



Paléontologie systématique (Paléobotanique)

# Cuticules végétales dans le Crétacé inférieur du Sud du Liban

Georges Barale <sup>a,\*</sup>, Dany Azar <sup>b</sup>

<sup>a</sup> « Biodiversité, évolution des végétaux », UMR PEPS 5125, 7, rue Dubois, 69622 Villeurbanne cedex, France

<sup>b</sup> Faculté des sciences, université libanaise, département de Biologie, BP Fanar, Beyrouth, Liban

Reçu le 10 septembre 2003 ; accepté après révision le 5 janvier 2004

Présenté par Philippe Taquet

## Résumé

Des compressions végétales, avec cuticules préservées, ont été extraites pour la première fois d'un niveau daté du Crétacé inférieur de la région de Khardalé, dans le Sud du Liban. L'étude préliminaire des cuticules indique un assemblage nouveau, avec des Fougères, Cycadales, Bennettiales et Coniférales. Les Angiospermes ne sont pas représentées. Il s'agit de la première découverte d'une flore aussi diversifiée dans cette région. Des remarques stratigraphiques, taphonomiques et climatiques sont données. **Pour citer cet article :** G. Barale, D. Azar, C. R. Palevol 3 (2004).

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

**Lower Cretaceous plant cuticles from southern Lebanon.** Plant cuticle compressions are described for the first time in a Lower Cretaceous level from the Khardalé region, southern Lebanon. The preliminary study of cuticles indicates a new assemblage with Ferns, Cycadales, Bennettiales and Coniferales. Angiosperms are not represented. It is the first discovery of such a diverse flora in this area. Stratigraphic, taphonomic and climatic remarks are given. **To cite this article:** G. Barale, D. Azar, C. R. Palevol 3 (2004).

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

*Mots clés :* Cuticules végétales ; Biodiversité végétale ; Crétacé inférieur ; Liban du Sud

*Keywords:* Plant cuticles; New assemblage; Early Cretaceous; Southern Lebanon

## Abridged English version

For the first time, plant cuticles compressions have been discovered in Lower Cretaceous sandstones at

Khardalé, south of Beirut, Lebanon (Fig. 1). The fossil plants are preserved in clay intercalated between sandstone (Figs. 2 and 3).

The material is often fragmentary, but the cuticles allow systematic determination.

Two groups are dominant in the collected material: ferns and gymnosperms sensu lato. The ferns are repre-

\* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : [georges.barale@univ-lyon1.fr](mailto:georges.barale@univ-lyon1.fr) (G. Barale),  
[azar@mnhn.fr](mailto:azar@mnhn.fr) (G. Barale).

sented by fragmentary pinnae ranging from 30–40 mm in length with opposite to subopposite pinnules of 4 mm in length and 2 mm in width, oblong in form with a rounded apex and anastomosing veins. The material appears to be identical, by morphological and cuticles features, to vegetative pinnae described from the Wealden by Alvin (1971) [1] and identified as *Weichselia reticulata* (Stokes & Webb) Fontaine emend. Alvin. This species has been reported from many localities over a wide geographical area for example Spain [3], Tunisia [4], and Jordan [18].

Among the gymnosperms sensu lato, Cycadales, Bennettitales and Coniferales are present.

The Cycadales are represented by numerous isolated linear–lanceolate pinnae, 30–60 mm in length, 5–7 mm in width, with a rounded apex and slightly contracted base. The veins are numerous, parallel, simple or forked, forming grooves or ridges on both sides of lamina. Stomata of the haplocheilic type are confined to broad strips between the veins on the lower surface. The material is attributed to the genus *Pseudoctenis* Seward emend. Harris.

The Bennettitales are present with two morphological types. The first type is characterized by linear–lanceolate pinnae 50 mm long and up to 4 mm wide. Pinnae overlap, occasionally very densely positioned. The pinnae bases and apex are not visible. The venation is parallel not forking at all levels. Epidermal cells have sinuous walls and stomata are of syndetocheilic type, distributed on the lower surface. The material may be attributed to the genus *Pterophyllum* Brongniart emend. Harris or *Ptilophyllum* Morris emend. Bose & Kasat.

The second morphological type is characterized by scale-like leaf with a broad base, and an acute apex. Epidermal cells walls are straight and stomata are of syndetocheilic type on the lower surface. These leaves are identical with those known as *Cycadolepis* Saporta emend. Harris.

Two types of Conifers have been found: isolated leaves and shoots bearing helically arranged leaves.

The isolated leaves are lanceolate, slightly curved, 70–80 mm long and 10–20 mm wide. Veins are numerous, equal forking near leaf base but further unforked, running parallel, and converging towards the apex. The morphological features and epidermal structure are similar to those of the genus *Podozamites* Braun.

The shoots bearing helically arranged leaves are 5 mm in diameter. The leaves are rhomboidal in out-

line. The stomata of haplocheilic type are placed in well-marked longitudinal files converging to apex on the two surfaces. The attribution to the genus *Brachyphyllum* Lindley & Hutton ex Brongniart emend. Harris seems appropriate.

### 1. Stratigraphical remarks

The general composition of the flora is typical for the Lower Cretaceous. The lack of Angiosperm remains is a sign of a probably pre-Albian age. Around the Tethys margins the Angiosperms appear after Lower Albian in North Africa [4] and are typical in some Cenomanian deposits of Lebanon [5].

### 2. Taphonomic remarks

The pinnate leaves of *Pseudoctenis* and *Podozamites* are broken into pinnae and even smaller fragments, which can only be recognized by analysis of their cuticles. Some levels contain very fragmentary cuticles fragments and some others entire pinnae. This contrast is reliable with the strength of water transport.

### 3. Climatic remarks

*Weichselia reticulata* has xeromorphic characters and the plant grew in a habitat subject to periods of extreme drought and sometimes associated with mangrove [17]. Pinnae of *Podozamites* with broad width (15–20 mm) indicate a wet climate. Generally the width of pinnae is less than 15 mm except some fossils like *Podozamites giganteus* Sun from the Malugou Formation in the Norian sediments of China or *Podozamites astartensis* Harris in the Lower Triassic of Scoresby Sound. Harris (1937) [13] considers that this latter flora had very favourable conditions of development (humid and warm climate). The morphological and epidermal characters of the leaves show xerophytic adaptation with some temporary wet conditions.

This new flora with European affinities is an interesting diversified one on the margin of the Tethys Sea.

## 1. Introduction

A l'occasion de recherches paléobotaniques effectuées dans le Sud du Liban, nous avons collecté, pour

la première fois, de nombreux restes végétaux avec des cuticules conservées, appartenant aux principaux taxons terrestres, à l'exception des Angiospermes.

Le Liban est célèbre en paléontologie pour ses niveaux crétacés à poissons et ses dépôts d'ambre du Crétacé inférieur.

Les gisements classiques du Cénomaniens de Hakel et Hadjoula ont fourni de nombreux poissons qui ont été étudiés par Roger [16] et Patterson [15].

Dans les mêmes niveaux, des empreintes de plantes (algues) ont été décrites par Basson et Edgell [9] et Basson [7,8].

Pour les végétaux terrestres, le gisement le plus riche, qui a fait l'objet d'études récentes, est celui de Nammoura. Dilcher et Basson [10] ont décrit des feuilles d'Angiospermes de *Sapindopsis* de ce gisement. Krassilov et Bacchia [14] ont augmenté nos connaissances de la flore de Nammoura en décrivant onze espèces de Fougères, Gymnospermes et Angiospermes. Une étude plus récente [5] a permis de décrire de nouveaux taxons parmi les Conifères et les Angiospermes. S'il s'agit d'empreintes de végétaux souvent dépourvues de matière organique, la finesse du sédiment autorise parfois les observations de contours cellulaires et d'appareils stomatiques.

D'autres preuves de l'existence de végétaux nous sont fournies par les gisements à ambre. Les inclusions d'ambres fossiles peuvent piéger des animaux (surtout des arthropodes), mais également des végétaux (feuilles, axes feuillés, spores et pollen).

Azar [2], dans son étude sur les ambres mésozoïques du Liban, a figuré du matériel végétal se trouvant dans les couches à ambre. Il consiste en restes palynologiques (spores et pollen), axes feuillés, cônes et structures conservées de conifères. Les gisements d'ambre au Liban s'étalent du Jurassique supérieur jusqu'à l'Albien [2].

En 1929, Edwards [12] donne la description d'empreintes végétales et d'un reste anatomique provenant de différentes localités du Liban. Il s'agit de *Weichselia reticulata*, *Zamites buchianus*, *Zamites hoheneggeri* (Schenk), *Zamites* sp., *Brachyphyllum obesum*, *Mesembrioxylon libanoticum*.

Les couches à lignites de Kfar Selouan, datées de la base du Crétacé inférieur, sur le versant nord du Jebel Kneissé, ont fourni, d'après Dubertret [11], *Weichselia reticulata*.

Barale et al. (2003) [6] ont signalé la découverte d'une flore constituée de Coniférales dans le Néoco-

mien de Quéhmez et Beskintaa, près de Beyrouth (*Brachyphyllum libanoticum*, *Brachyphyllum* sp., *Agathoxylon* sp., *Metapodocarpoxyton libanoticum*). La poursuite de nos investigations, en relation avec les gisements à ambre, nous a permis de découvrir, dans le Sud du Liban, à l'est de Jezzine, une flore très diversifiée, conservée dans les niveaux argileux.

## 2. Situation géographique et cadre géologique

Le matériel a été récolté dans des lentilles d'argiles noires à ambre et lignites, situées à une dizaine de kilomètres à l'est de la ville de Jezzine, dans la région de Khardalé, à côté du pont de Khardalé, au-dessous duquel passe le fleuve Litani (Fig. 1).

La région de Khardalé est très faillée. Y affleurent surtout le Crétacé (Fig. 2), représenté principalement par les grès du Liban ou grès de base de Dubertret [11], et les calcaires lités de Sannine du Cénomaniens.

Les argiles fossilifères d'environ 50 cm d'épaisseur sont intercalées dans des niveaux gréseux du grès de base (Fig. 3). Ces derniers atteignent 250 m à Jezzine, près de Khardalé. Près de Quéhmez, cette formation a livré, dans les lignites, des restes végétaux [6].

À Khardalé, associés aux restes végétaux, on trouve des fragments d'ambre. Les végétaux avec cuticules conservées sont répartis sous forme de restes fragmentaires dans les 50 cm d'épaisseur des argiles.

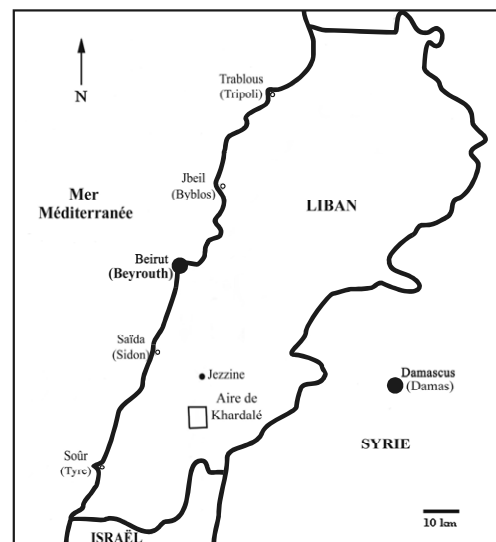


Fig. 1. Localisation géographique du gisement.

Fig. 1. Geographical location of Khardalé.

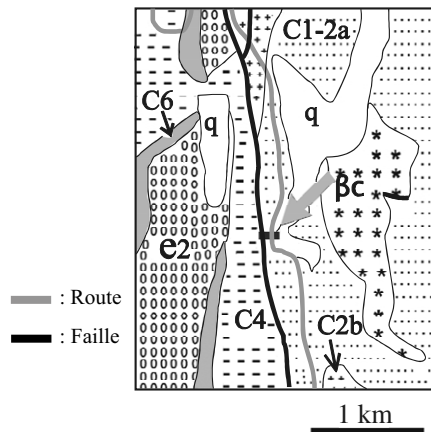


Fig. 2. Carte géologique de Khardalé.

Fig. 2. Geological map of Khardalé. **C1–2a** : grès du Liban (grains de quartz liés par du ciment ferrugineux) ; base du Crétacé jusqu'à l'Aptien inférieur compris. **βc** : basalte interstratifié dans le grès du Liban ; poudingue à galets de phonolithe de Djisir Khardalé. **C2b** : falaise de Blanche et terrains argilo-gréseux supérieurs ; Aptien supérieur. **C4** : calcaires lités de Sannine ; Cénomaniens. **C6** : marnes blanches ; Sénonien, base de l'Éocène ? **e2** : Lutétien inférieur ; **qq** : Quaternaire.

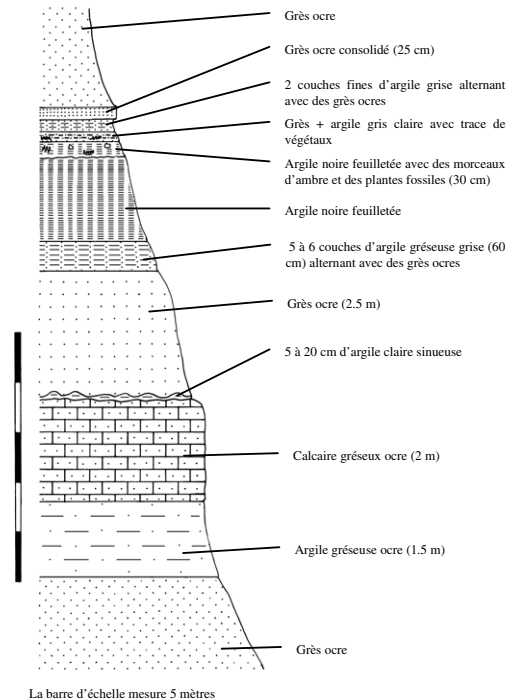
faille  
route

### 3. Inventaire provisoire

Les niveaux argileux sont riches en accumulation végétale, et les restes de grande taille sont rares. On note la présence d'axes et de feuilles, plus ou moins complets. Chaque reste, même fragmentaire, est recouvert de cuticule, ce qui facilite les déterminations. Les cuticules ont été macérées par la méthode de Schulze. Il a été ainsi possible de différencier les feuilles de Bennettitales de celles de Cycadales et de Coniférales.

Deux groupes dominant parmi le matériel collecté : les Fougères et les Gymnospermes sensu lato. Les Fougères sont représentées par des restes de pennes, de 30–40 mm de longueur, portant en ordre opposé à subopposé, des pinnules oblongues, à apex arrondi, de 4 mm de long par 2 mm de large à leur base. La nervation est marquée par une nervure principale s'effaçant progressivement en direction de l'apex et des nervures secondaires anastomosées. Le matériel se rapporte à *Weichselia reticulata* (Stokes & Webb) Fontaine emend. Alvin [1], espèce décrite dans de nombreuses flores crétacées, comme en Espagne [3], en Tunisie [4], ou en Jordanie [18].

Parmi les Gymnospermes sensu lato, les Cycadales, Bennettitales et Coniférales sont représentées.



Coupe de Khardalé  
Lithostratigraphy of Khardalé

Fig. 3. Coupe de Khardalé

Fig. 3. Lithostratigraphy of Khardalé.

Pour les Cycadales, ont été observées de nombreuses folioles isolées lancéolées–linéaires, de 30–60 mm de longueur par 5–7 mm de largeur, à apex arrondi et base légèrement rétrécie. Elles sont parcourues par de nombreuses nervures parallèles qui s'arrêtent à différents niveaux vers l'apex. Les structures épidermiques montrent des appareils stomatiques de type haplochéile, distribués sur la face inférieure. Elles sont rapportées au genre *Pseudoctenis* Seward emend. Harris.

Pour les Bennettitales, deux types morphologiques ont été observés : le premier se rapporte à des folioles linéaires–lancéolées, d'au moins 50 mm de longueur par 4 mm dans leur plus grande largeur. Les folioles sont contiguës par leur marge et issues d'un axe porteur. Leur base d'insertion et leur apex ne sont pas observables. Leur nervation est parallèle aux marges, sans dichotomie visible. Le matériel peut se rapporter au genre *Pterophyllum* Brongniart emend. Harris ou *Ptilophyllum* Morris emend. Bose & Kasat. Les cellules épidermiques montrent des cellules à parois sinueuses et des appareils stomatiques de type syndétochéile, répartis sur la face inférieure.

Le deuxième type morphologique correspond à des écailles à base élargie et partie apicale se terminant par une pointe émoussée. Les structures épidermiques présentent des cellules à contour droit, mais des appareils stomatiques de type syndétochéile. Ce type se rapporte au genre *Cycadolepis* Saporta emend. Harris.

Pour les Coniférales, des folioles isolées et des axes feuillés ont été récoltés.

Les folioles isolées sont lancéolées, légèrement courbées, d'au moins 70–80 mm de long par 10–20 mm dans leur plus grande largeur. La nervation est régulière, parallèle aux marges et elle converge vers l'apex. La morphologie générale des folioles permet de les rapporter au genre *Podozamites* Braun. Les structures épidermiques confirment cette attribution.

Les axes feuillés de 5 mm de diamètre sont recouverts de feuilles appliquées de forme rhomboïdale. La phyllotaxie est de 2/5. Les structures épidermiques montrent la présence, sur les deux faces, de files de stomates dirigées vers l'apex. Les axes se rapportent au genre *Brachyphyllum* Lindley & Hutton ex Brongniart emend. Harris.

## 4. Remarques

### 4.1. Remarques stratigraphiques

De la composition générale de la flore, il ressort que les taxons analysés sont caractéristiques du Crétacé inférieur, notamment par la présence de *Weichselia reticulata*. En revanche, la flore étudiée est plus diversifiée que celles observées sur les marges de la Téthys et caractérisées, le plus souvent, par des fougères et conifères. Nous avons montré que, sur la bordure nord du Gondwana, des formes à affinités angiospermiennes apparaissent à l'Albien inférieur [4]. Des feuilles typiques d'Angiospermes ont été décrites à Nammoura (Liban), dans les dépôts d'âge Cénomaniens probable [5].

Du fait de l'absence de feuilles d'Angiospermes, un âge pré-Albien est probable, mais il est délicat de donner plus de précisions dans le Crétacé inférieur.

### 4.2. Remarques taphonomiques

Nous avons noté la rareté de frondes de grande dimension, la présence de folioles isolées de grande

dimension. Les couches fossilifères sont riches en nombreux niveaux, séparés seulement par quelques millimètres de sédiments stériles. Certains niveaux sont riches en débris végétaux, synonymes de dégradation mécanique. La bonne conservation de la matière organique (notamment la cuticule présente sur les feuilles) suppose un enfouissement assez rapide en milieu anaérobie. Le transport du matériel doit être à l'origine de son état fragmentaire dans certaines couches fossilifères. En revanche, les niveaux à folioles entières supposent un transport plus favorable, lié à la proximité de la source de production et (ou) à une faible agitation de l'eau.

### 4.3. Remarques climatiques

*Weichselia reticulata* était une fougère xéromorphe qui se développait dans un milieu soumis à des périodes de fortes sécheresses des régions tropicales ou subtropicales. L'épaisseur du limbe foliaire et des pinules en *butterfly position* corroborent cette conclusion. Dans le Cénomaniens d'Égypte, cette fougère a été récoltée, associée à un milieu de mangrove [17]. Dans le même gisement, des folioles de *Podozamites* de grande largeur (15–20 mm) suggèrent un climat humide. En effet, les folioles de *Podozamites*, décrites dans la littérature, dépassent rarement 15 mm dans leur plus grande largeur. Il y a quelques exceptions, par exemple *Podozamites giganteus* Sun de la formation Malugou en Chine, datée du Norien, ou *Podozamites astartensis* Harris du Trias inférieur de la flore de Scoresby Sound, dans l'Est du Groenland. Harris [13] considère que la flore de Scoresby Sound bénéficiait de conditions très favorables (chaleur et humidité) à certaines périodes, favorisant la luxuriance de la végétation.

La localisation des appareils stomatiques sur la face inférieure des feuilles, la présence de gouttières stomatiques, de poils protégeant les stomates sont des caractères marquant les adaptations xérophytiques.

## 5. Conclusion

La découverte de niveaux fossilifères à végétaux dans le Sud du Liban apporte un jalon supplémentaire à nos connaissances sur une flore à affinités européennes. La composition systématique, avec l'absence

d'Angiospermes, permet d'attribuer un âge Crétacé inférieur. La largeur de certaines feuilles de Conifères, leurs caractères épidermiques sont révélateurs d'adaptations xérophytiques, sous climat temporairement chaud et humide.

### Remerciements

Nous remercions vivement pour leur aide pour la collecte de matériel : R. Gèze, E. Makhoul et D. Saad. La mission de l'un d'entre nous a été menée dans le cadre du programme CEDRE V n° 01SsocS42/L8.

### Références

- [1] K.L. Alvin, *Weichselia reticulata* (Stokes & Webb) Fontaine from the Wealden of Belgium, Inst. R. Sci. Nat. Belg. Mem. 1 (166) (1971) 1–33.
- [2] D. Azar, Les ambres mésozoïques du Liban, thèse université Paris-11, 2000 164 p. (inédit).
- [3] G. Barale, Découverte de *Weichselia reticulata* (Stokes & Webb) Fontaine emend. Alvin, Filicinée leptosporangée dans le Crétacé inférieur de la province de Lérída (Espagne), Geobios 12 (1979) 313–319.
- [4] G. Barale, M. Ouaja, Découverte de nouvelles flores avec des restes à affinités angiospermiennes dans le Crétacé inférieur du Sud-Tunisien, Cretac. Res. 22 (2001) 131–143.
- [5] G. Barale, E. Makhoul, D. Saad, La flore du Cénomanién de Nammoura (Liban) : systématique et paléoécologie, Rev. Paléobiol. (2004) (sous presse).
- [6] G. Barale, M. Philippe, R. Gèze, D. Saad, Nouvelles flores crétacées au Liban, N. Jahrb. Geol. Paläont. Mh. 7 (2003) 400–414.
- [7] P.W. Basson, *Algites hakeiensis* sp. nov. a Cretaceous foliose alga from Lebanon, Am. Mid. Nat. 88 (1972) 506–511.
- [8] P.W. Basson, Late Cretaceous alga, *Delessertites lebanensis* sp. nov., Rev. Palaeobot. Palynol. 33 (1981) 363–370.
- [9] P.W. Basson, H.S. Edgell, Calcareous algae from the Jurassic and Cretaceous of Lebanon, Micropaleontology 17 (1971) 411–433.
- [10] D.L. Dilcher, P.W. Basson, Mid-Cretaceous angiosperm leaves from a new fossil locality in Lebanon, Bot. Gaz. 151 (1990) 538–547.
- [11] L. Dubertret, Lexique stratigraphique international, III, Asie, Éditions du CNRS, (1963), pp. 1–436.
- [12] W.N. Edwards, Lower Cretaceous plants from Syria and Transjordan, Ann. Mag. Nat. Hist. Lond. 10 (1929) 394–405.
- [13] T.M. Harris, The fossil flora of Scoresby Sound, East Greenland. Part 5. Stratigraphic relations of the plant beds, Commun. Paleontol. Mus. Min. Copenh. 56 (1937) 1–114.
- [14] V.A. Krassilov, F. Bacchia, Cenomanian florule of Nammoura, Lebanon, Cretac. Res. 21 (2000) 785–799.
- [15] C. Patterson, New Cretaceous berycoid fishes from Lebanon, Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) 14 (1967) 69–109.
- [16] J. Roger, Les invertébrés des couches à poissons du Crétacé supérieur du Liban, Mém. Soc. géol. France 23 (1946) 1–92.
- [17] C.E. Schweitzer, K.J. Lacouara, J.B. Smith, M.C. Lamanna, M.A. Lyon, Y. Attia, Mangrove-dwelling crabs (Decapoda: Brachyura: Necrocarcinidae) associated with Dinosaurs from the Upper Cretaceous (Cenomanian) of Egypt, J. Paleontol. 77 (5) (2003) 888–894.
- [18] R. Shinaq, K. Bandel, The flora of an estuarine channel margin in the Early Cretaceous of Jordan, Freiburger Forschungshefte C 474, Paläontologie, Stratigraphie, Fazies 6 (1998) 39–57.