal apparatus 70 µm in diameter, haplocheilic monocyclic with 4–(5)–6 subsidiary cells. Stomatal apparatus partly sunken in a shallow pit. Subsidiary cells all similar; exposed surface of subsidiary cell thickened forming a cutinised rim just in front of the stomatal pit. Guards cells not observed.

Stomatal density of 75 st per mm<sup>2</sup>. Trichomes absent. Hypodermal cells elongated between stomatal rows, isodiametric near stomata.

*Matériel examiné.* – M22/1, M22/3, M22/4, FAR 1/9. Le matériel examiné consiste en un rameau feuillé de 20 mm de longueur portant des feuilles en disposition spiralée ainsi que de nombreuses feuilles isolées de 6 mm de long par 5 mm de large en moyenne se présentant soit sous forme d’empreinte ou de cuticules.

*Discussion-Comparaison.* – Le matériel étudié se rapporte au genre *Brachyphyllum* LINDLEY & HUTTON ex BRONGNIART emend. HARRIS. De nombreuses feuilles isolées et quelques rameaux ont été observés dans le massif Manamana du groupe des gisements 1–3 (Pl. II: figs. 1, 3, 4) mais aussi dans celui de Fararotse (Pl. II: fig. 2). Les observations faites après traitement des cuticules des spécimens de Fararotse et réalisation de répliques des empreintes des gisements 1–3 démontrent l’identité des structures épidermiques des différents spécimens. Certaines différences de cutinisation ont parfois été remarquées, correspondant probablement à des feuilles jeunes et plus âgées.

Le fait d’avoir observé de nombreuses feuilles isolées en empreintes ou en compression est probablement en liaison avec leur caducité périodique.

Parmi les différentes espèces de *Brachyphyllum* décrites par Barale (1981) seule *Brachyphyllum thuioides* (POMEL) SAPORTA emend. BARALE de l’Oxfordien et Kimméridgien de France se rapproche morphologiquement du matériel de Madagascar. Malheureusement, *Brachyphyllum thuioides* n’est pas connue par des structures épidermiques complètes. Seules quelques cellules épidermiques de feuilles ont été observées (Barale 1981: fig. 37, F) mais elles sont différentes de celles de notre matériel par leur forme générale polygonale.

Dans la flore médiojurassique du Yorkshire, Harris (1979) a décrit *Brachyphyllum mamillare* LINDLEY & HUTTON emend. HARRIS qui présente des feuilles proches morphologiquement de celles du matériel de Madagascar, mais beaucoup plus pe-

tites en taille. Cependant, les caractères épidermiques de cette espèce sont très différents de ceux de notre matériel, avec notamment des cellules épidermiques à parois anticlines très épaisses.

Dans le Wealdien anglais, Watson et al. (1987) décrivent une nouvelle espèce de *Brachyphyllum*, *Brachyphyllum castatum* [= *Tarphyderma punctatum* (MICHAEL) ARCHANGELSKY & TAYLOR] qui peut présenter des feuilles assez larges dont la morphologie générale rejoint celle du matériel de Madagascar. Cependant, les appareils stomatiques de l’espèce du Wealdien anglais sont différents avec le développement d’une chambre sus-stomatique profonde. Ce caractère n’est pas présent sur les cuticules de Madagascar.

*Brachyphyllum royii* BOSE & BANERJI du Jurassique moyen–Crétacé inférieur de Kachchh (Inde) (Bose & Banerji 1984) est proche morphologiquement du matériel de Madagascar. Cependant, les structures épidermiques sont différentes: l’espèce de la flore de l’Inde montre des feuilles amphistomatiques, des files stomatiques irrégulières, des cellules épidermiques polygonales à parois anticlines épaisses.

Nous considérons que les fossiles étudiés correspondent à une nouvelle espèce que nous désignerons *Brachyphyllum madagascariense* nov. sp.

Les affinités araucariennes de cette nouvelle espèce peuvent être supposées d’après l’association des feuilles avec les écailles d’*Araucarites* sp. observées dans les mêmes lits fossilifères.

*Brachyphyllum* sp. A  
(Pl. III: figs. 1–7a)

*Description.* – Il s’agit d’axes, ramifiés ou non, dont le diamètre varie entre 3 et 5 mm. Les axes sont recouverts de feuilles en phyllotaxie 2/5. Les feuilles sont de contour général losangique vues de face, triangulaire vues de profil, à angles légèrement arrondis. La face supérieure de la partie libre de la feuille est peu développée, au maximum de 0,25 mm de haut. Les feuilles ont, en moyenne, 2,5 mm de largeur par 2 mm de hauteur. Les axes peuvent être ramifiés une à deux fois (Pl. III: figs. 2, 6), les ramifications, probablement alternes, se détachant sous un angle de 60°.

*Discussion-Comparaison.* – Le matériel se rapporte au genre *Brachyphyllum* LINDLEY & HUTTON ex BRONGNIART emend. HARRIS. D’un point de vue morphologique, il est proche de *Brachyphyllum mamillare* HARRIS du Jurassique moyen du Yorkshire (Grande-Bretagne). Malheureusement, l’absence de structures épidermiques est un obstacle à une détermination spécifique précise. Sur certains échantillons, il a été possible de voir un cordon central de 0,8 mm de diamètre qui doit correspondre aux formations de xylème de l’échantillon (Pl. III: figs. 3–4). Des observations de ce type ont déjà été faites par Barale (1996) sur des conifères rapportés à l’espèce *Brachyphyllum speciosa* (POMEL) SAPORTA emend. BARALE du Kimméridgien du Jura méridional français. Le matériel est diffé-

rent de celui rapporté à *B. madagascariense* par l'observation de limite nette de la face supérieure des feuilles et l'absence de lignes stomatifères visibles sur les empreintes ainsi qu'une dimension de feuilles plus petite.

*Brachyphyllum* sp. B  
(Pl. III: figs. 7b–9)

*Description.* – Axes simples ou ramifiés de 2 à 3,5 mm de diamètre portant des feuilles selon une phyllotaxie 2/5. Les feuilles sont très appliquées contre l'axe, rhomboïdales de 2–3,5 mm de large × 2–3 mm de haut avec un apex pointu. La face supérieure des feuilles n'est pas visible. Les empreintes montrent le parcours des lignes stomatifères qui convergent vers l'apex.

*Discussion-Comparaison.* – Le matériel se rapporte au genre *Brachyphyllum* LINDLEY & HUTTON ex BRONGNIART emend. HARRIS par la forme générale de ses axes feuillés et la disposition de ses feuilles. Les feuilles, très appliquées contre leur support, la présence de lignes stomatifères nettes séparent *Brachyphyllum* sp. B et *Brachyphyllum* sp. A.

*Elatocladus* sp.  
(Pl. IV: figs. 1, 2)

*Description.* – Axe feuillé mesurant 5 mm de diamètre, ramifié par dichotomie, recouvert de feuilles. Les feuilles aplaties dorsi-ventralement de 10 mm de longueur maximum et 1 mm de largeur sont appliquées contre l'axe sur leur 1/3 inférieur puis ont une disposition perpendiculaire à ce dernier. Les cicatrices foliaires sont rondes à ovales de 1 mm de diamètre. Les feuilles sont disposées en ordre spiralé. Elles présentent une extrémité arrondie, une base légèrement rétrécie et sont parcourues par une nervure médiane bien marquée. Les structures épidermiques ne sont pas connues. La Planche IV (fig. 1), montre latéralement la présence d'un cône fertile.

*Discussion-Comparaison.* – Le matériel se rapporte au genre *Elatocladus* HALLE emend. HARRIS. Une comparaison est possible avec *Elatocladus jabalpurensis* (FEISTMANTEL) SAHNI décrit par Bose & Banerji (1984) de la flore du Jurassique moyen–Crétacé inférieur de Kachchh (Inde).

Le matériel est différent de celui rapporté à *Elatocladus heterophylla* HALLE du Jurassique de Neuquén et de la péninsule antarctique, (Halle 1913; Gee 1989; Menendez 1957) qui présente une hétérophyllie très marquée. *Elatocladus zignoi* WESLEY de la flore du Domérien des calcaires gris de Vénétie (Wesley 1956) se rapproche du matériel de Madagascar. Cependant, l'espèce d'Italie n'est connue que par sa morphologie externe et il semble difficile de faire des comparaisons plus poussées.

Il faut remarquer que le genre *Elatocladus* est peu représenté dans les flores mésozoïques européennes.

*Cupressinocladus* sp.  
(Pl. IV: figs. 3–7)

*Description.* – De nombreux rameaux isolés ont été observés, de 1 mm de diamètre, couverts de feuilles très appliquées contre l'axe. Ces feuilles ont une disposition opposée-décussée. Elles ont, en moyenne, 0,25 mm de large par 2,5 mm de long. Les marges sont parallèles sur la plus grande longueur sauf vers l'extrémité qui est triangulaire. Les axes feuillés sont parfois ramifiés (Pl. IV: figs. 3, 4).

*Discussion-Comparaison.* – La disposition des feuilles permet d'attribuer ces axes au genre *Cupressinocladus* SEWARD. L'étroitesse des axes est caractéristique du genre. Les rameaux feuillés ressemblent à des rameaux de *Cupressinocladus itieri* (SAPORTA) BARALE du Kimméridgien supérieur du Jura méridional français (Barale 1981). Cependant, cette espèce est connue par de nombreux axes ramifiés et aussi par ses structures épidermiques. Des comparaisons pourraient être faites avec *Cupressinocladus pseudoexpansum* BARNARD & MILLER du Jurassique moyen de la formation de Shemshak (Iran) (Barnard & Miller 1976). En l'absence des structures épidermiques, il est difficile de donner une comparaison avec d'autres espèces.

*Cyparissidium* sp.  
(Pl. IV: figs. 8–11)

*Description.* – Il s'agit d'axes très étroits de 1 mm de diamètre en moyenne, portant de nombreuses feuilles appliquées contre l'axe de 0,5 mm dans leur plus grande largeur et 1,5 mm de longueur avec un apex très effilé. La forme générale des feuilles est losangique. La phyllotaxie est de 2/5 à 3/8. Les ramifications sont rares, signifiant qu'il s'agit probablement de rameaux de dernier ordre.

*Discussion-Comparaison.* – L'allure générale des rameaux, les feuilles très appliquées contre l'axe, justifient l'attribution au genre *Cyparissidium* HEER dont la diagnose émodée a été donnée par Harris (1969). L'espèce-type *Cyparissidium gracile* HEER a été rapportée à de nombreux échantillons dans les flores européennes mais sans étude de cuticule. Nos échantillons sont proches morphologiquement de cette espèce.

L'absence de cuticule est un obstacle à une détermination précise. *Cyparissidium rudlandicum* HARRIS et *Cyparissidium blackii* (HARRIS) HARRIS du Jurassique moyen du Yorkshire sont connues par leurs caractères épidermiques (Harris 1979) et pourraient se rapprocher morphologiquement des échantillons de Madagascar.

*Araucarites* sp.  
(Pl. V: figs. 1–7)

*Description.* – Il s'agit d'écailles détachées de cônes femelles, de 12 à 25 mm de longueur et 6 à 17 mm de largeur. Les écailles sont de forme triangulaire, avec la partie la plus large

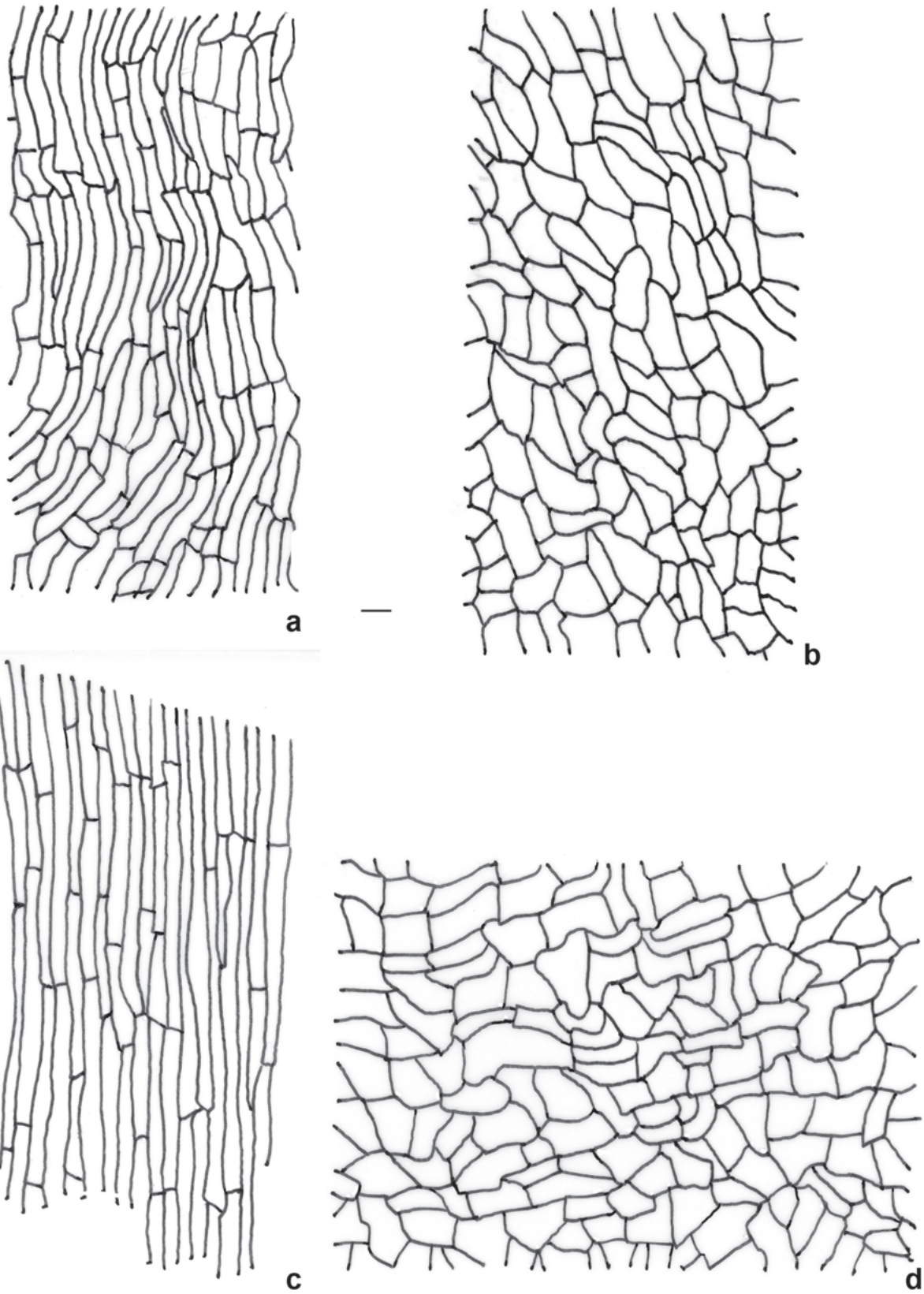


Fig. 4. Cellules épidermiques de différentes parties de la face supérieure d'une écaille ovulifère d'*Araucarites* sp. (Jurassique supérieur, massif de Manamana). a, c) M25 (lame n°12). b, d) M25/3 (lame n° 13). Échelle: 10  $\mu$ m. Observation au microscope photonique.



située du côté de l'apex. Quelques écailles présentent des bords ailés bien développés (Pl. V: figs. 1, 7). L'apex est terminé par une pointe effilée pouvant avoir jusqu'à 10 mm de longueur (Pl. V: fig. 6).

La Planche V (fig. 5) montre un spécimen présentant la limite distale de l'écaille ovulifère («ligule» de certains auteurs) bien visible à l'extérieur de la bractée.

L'écaille ovulifère montre l'emplacement d'un ovule allongé souvent exprimé par une dépression dans l'empreinte garnie de plis longitudinaux (Pl. V: figs. 1–7). Des répliques au collodion ont permis d'observer quelques structures épidermiques. Trois types de cellules ont été observés: des cellules rectangulaires, 5 à 10 fois plus longues que larges situées au centre des écailles (Fig. 4c); des cellules plus ou moins rectangulaires, à parois anticlines, légèrement sinueuses, 5 à 15 fois plus longues que larges, situées sur les marges (Fig. 4a); des cellules plus courtes de forme variable, à parois sinueuses, 2 à 3 fois plus longues que larges, engrenées les unes aux autres à la manière d'un puzzle, situées en position apicale (Figs. 4b, d).

*Discussion-Comparaison.* – Nous attribuons les écailles au genre *Araucarites* PRESL. Une comparaison est faite avec *Araucarites minutus* BOSE & MAHESHWARI du Jurassique moyen-Crétacé inférieur de la flore de Kachchh (Inde) (Bose & Banerji 1984) et plus particulièrement pour les échantillons de la Planche V (figs. 1, 7). Dans la flore du Jurassique supérieur / Crétacé inférieur de Hope Bay, Gee (1989) décrit de nombreuses écailles isolées très proches morphologiquement de notre matériel sous le nom d'*Araucaria antartica* GEE.

Il est à remarquer que la famille des Araucariacées n'est plus présente en Afrique et à Madagascar de nos jours. Il est à noter que parmi les trois genres actuels rapportés aux Araucariacées (*Araucaria*, *Agathis*, *Wollemia*), seul *Araucaria* possède une «ligule» sur les écailles de cônes femelles. On peut en déduire que les écailles observées à Madagascar sont affines de celles présentes dans le genre actuel *Araucaria*.

L'absence d'appareils stomatiques rend impossible toute attribution spécifique, donc toute relation avec une espèce de conifère décrite dans le gisement. Cependant, d'après le nombre élevé de feuilles isolées de *Brachyphyllum madagascariense* nov. sp. dans les mêmes lits fossilifères que les écailles d'*Araucarites* sp., on peut émettre l'hypothèse qu'elles proviennent toutes les deux d'un même arbre.

Écailles de cônes  
Pl. V: figs. 8–11

*Description.* – Deux types d'écailles ont été observés: le premier type (Pl. V: figs. 10, 11) a une forme générale triangulaire avec un apex pointu et ne montre pas de zone d'insertion. Les écailles ont 4–(6,5)–7 mm de large à la base, (5)–6 mm de hauteur. L'écaille de la Planche V (fig. 11) est concave dans l'empreinte et représente donc probablement la face extérieure

(convexe) de l'écaille de la plante. L'apex pointu montre une rainure (carène sur la plante). L'écaille de la Planche V (fig. 10) est convexe (excepté à la base) et représente donc probablement la face intérieure de l'écaille de la plante. Le deuxième type d'écailles (Pl. V: figs. 8–9) est caractérisé par des empreintes qui montrent une dépression médiane, transversale avec un creux au centre, qui peut correspondre à un éperon. Le contour des écailles est frangé d'un côté, considéré comme la zone d'insertion sur l'axe, alors que le bord opposé montre une marge bien nette se terminant par une zone apicale plus effilée.

*Discussion-Comparaison.* – Ces écailles ne sont pas rapportées à des axes feuillés par leur forme générale très effilée vers l'apex et évasée à la base. Les structures épidermiques n'ont pas été observées. Il est difficile de les attribuer à un genre particulier de Conifères. Leur taille serait plus favorable à un rattachement à un cône femelle de représentants de ce groupe.

*Conites* sp.  
(Pl. V: figs. 12–15)

*Description.* – Quelques cônes ont été observés ayant 5–15 mm de longueur par 5–8 mm dans la plus grande largeur. Ils sont de forme générale ovoïde et constitués de nombreuses écailles disposées en ordre hélicoïdal autour d'un axe central. Les écailles n'ont pas plus de 1 mm de longueur par 1 à 1,5 mm de hauteur. Elles ont une forme générale triangulaire.

*Discussion-Comparaison.* – Seward (1911) a proposé le genre *Masculostrobos* pour des cônes mâles portant des microsporophylles avec des sacs polliniques et grains de pollen. En l'absence de connaissance des grains de pollen nous n'attribuons pas le matériel à ce genre. De même, il n'est pas possible de ranger le matériel dans le genre *Classostrobus* ALVIN, SPICER & WATSON, ce genre se rapportant à des cônes mâles portant des microsporophylles avec deux ou plus sacs polliniques contenant des pollens du genre *Classopollis* (Alvin et al. 1978). La forme générale des cônes et le grand nombre d'écailles les constituant, la connaissance incomplète de leur organisation plaident pour rapporter le matériel au genre *Conites* STERNBERG.

Ces cônes sont proches morphologiquement de ceux décrits par Anderson & Anderson (1985) du Crétacé inférieur d'Afrique du Sud et rapportés à *Araucaria mkuziensis* ANDERSON & ANDERSON. Une détermination plus poussée nécessiterait la connaissance des structures épidermiques.

#### Étude comparée avec d'autres paléoflores du Gondwana

Les flores du Jurassique supérieur du Gondwana sont peu nombreuses. Parfois elles sont datées de façon imprécise, par exemple Jurassique moyen–Crétacé inférieur. Une étude comparée est présentée avec des paléoflores situées entre le 30<sup>ème</sup> et le 60<sup>ème</sup> degré de paléolatitudes Sud.

Tableau 1. Principales flores du Jurassique supérieur dans le Gondwana situées entre le 30° et le 60° degré de paléolatititude Sud. Seule la présence ou l'absence de tel ou tel groupe est notée, mais il n'y a pas de considération sur l'aspect quantitatif. N.B.: La flore de Kachchh (Inde) est datée du Jurassique moyen–Crétacé inférieur.

	Antarctique	Amérique du Sud	Madagascar	Inde	Australie	Nouvelle Zélande
Filicales	+	+	+	+	+	–
Ptéridospermales	+	+	+	+	–	+
Cycadales	+	+	–	+	–	+
Bennettiales	+	+	–	+	+	+
Coniférales	+	+	+	+	+	+
Angiospermes	–	–	–	–	–	–

#### Antarctique:

La biodiversité de la flore du Jurassique supérieur–Crétacé inférieur de Hope Bay (Antarctique) a été révisée par Gee (1989). Les Ptéridophytes, les Ptéridospermatophytes, les Cycadales, les Cycadeoidophyta avec 5 genres différents, les Coniferophyta dont les genres *Araucaria*, *Pagiophyllum*, *Brachyphyllum*, *Elatocladus* sont présents.

#### Amérique du Sud:

La flore du Jurassique supérieur de la zone du Lago argentino, province de Santa Cruz, a été étudiée par Bianchi (1967), citée par Baldoni (1981). Elle est caractérisée par la présence de Filicales, Caytoniales, Bennettiales et Coniférales.

#### Madagascar:

La présente étude complète l'inventaire de la flore du Jurassique supérieur de Manamana dont les Ptéridophytes représentent le groupe dominant (Appert 1973a, b). On peut noter l'absence de Cycadales et Bennettiales.

#### Inde:

La flore de Kachchh, datée du Jurassique moyen–Crétacé inférieur, du Nord de l'Inde, est connue surtout par le travail de Bose & Banerji (1984). Tous les groupes de plantes terrestres sont représentés avec un grand développement des gymnospermes s.l. et une diversité importante au niveau générique: Ptéridospermales, Cycadales, Bennettiales (10 genres), Coniférales (4 genres) et des Gymnospermes *Incertae Sedis* (5 genres).

D'autres flores sont connues notamment dans les séries du Rajmahal (Shah 1977). Ce sont des flores riches en Ptéridophytes (12 genres), Ptéridospermales, Cycadales, Caytoniales, Bennettiales (11 genres) et Coniférales (5 genres).

#### Afrique du Sud:

Anderson & Anderson (1985) ne signalent pas de flore du Jurassique supérieur dans ce pays ainsi que Vakhrameev (1991).

#### Nouvelle Zélande:

Dans la flore du Nord de cette île, Mildenhall (1970) cite un ensemble constitué de Ptéridospermales, Cycadales, Bennettiales et Coniférales d'âge Jurassique supérieur.

#### Australie:

En Australie occidentale, de Jersey (1968) signale, dans les bassins de Perth et Canning, la prédominance de Bennettiales et Coniférales, ainsi que la présence de fougères.

Le Tableau 1 présente la composition des différentes flores citées ci-dessus et permet de mettre en évidence l'absence de Cycadales à Madagascar par rapport aux autres paléoflores.

Si l'on compare la flore de Madagascar avec les flores connues sur la bordure marginale nord du Gondwana, par exemple la flore de Merbah el Asfer (Tunisie) d'âge Jurassique supérieur–Crétacé inférieur décrite par Barale & Ouaja (2002), on peut noter quelques affinités révélées par l'absence des Cycadales et des Bennettiales.

Dans la flore fossile du Manamana, les fougères et les Equisétinées constituent la part prédominante. Les fougères appartiennent surtout à des familles qui vivent actuellement dans des régions tropicales à subtropicales. La majorité des fougères indiquent un climat chaud et humide, quelques unes un habitat plus sec.

La flore de Gymnospermes du Manamana décrite dans le présent travail est marquée par la présence de végétaux plutôt caractéristiques d'un habitat sec. Certaines observations corroborent cette affirmation: Ptéridospermales à pinnules de petite taille; Coniférales à feuilles écailleuses appliquées contre l'axe ou à face supérieure peu développée. Si les feuilles sont plus longues, elles sont en aiguilles (*Elatocladus*); Présence parfois dans les lits fossilifères de nombreuses feuilles isolées de Conifères (*Brachyphyllum madagascariense* nov. sp.), stratégie développée par le végétal pour résister partiellement à la sécheresse (Barale 1996); Lorsque les appareils stomatiques de Conifères sont visibles, ils sont situés dans une petite dépression.

La morphologie de ces Gymnospermes et les caractères épidermiques de quelques uns de leurs représentants ne sont pas en contradiction avec les caractères xérophytiques de certaines fougères fossiles décrites dans la même flore, comme *Mohriopsis* (Schizéacées) et héliophytiques comme *Gleichenites nordenskiöldi* (Gleicheniacées).

#### Remerciements

Nos remerciements vont à M-H. Aberkane pour la dactylographie du texte et à N. Labert pour la préparation des planches numérisées et pour les dessins (Université Claude Bernard, Lyon 1). Les remarques et suggestions des deux rapporteurs J.H.A. Van Konijnenburg Van Cittert et I. Stössel-Sittig ont été appréciées.

Contribution N° UMR5125-07.039.

## REFERENCES

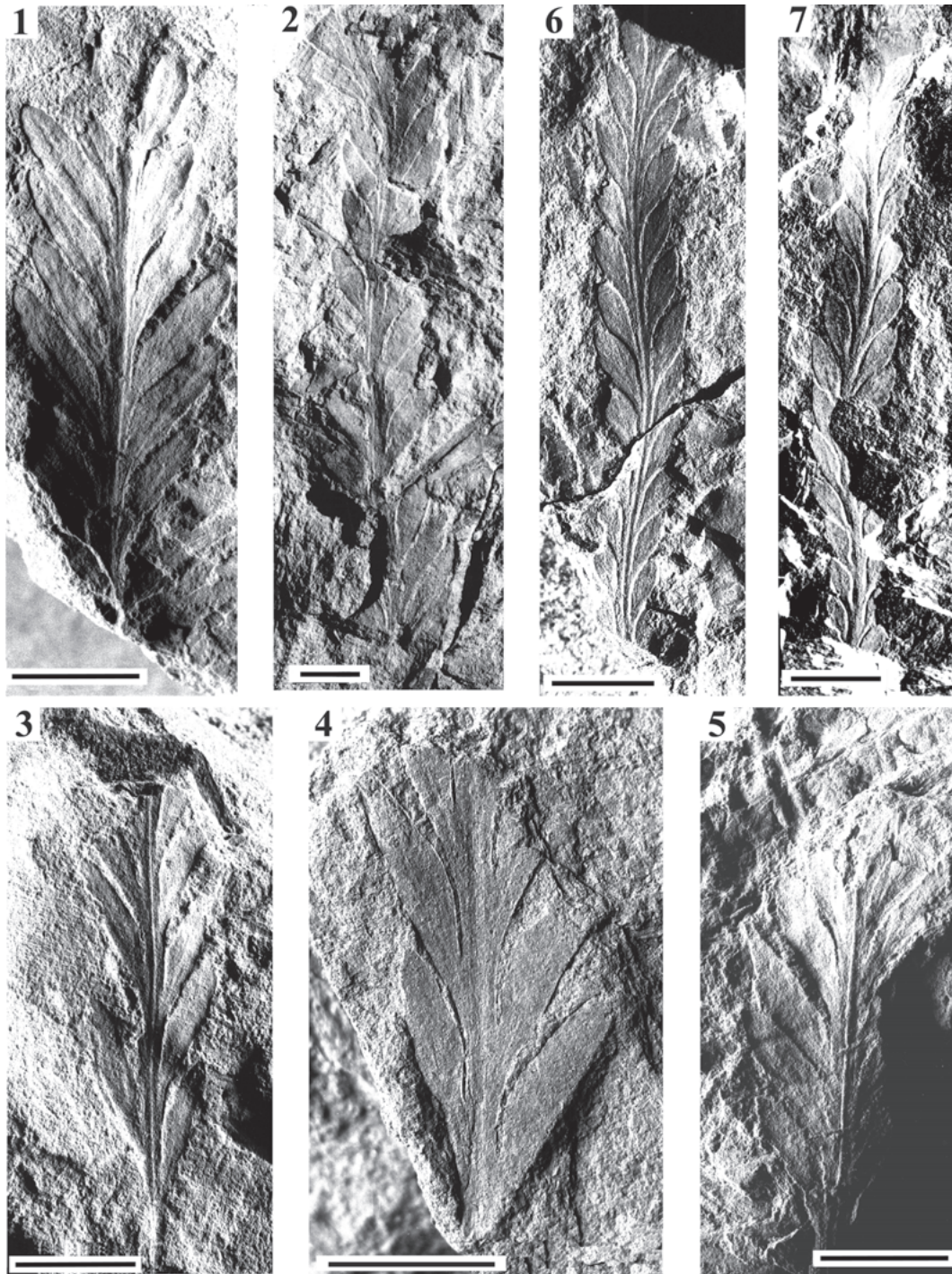
- Alvin, K.L., Spicer, R.A. & Watson, J. 1978: A *Classopollis* containing male cone associated with *Pseudofrenelopsis*. *Palaeontology* 214, 847–856.
- Anderson, J.M. & Anderson H.M. 1985: Palaeoflora of Southern Africa. *Prodrromus of South African megaflores. Devonian to Lower Cretaceous*. Balkema, Rotterdam, 423 pp.
- Appert, O. 1973a: Die Pteridophyten aus dem Oberen Jura des Manamana in Südwest-Madagaskar. *Mémoires suisses de Paléontologie* 94, 1–62.
- Appert, O. 1973b: Les Ptéridophytes du Jurassique supérieur du massif Manamana au Sud-Ouest de Madagascar. Thèse (non publiée), Université de Paris VI, Paris, 72 pp.
- Appert, O. 2002: First record of a representative of Dipteridaceae (*Dicthyophyllum*, Filicales) from Madagascar (Upper Jurassic). *Palaeontographica* 262, 137–159.
- Baldoni, A. 1981: Taoflora del Jurassico superior de la zona de lago argentino provincia de Santa Cruz, Republica Argentina. *Ameghiniana* 18, 97–102.
- Barale, G. 1981: La paléoflore jurassique du Jura français: étude systématique, aspects stratigraphiques et paléoécologiques. *Documents des Laboratoires de Géologie, Lyon* 81, 1–467.
- Barale, G. 1996: Les stratégies adaptatives de quelques végétaux du Jurassique-Crétacé inférieur de la province européenne. *Géobios* 21, 17–22.
- Barale, G. & Ouaja, M. 2002: La biodiversité végétale des gisements d'âge Jurassique supérieur-Crétacé inférieur de Merbah el Asfer (Sud-Tunisien). *Cretaceous Research* 23, 707–737.
- Barnard, P.D.W. & Miller, J.C. 1976: Flora of the Shemshak formation (Elburz, Iran). Part 3. Middle Jurassic (Dogger) plants from Katumbargah, Vasek Gah and Imam Manak. *Palaeontographica B* 155, 31–117.
- Bianchi, J.L. 1967: Informe preliminar acerca de los perfiles estratigraficos realizados en el sector occidental de la cuenca austral durante las campañas 1964/65 y 1965/66. *Yacimiento Petrolifero Fiscales, Informe Inedito B39*, Buenos Aires, 1–77.
- Besairie, H. & Collignon, M. 1956: *Lexique stratigraphique international, IV, Afrique, 11, Madagascar*. CNRS, Paris, 93 pp.
- Besairie, H. & Collignon, M. 1960: *Lexique stratigraphique international, IV, Afrique, supplément, Madagascar*. CNRS, Paris, 190 pp.
- Bose, M.N. & Banerji, J. 1984: The fossil flora of Kachchh. 1-Mesozoic, megafossils. *The Palaeobotanist* 33, 1–189.
- Gee, C. 1989: Revision of the Late Jurassic/Early Cretaceous Flora from Hope Bay, Antarctica. *Palaeontographica B* 213, 149–214.
- Germain, C., Golenko, N., Rakotondramazava, Cliquet, P. 1957: Carte géologique Madagascar 1/100 000, feuille Amboronabo-Andranolava, 56 F-G. Service Géologique Madagascar, Tananarive.
- Golenko, N. & Cliquet, P. 1957: Carte géologique Madagascar 1/100 000, feuille Ankazoabo-Andranomanints, 55 F-G. Service Géologique Madagascar, Tananarive.
- Halle, T.G. 1913: The Mesozoic flora of Graham Land. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar Expedition 1901–1903*, 3, 1–123.
- Harris, T.M. 1969: Naming a fossil conifer. *Journal Sen Memorial Volume*, Calcutta, 243–252.
- Harris, T.M. 1979: The Yorkshire Jurassic Flora V. Coniferales. *British Museum (Natural History)*, London, 165 pp.
- Jersey, N.J. de 1968: Palaeobotany and Palynology in Australia: a historical Review. *Review of Palaeobotany and Palynology* 6, 111–136.
- Menendez, C.A. 1957: Florula jurassica del bajo de Los Baguales en Plaza Huinca, Neuquén. *Acta Geologica Lilloana* 1, 315–338.
- Mildenhall, D.C. 1970: Checklist of valid and invalid plant macrofossils from New Zealand. *Transaction of the Royal Society New Zealand Earth Science* 8, 77–89.
- Seward, A.C. 1911: The Jurassic Flora of Sutherland. *Transaction of the Royal Society Edinburgh* 47, 643–709.
- Shah, S.C. 1977: Jurassic-Lower Cretaceous megafloora in India. A Review. *Record of the Geological Survey of India* 109, 55–81.
- Vakhrameev, V.A. 1991: Jurassic and Cretaceous floras and climates of the Earth. Cambridge University Press, Cambridge, 318 pp.
- Watson, J., Fisher, H.L. & Hall, N.A. 1987: A new species of *Brachyphyllum* from the English Wealden and its probable female cone. *Review of Palaeobotany and Palynology* 51, 169–187.
- Wesley, A. 1956: Contributions to the knowledge of the Flora of the Grey Limestones of Veneto: part 1. *Memorie Istituto Geologia., Padova* 19, 1–68.

Manuscript received April 4, 2005

Manuscript accepted June 14, 2007

Published Online First August 31, 2007

Editorial handling: J.-P. Billon-Bruyat & I. Stössel-Sittig



### Planches

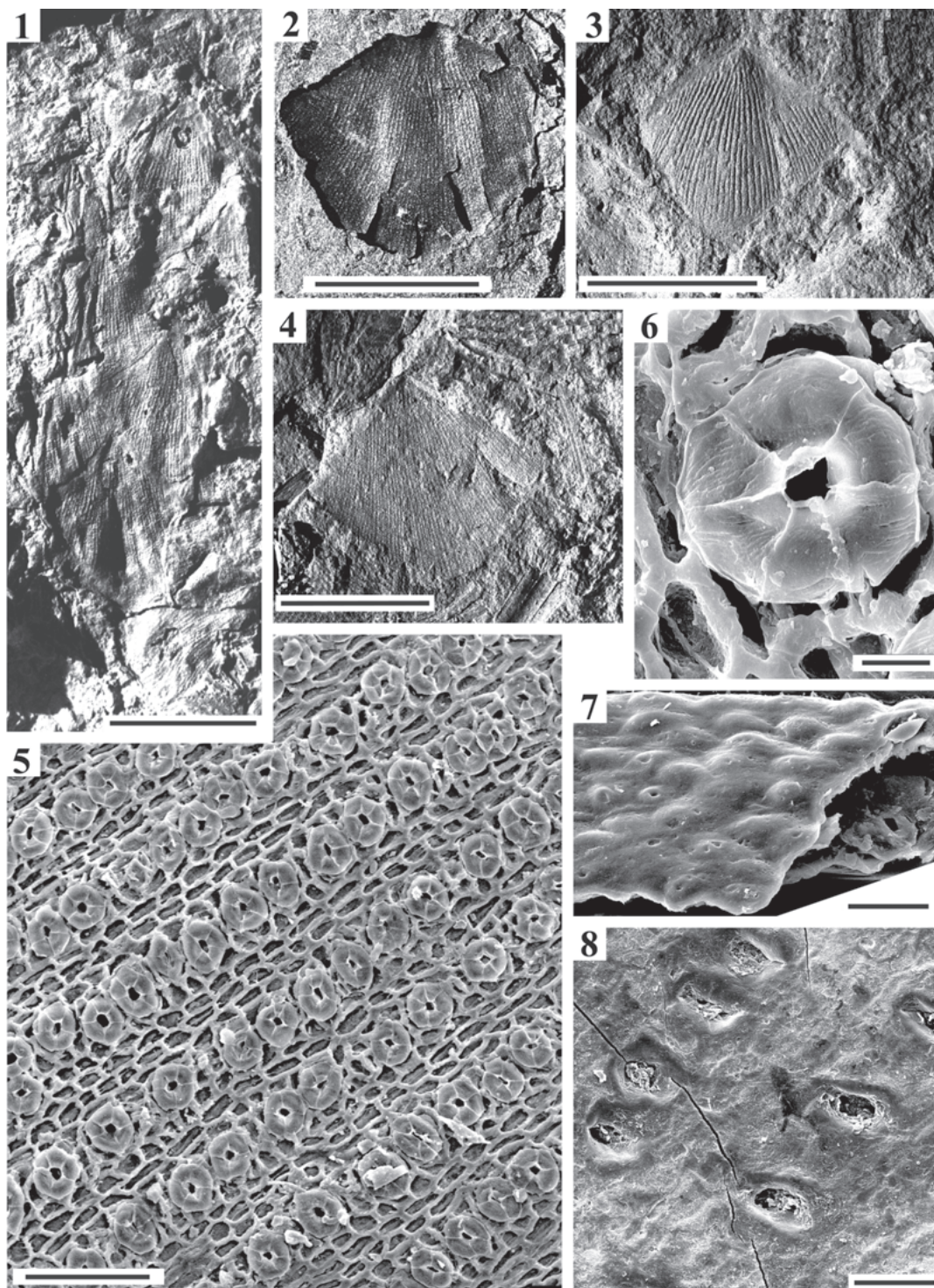
Les empreintes végétales ont été photographiées avec une binoculaire. Pour la planche II les photos 5–8 ont été réalisées au MEB.

### Planche I

*Pachypteris* sp. A. et *Pachypteris* sp. B du Jurassique supérieur du massif de Manamana. Échelle: 5 mm.

*Pachypteris* sp. A. 1) M14/7A, empreinte d'une penna vue face inférieure; le rachis présente une rainure longitudinale (côte sur la plante); les pinnules sont parcourues par une nervure principale médiane et des nervures latérales plus discrètes. 2) M14/1, empreinte d'une extrémité de penna. 3) M14/6, Empreinte d'une penna fragmentaire vue face supérieure; le rachis montre une côte médiane (rainure sur la plante). 4) M14/2, empreinte d'une penna fragmentaire vue face inférieure. 5) M14/7B, contre-empreinte de l'échantillon de (1).

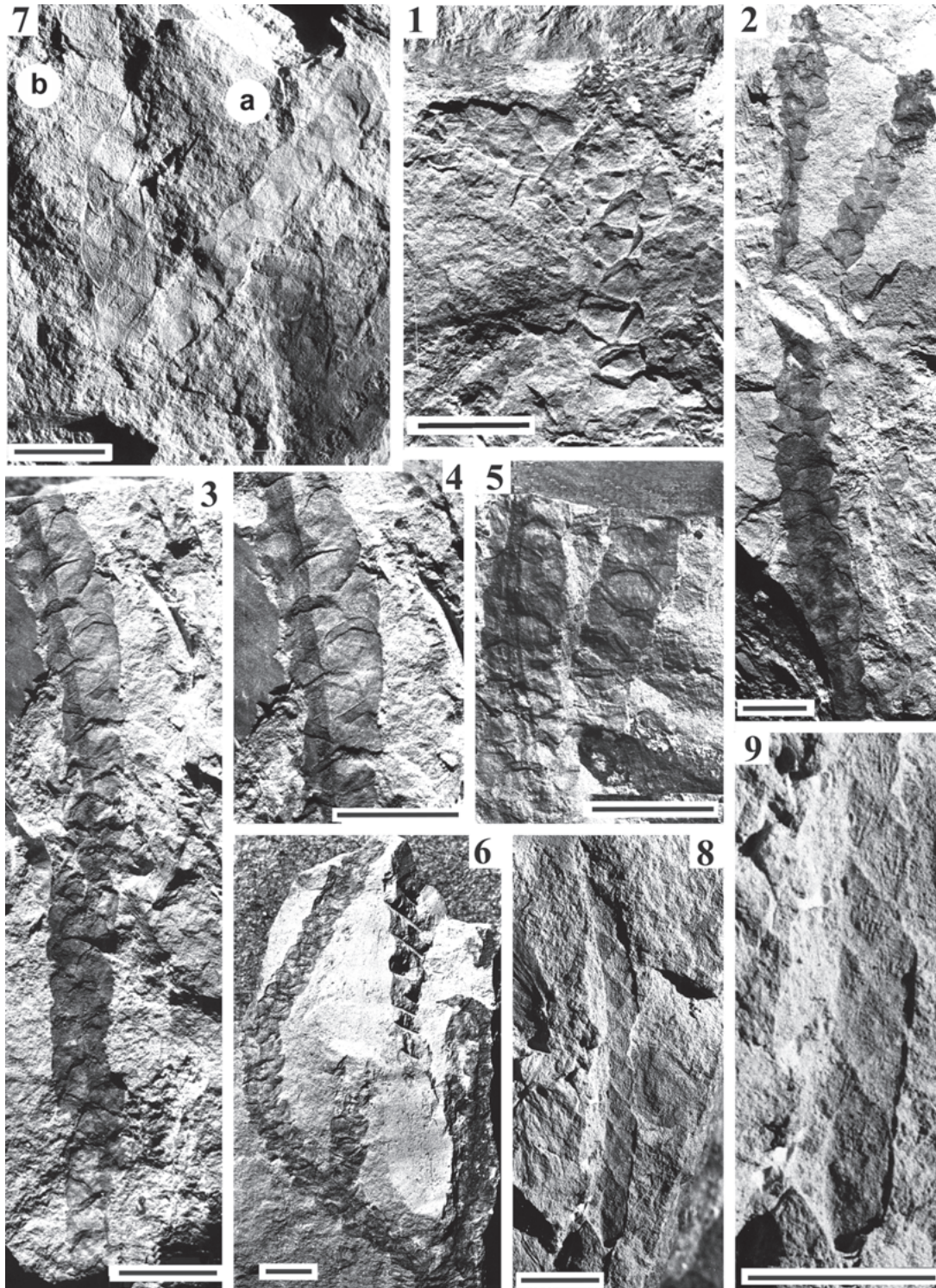
*Pachypteris* sp. B. 6) M14/3B, empreinte d'une penna à pinnules courtes et à bases étroites, vue face supérieure. 7) M14/3A, contre-empreinte de l'échantillon de (6), vue face supérieure.



**Planche II**

*Brachyphyllum madagascariense* nov. sp. du Jurassique supérieur du massif de Manamana. Échelles: 20 µm (6); 50 µm (7, 8); 200 µm (5); 5 mm (1–4).

1) M22/4, Holotype – Coll. ETH Zürich, vue générale d'une empreinte d'un axe feuillé. 2) Paratype – FAR 1/9, feuille écailleuse conservée en compression. 3) M22/1, empreinte de la face inférieure d'une feuille écailleuse vue côté interne montrant des zones interstomatiques en relief. 4) M22/3A, empreinte de la face inférieure d'une feuille écailleuse vue côté externe montrant les lignes stomatifères. 5) FAR 1/9 (MEB n°160903), vue générale d'une partie de la cuticule de la face inférieure d'une feuille écailleuse observée côté interne montrant le moulage des appareils stomatiques et des cellules épidermiques. 6) FAR 1/9 (MEB n°160903), cuticule de la face inférieure vue côté interne; appareil stomatique à 6 cellules annexes. 7) FAR 1/9 (MEB n° 160903), cuticule de la face inférieure d'une zone non stomatique: côté externe des cellules épidermiques montrant un léger bombement médian. 8) FAR 1/9 (MEB n° 160903), face inférieure côté externe mettant en évidence les dépressions sus-stomatiques.

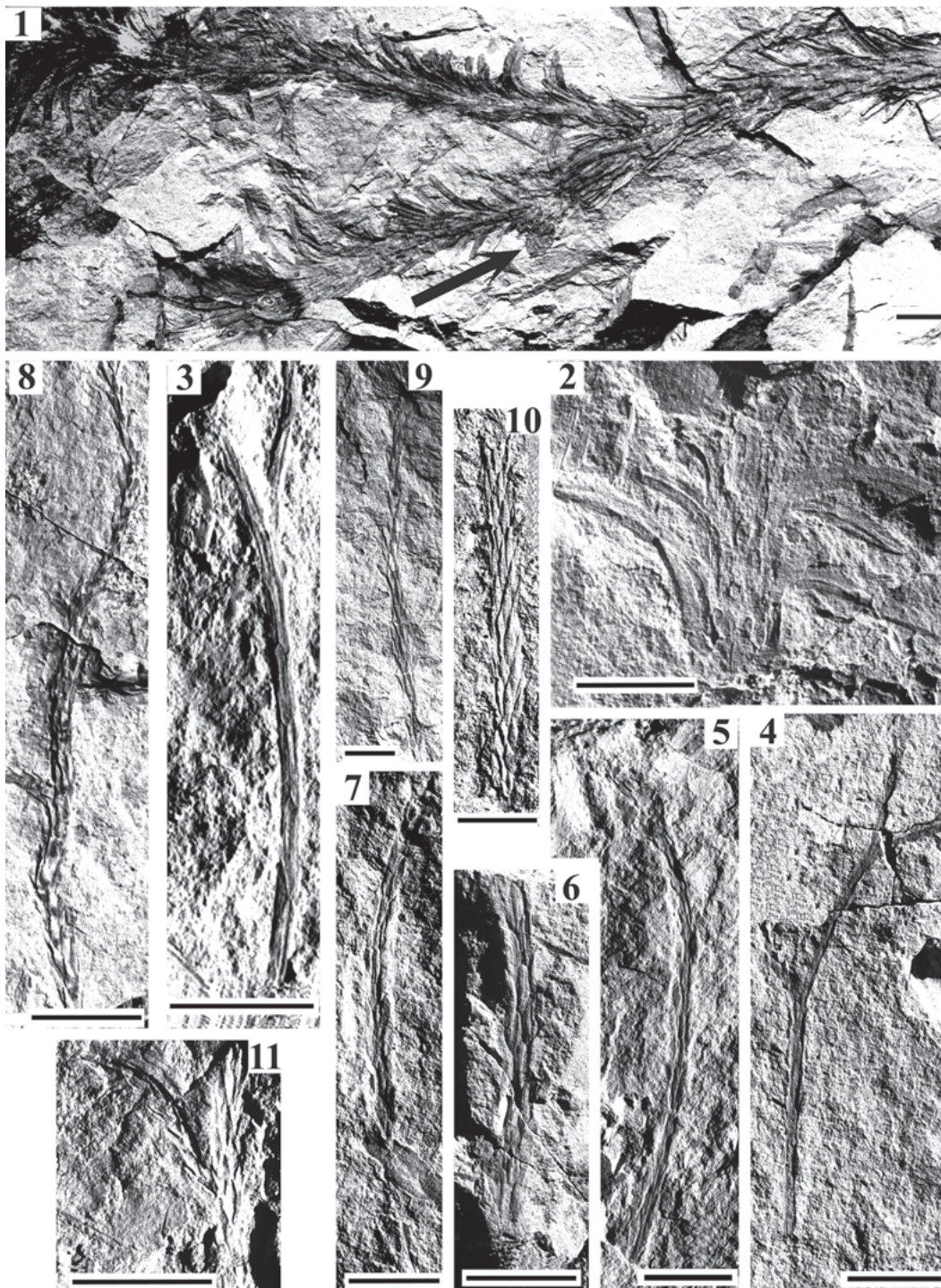


**Planche III**

*Brachyphyllum* sp. A et *Brachyphyllum* sp. B du Jurassique supérieur du massif de Manamana. Tout le matériel figuré de cette planche correspond à des empreintes. Échelle: 5 mm.

*Brachyphyllum* sp. A. 1) M24/3, rameau feuillé; le contour des cicatrices foliaires est bien visible ainsi que la partie libre de chaque feuille. 2) M24/2, rameau feuillé ramifié par dichotomie. 3) M24/4, axe feuillé. 4) M24/4, partie grossie de (3) montrant le cordon ligneux de l'axe et les parties libres des feuilles écailleuses. 5) M24/5, deux axes feuillés. 6) M24/1, axe feuillé recourbé présentant deux ramifications. 7) M23/2, le rameau de droite sur la photo appartient à *Brachyphyllum* sp A (a); Axe feuillé à feuilles très appliquées de *Brachyphyllum* sp. B (b); les feuilles écailleuses montrent les lignes stomatifères.

*Brachyphyllum* sp. B. 8) M23/1, vue générale d'un rameau feuillé. 9) M23/1, partie grossie de (8) montrant les lignes stomatifères sur les feuilles écailleuses.



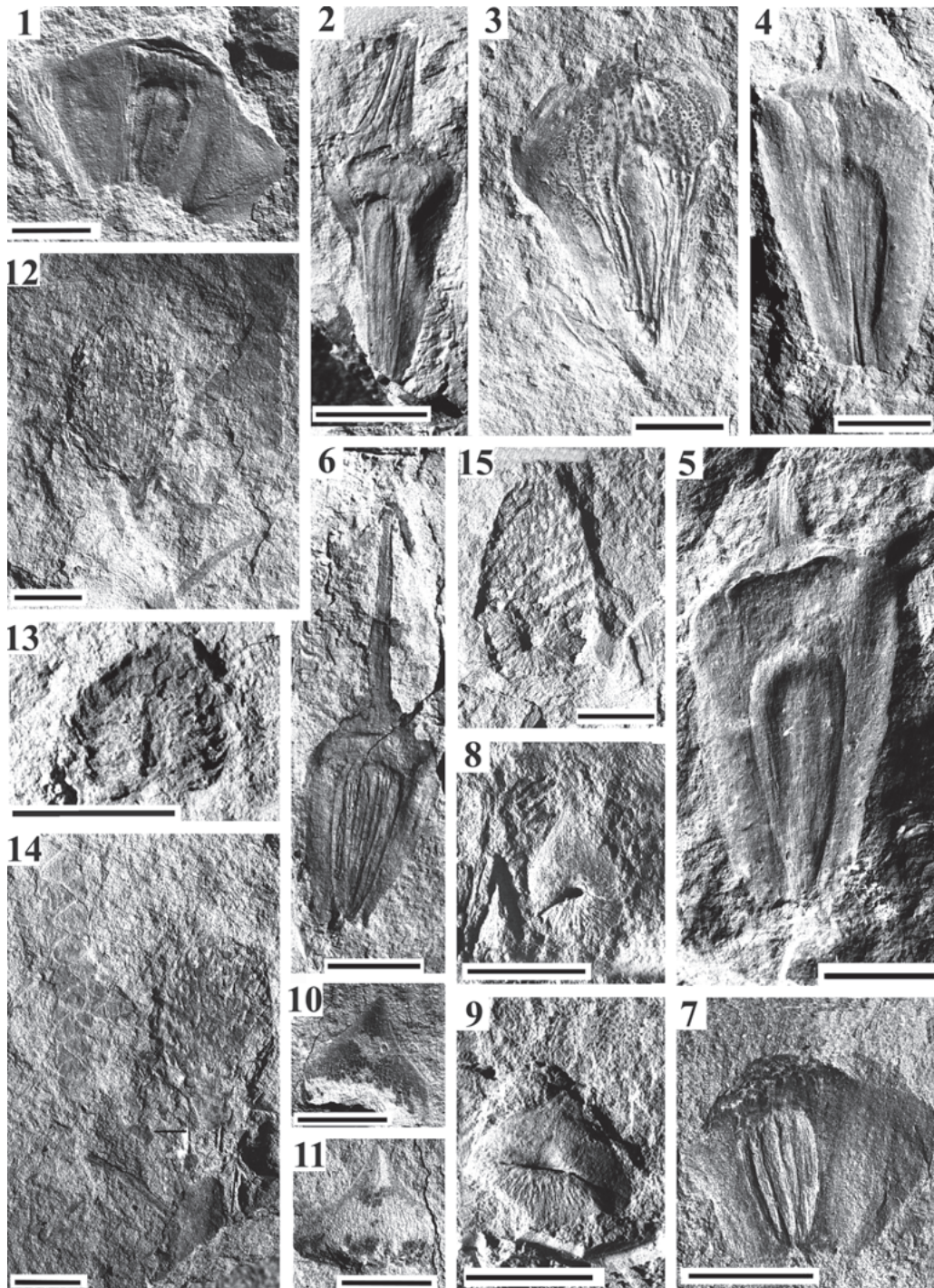
**Planche IV**

*Elatocladus* sp., *Cupressinocladus* sp. et *Cyparissidium* sp du Jurassique supérieur du massif de Manamana. Tout le matériel figuré de cette planche correspond à des empreintes. Échelle: 5 mm.

*Elatocladus* sp. 1) M29/2, axe feuillé, la flèche indique la présence d'un petit cône. 2) M29/1, fragment d'axe feuillé montrant la forme des feuilles et quelques cicatrices foliaires.

*Cupressinocladus* sp. 3) M27/2A, les feuilles sont appliquées contre l'axe en position opposée-décussée. 4) M27/3, axe feuillé ramifié. 5) M27/1A, axe feuillé présentant un cône (?) à son extrémité. 6) M27/4, axe montrant bien la disposition opposée-décussée des feuilles faciales et latérales. 7) M27/1B, contre-empreinte de l'échantillon de la figure 5.

*Cyparissidium* sp. 8) M28/2B, rameau feuillé recouvert de feuilles de forme générale losangique. 9) M28/4, rameau feuillé fragmentaire. 10) M28/1, rameau feuillé à phyllotaxie 3/8. 11) M28/3, rameau feuillé ramifié.



**Planche V**

*Araucarites* sp., écailles de cônes indet. et *Conites* sp du Jurassique supérieur du massif de Manamana. Tout le matériel figuré de cette planche correspond à des empreintes. Échelle: 5 mm.

*Araucarites* sp. 1) M25/3, écaille montrant bien l'impression de l'ovule. 2) M25/5, écaille ovulifère présentant une bractée à apex effilé. 3) M25/2, écaille ovulifère présentant une bractée couverte de plis longitudinaux. 4) M25/4A, écaille ovulifère avec l'empreinte d'un ovule. 5) M25/4B, contre-empreinte de l'échantillon de la figure 4 montrant l'impression de la «ligule». 6) M25/1, écaille ovulifère à bractée très effilée. 7) M25/6, écaille à bractée ailée.

Ecailles de cônes indet. 8) M31/2A, écaille de cône, empreinte d'une écaille présentant une cavité médiane correspondant à un éperon. 9) M31/3A, empreinte d'une écaille de cône présentant une cavité médiane correspondant à un éperon. 10) M31/4A, écaille de cône triangulaire convexe dans l'empreinte. 11) M31/4B, écaille de cône triangulaire concave dans l'empreinte; contre-empreinte de l'échantillon de la figure 10.

*Conites* sp. 12) M26/1A, cône constitué d'un grand nombre d'écailles. 13) M26/3, cône en vue sagittale. 14) M26/1B, vue générale d'un cône; contre-empreinte de l'échantillon de la figure 12. 15) M26/2, cône montrant la disposition hélicoïdale des écailles.