

Un curieux microfossile de la Molasse oligocène de Suisse occidentale et de Haute-Savoie (France)

Jean-Pierre Berger[†] · Margaret E. Collinson ·
Marc Weidmann

Received: 12 July 2012 / Accepted: 21 February 2013 / Published online: 16 November 2013
© Swiss Geological Society 2013

Résumé Nouvelle description de l'incertae sedis *Calcicarpinum? fallax*. Détermination de son âge oligocène supérieur et de sa répartition biogéographique. Il s'agit d'un nucule de Boraginaceae désormais nommé *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov.

Mots clés Boraginaceae · *Boraginocarpus fallax* comb. nov. · Nucule · Chattien · Bassin molassique occidental

An enigmatic microfossil from the Oligocene Molasse deposits of Western Switzerland and Haute-Savoie (France)

Abstract A re-analysis and new description of the incertae sedis *Calcicarpinum? fallax* is presented, and its Late Oligocene age and paleobiogeographical distribution is ascertained. It is identified as a nutlet of a Boraginaceae

and is named *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov.

Keywords Boraginaceae · *Boraginocarpus fallax* comb. nov. · Nutlet · Chattian · Western Molasse Basin

Cette étude avait débuté il y a plus de 30 ans et, après de nombreuses discussions et interrogations, elle était en grande partie rédigée et illustrée lors de la brutale disparition de Jean-Pierre Berger en janvier 2012. Nous espérons avoir fidèlement respecté ses idées et hypothèses en mettant un point final. M. E. C. et M. W., septembre 2012.

1 Introduction

Ce curieux microfossile fut décrit et figuré par Taugourdeau-Lantz et Rosset (1966) sous le nom de *Calcicarpinum? fallax* n. sp. Considéré alors comme étant un *incertae sedis*, il provenait de deux gisements d'âge oligocène supérieur, à faciès laguno-lacustre, situés dans le bassin de Narbonne (SW de la France). Depuis lors, à la suite de Kissling (1974) qui fut le premier à le signaler dans la Molasse, nous l'avons isolé dans de nombreuses localités et nous l'avons déjà présenté oralement ou en poster (Berger et Weidmann 1988; Weidmann et Berger 1989). Sa répartition géographique, environnementale et stratigraphique, ainsi que sa position systématique, sont présentés et discutés ci-dessous.

2 Matériel

Nous avons isolé environ 250 spécimens dans 34 localités et niveaux différents (Tableau 1; Fig. 6), situés presque tous dans le Bassin molassique occidental. Ce matériel est déposé dans les collections du Musée géologique cantonal de Lausanne sous le no 97244.

Editorial handling: D. Becker & D. Marty.

J.-P. Berger[†]
Département Géosciences, Université de Fribourg,
Rue du Musée, 1700 Fribourg, Switzerland

M. E. Collinson
Department of Earth Sciences, Royal Holloway
University of London, Egham, Surrey TW20 0EX, UK

M. Weidmann (✉)
Sentier du Molard 3, 1805 Jongny, Switzerland
e-mail: weidmann-dutoit@bluewin.ch

3 Forme et composition

De forme générale triangulaire arrondie avec une face, relativement plane, qui présente une structure à trois branches en Y et l'autre face, nettement plus bombée, qui est ornée de granules dessinant parfois un réseau à mailles plus ou moins nettes (Figs. 1, 2, 3). Selon l'usure de la surface, ces granules peuvent être très émoussés, voire absents. L'intérieur des spécimens est vide, lisse, sans communication apparente avec l'extérieur. La paroi est de composition calcitique, déterminée en lame mince et aux RX, dont la texture lamellaire à plusieurs couches n'est bien observable que sur les exemplaires particulièrement bien conservés (Figs. 3, 4 in Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966 et notre Fig. 4).

Une protubérance ou « bouton creux », située sur la branche principale de l'Y, pourrait laisser supposer qu'il s'agit d'une ouverture, mais les coupes transversales (Fig. 5) montrent qu'il n'en est rien et qu'il s'agit d'une structure externe, laquelle est parfois très réduite, ou remplacée par une ride allongée, ou même absente. Le « bouton creux » est le plus souvent décalé contre l'un des bords de la branche principale de l'Y, tantôt à gauche, tantôt à droite; dans une population suffisamment nombreuse de tests bien

conservés, on constate une proportion égale de « boutons creux » décalés vers la gauche ou vers la droite. La présence de formes droites et gauches est un caractère déjà observé sur divers types de nucules de Boraginaceae modernes; le « bouton creux » avec son emplacement asymétrique pouvait servir à fixer les nucules par paires, ce que la Fig. 8 illustre hypothétiquement.

4 Dimensions

En moyenne 1,100–1,800 μm de long sur 900–1,300 μm de large. Le diagramme longueur/largeur (Fig. 6) montre une certaine variabilité de ces dimensions, sans relation avec la provenance stratigraphique ou paléogéographique. L'épaisseur de la paroi varie aussi quelque peu et se situe entre 100 et 300 μm .

5 Environnement de dépôt

Cet organisme a toujours été isolé dans des marnes ou marno-calcaires parfois un peu silteux qui sont des dépôts

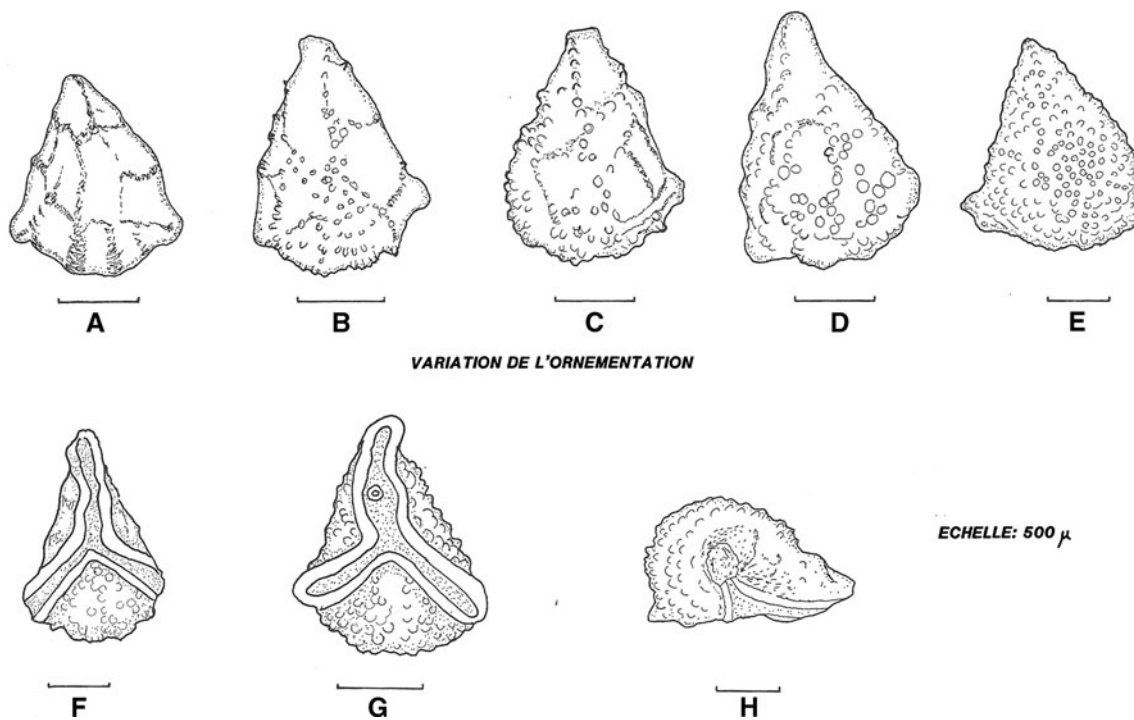


Fig. 1 a–e Divers types d'ornementation de la face dorsale des nucules de *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov., reflet probable de l'usure plus ou moins prononcée de la surface. f absence et g présence du « bouton creux » dans la branche principale de l'Y. h vue latérale montrant l'allure bombée de la face dorsale. Provenance des nucules figurés (voir Tableau 1): a localité 30, b localité 34, c localité 31, d localité 7, e localité 19, f localité 18, g localité 19, h localité 18. Barre d'échelle = 500 μm

Fig. 1 a–e Various types of ornamentation of nutlets of *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov., in dorsal view, probably showing more or less developed wear. f–g absence/presence of the hollow button in the main branch of the Y, in ventral view. h domed shape of the dorsal side, in lateral view. Provenance of specimens from (see Table 1): a locality 30, b locality 34, c locality 31, d locality 7, e locality 19, f locality 18, g locality 19, h locality 18. Scale bar = 500 μm

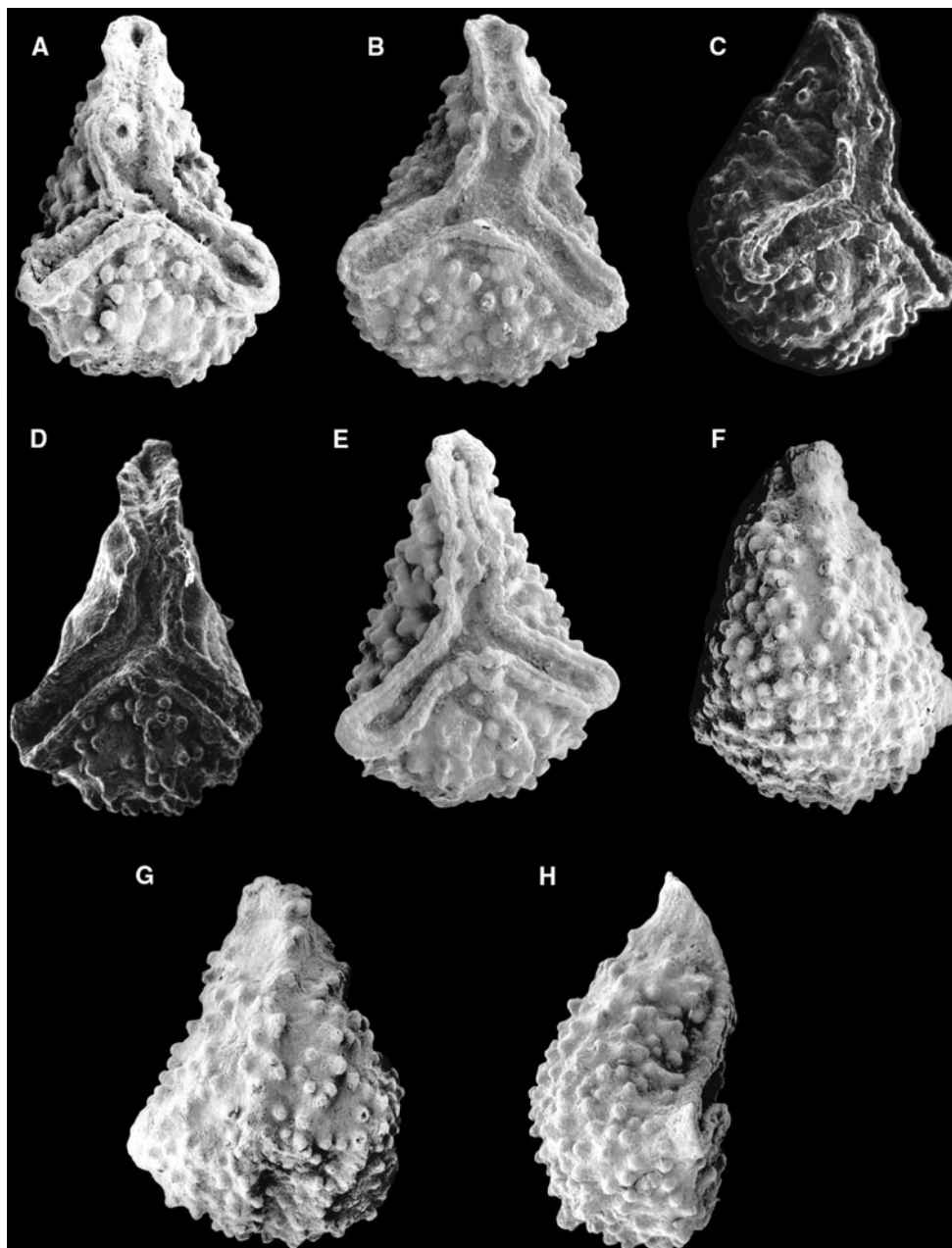


Fig. 2 Nucules de *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov. Bassin molassique franco-suisse, Oligocène supérieur. Provenance des spécimens figurés: voir Tableau 1. Dimensions moyennes $1500 \times 1100 \mu\text{m}$, voir Fig. 6. **a** vue ventrale, « bouton » gauche, localité 23. **b** vue ventrale, « bouton » droite, localité 23. **c** vue ventrale oblique, « bouton » droite, localité 17. **d** vue ventrale, « bouton » remplacé par une ride, localité 29. **e** vue ventrale, « bouton » remplacé par une ride, localité 16. **f** vue dorsale, localité 12. **g** vue dorsale, localité 12. **h** vue latérale, localité 12

Fig. 2 Nutlets of *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov., French and Swiss Molasse Basin, Late Oligocene. Mean size $1500 \times 1100 \mu\text{m}$, see Fig. 6. Specimens from (see Table 1): **a** ventral view, *left button*, locality 23. **b** ventral view, *right button*, locality 23. **c** lateroventral view, *right button*, locality 17. **d** ventral view, *button* replaced by a *ridge*, locality 29. **e** ventral view, *button* replaced by a *ridge*, locality 16. **f** dorsal view, locality 12. **g** dorsal view, locality 12. **h** lateral view, locality 12

d'inondation ou des dépôts lacustres/palustres. La flore et la faune associées comprennent: characées, mollusques et ostracodes d'eau douce, poissons cyprinidés, batraciens, petits reptiles et rongeurs, soit des organismes d'eau douce ou terrestres.

6 Biostratigraphie

Tous les gisements connus à ce jour appartiennent au Chattien. Beaucoup sont datés avec précision du Chattien supérieur par les micromammifères et s'étagent depuis la base de la zone MP

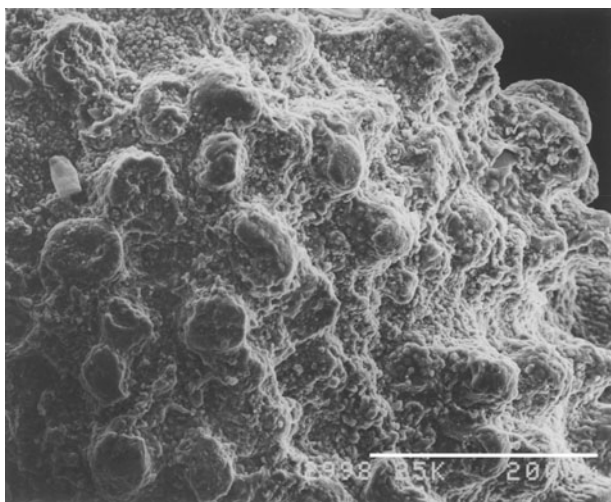


Fig. 3 Détail de l'ornementation tuberculée de la face distale de *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov. Barre d'échelle = 200 μ m. Provenance: localité 12

Fig. 3 Detail of the tuberculate ornamentation of *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov., dorsal surface. Scale bar = 200 μ m. Provenance: locality 12

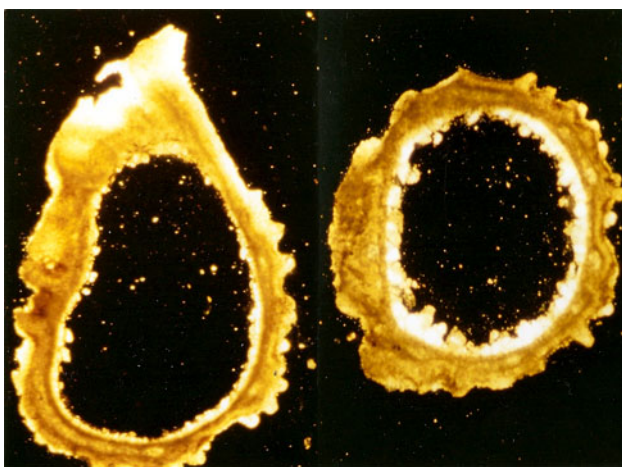


Fig. 4 Coupes transversale et longitudinale de *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov. Lame mince montrant la structure lamellaire de la paroi en plusieurs couches. Diamètre du nucule de droite: env. 1100 μ m

Fig. 4 Transverse and sagittal cross sections of nutlets of *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov.; thin sections showing the lamellar structure of the multilayered wall. Diameter of the right nutlet: ca. 1100 μ m

28 (=niveau de Fornant 7) jusqu'au sommet de la zone MP 30 (=niveau de Brochene Fluh 53) y compris, c'est-à-dire environ 24.5 à 23.0 Ma (Berger et al. 2005; Gradstein et al. 2012).

7 Biogéographie

A notre connaissance, cet organisme n'a été rencontré que dans trois régions: bassin de Narbonne (Taugourdeau-

Lantz et Rosset 1966), bassin de Marseille (Huguency et al. 1987) et ouest du Bassin molassique franco-suisse. Dans une lettre du 15 juin 1981, J. Taugourdeau nous informait par ailleurs qu'il avait aussi été isolé dans l'Oligocène de plusieurs sondages pétroliers du sud de la France, sans autre précision disponible. Nous avons déjà présenté cet organisme à nos collègues qui travaillent dans le Fossé rhénan, dans la Molasse de Suisse centrale et orientale, de Bavière ou d'Autriche, en leur demandant s'ils l'avaient déjà rencontré, mais la réponse fut toujours négative: notre organisme semble bien être absent dans ces régions.

Dans le Bassin molassique franco-suisse, une trentaine de localités (Table 1; Fig. 7), ont révélé sa présence entre Chambéry et Bienne, toujours dans la partie distale et basse du bassin et jamais dans les terrains de même âge appartenant à la Molasse subalpine proximale, de paléo-altitude plus élevée. Cette répartition est fort probablement dictée par l'altitude et par les conditions climatiques. Les exigences écologiques de notre organisme devaient être assez restrictives et ses biotopes devaient être très proches des milieux lacustres-palustres de basse altitude où il fut déposé.

8 Affinité

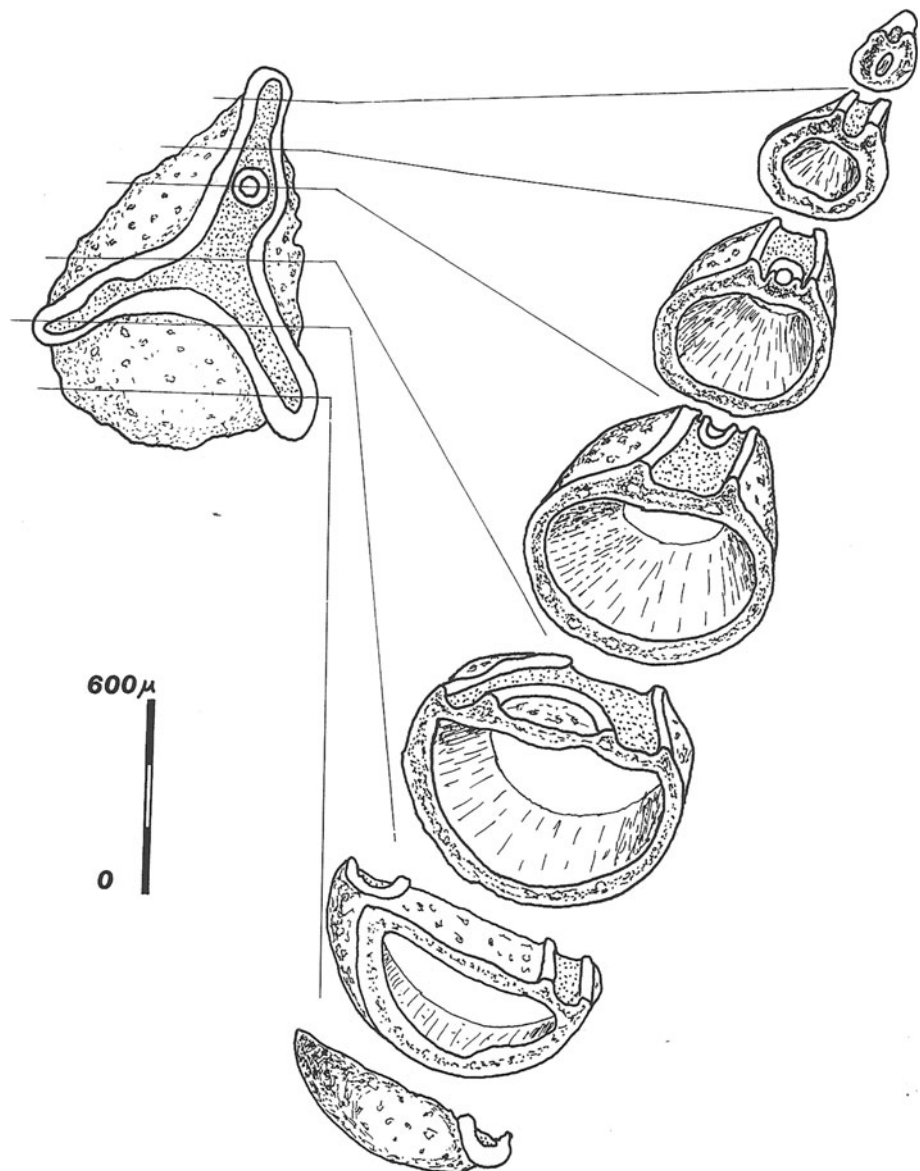
Comme l'ont relevé Keupp (1984) et Streng et al. (2004: Appendix p. 481), des différences essentielles de taille, de forme et de structure de la paroi excluent cet *incertae sedis* du genre *Calcicarpinum* Deflandre 1947, qui est un Dinoflagellé à thèque calcaire. D'autre part, les branches de l'Y sont dissymétriques sur notre organisme et cette structure ne peut donc pas être assimilée à la fente trilète des macrospores qui par ailleurs ne sont jamais de composition carbonatée et d'aussi grande taille. Il faut chercher ailleurs la position systématique de notre microfossile et c'est dans la famille des Boraginaceae que se situe sa place: voir ci-dessous sa diagnose émendée et l'exposé des Rapports et différences.

9 Paléontologie systématique

Famille	Boraginaceae Jussieu 1789
Genre	<i>Boraginocarpus</i> Mathur 1974
Espèce-type	<i>Boraginocarpus lakhanpalii</i> Mathur 1974
Espèce	<i>Boraginocarpus fallax</i> (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966), J.-P. Berger, M. Collinson, M. Weidmann comb. nov.
Figures	Figures 1, 2, 3, 4 and 5

Fig. 5 Coupes séries de *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov. montrant d'une part que l'intérieur est creux et lisse, sans communication apparente avec l'extérieur, et d'autre part que la structure en Y et le « bouton creux » sont des structures superficielles. Ces coupes sont reconstituées d'après de nombreux fragments de nucules brisés

Fig. 5 Series of sections of a nutlet of *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov., showing a hollow and smooth inside, without apparent connection with outside, and superficial Y and hollow button structures. These sections are reconstructed from numerous fragments of broken nutlets



9.1 Diagnose émendée

Nucule pyriforme, avec un sommet étroit et aigu et une base large et arrondie, longueur 970–2000 μm et largeur 800–1560 μm , face ventrale aplatie et face dorsale arrondie. La face ventrale aplatie porte une large dépression ou cicatrice à trois branches en forme de Y renversé, entourée d'un bord surélevé lisse et arrondi. Les extrémités des branches de l'Y dépassent légèrement le contour du nucule. La plus longue branche de l'Y s'étend jusqu'au sommet étroit du nucule; dans la partie médiane de cette branche s'élève une protubérance creuse ou « bouton creux » qui est un peu décalé à gauche ou à droite de l'axe de la branche. Le « bouton creux » est parfois absent et parfois remplacé par une ride allongée. En dehors des branches de

l'Y, la surface du nucule est ornée de petits tubercules isolés, arrangés sans ordre, mais dessinant parfois un réseau de rides discontinues sur la surface dorsale arrondie. La paroi du nucule est calcitique, à texture lamellaire.

9.2 Holotype

Taugourdeau-Lantz & Rosset, *Revue de Micropaléontologie* 9: 190, pl. 1/1-3 (1966), Cellule 10 J.T., Laboratoire de Micropaléontologie, Université de Paris.

Holotype = France, Languedoc-Roussillon, Département de l'Aude, Marnes rouges du Stampien. Matériel de référence dans le Bassin molassique occidental = Formation des Calcaires inférieurs, Formation des Marnes et Grès bariolés, Formation des Calcaires et Dolomies, Formation

Fig. 6 Diagramme largeur/longueur basé sur les mesures de 233 exemplaires de *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov. provenant de gisements et formations d'âges différents (voir Tableau 1)

Fig. 6 Length/width diagram of 233 nutlets of *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov., from localities of different ages (see Table 1)

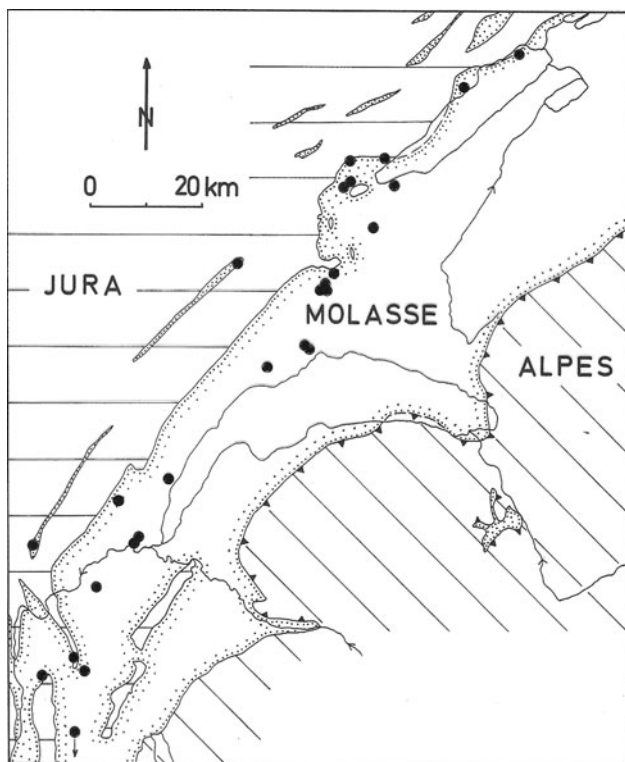
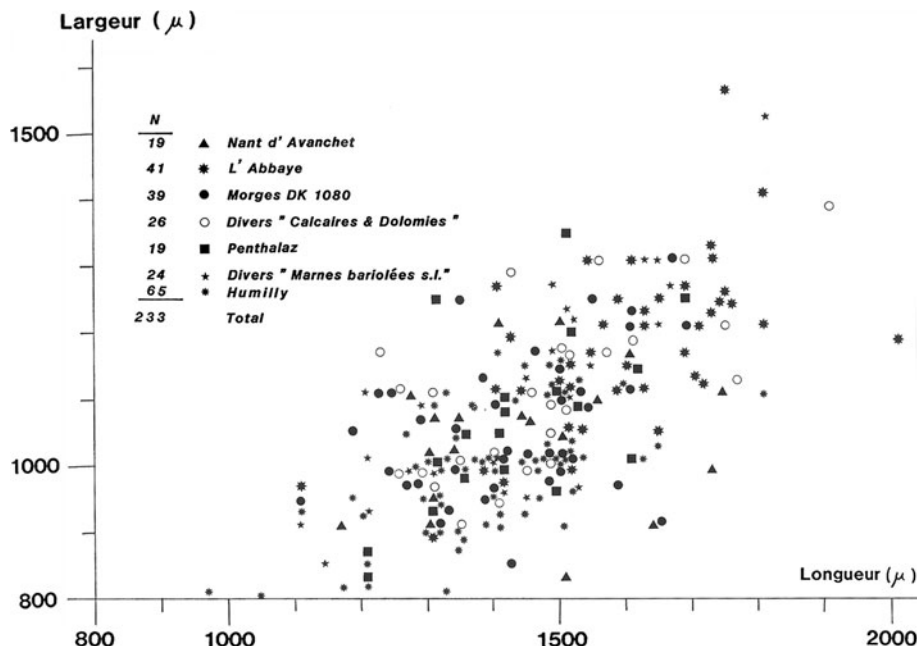


Fig. 7 Localités dans l'ouest du Bassin molassique franco-suisse ayant livré des nucules de *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset) comb. nov.

Fig. 7 Localities from the Western Molasse Basin (France and Switzerland) with nutlets of *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov.

des Grès et Marnes gris à gypse. Matériel de référence dans le bassin de Marseille = Formation du Cap de Nautes. Voir le Tableau 1.

9.3 Age stratigraphique

Holotype et matériel de référence = Paléogène: Oligocène: Chattien.

9.4 Distribution géographique

Holotype = 3 km au SW de Portel, lieu-dit Murtres, Département de l'Aude, Languedoc-Roussillon, France. Matériel de référence = nombreuses localités (voir Tableau 1) dans le Bassin molassique occidental, Suisse et Haute Savoie, France.

9.5 Rapports et différences

D'autres nucules fossiles de Boraginaceae montrent des formes, dimensions et ornements proches de celles qui sont décrites ici. Les principales différences se trouvent dans les caractéristiques de la face ventrale. La cicatrice ventrale en Y de *B. lakhanpalii* Mathur montre une courte branche verticale, qui se termine peu avant le sommet étroit du nucule, et deux autres branches plus longues (environ deux tiers de la longueur du nucule) qui s'étendent jusqu'au large bord arrondi, où leurs deux extrémités sont reliées par une étroite ride incurvée (Mathur 1974, Figs. 3b, 4b, reprises dans Mathur and Mathur 1985, Fig. 2a). Tous ces caractères sont différents de ceux de *B. fallax* qui montre la plus longue branche de la dépression en Y dirigée verticalement jusqu'au sommet du nucule et les deux branches plus courtes (moins de la moitié de la longueur du nucule) ne sont pas reliées par une ride et sont prolongées jusqu'au bord arrondi de la partie basale du

Fig. 8 Représentation hypothétique de la fixation par paire des nucules « gauche » et « droite » de *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov.

Fig. 8 Attempt of combination of a couple of right and left nutlets of *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov.

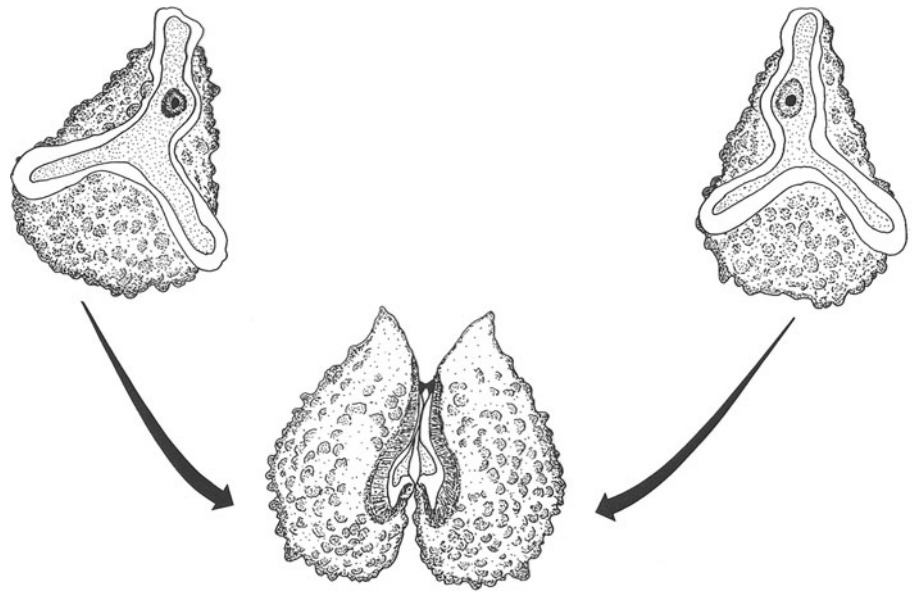


Tableau 1 Localités du Bassin molassique avec *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov. (voir Fig. 5) **Table 1** Localities in the Molasse Basin with *Boraginocarpus fallax* (Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966) comb. nov. (see Fig. 5)

Localité	Coordonnées	Echantillon	Formation	Age
1 Hauterive NE	565'048/206'844	Sondage, prof. 14 m	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
2 Bevaix NE	552'920/197'340	Sondage, prof. 85 m	Grès et Marnes gris à gypse	Chattien sup.
3 Corcellettes VD	540'680/181'910	Sondage, prof. 100 m	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
4 Arnon-Vugelles VD	533'900/185'830	Sondage, prof. 9 m	Grès et Marnes gris à gypse	Chattien sup.
5 Cheseaux-Noréaz VD	541'098/181'322	Sondage, prof. 139 m	Grès et Marnes gris à gypse	Chattien sup.
6 Champvent VD	533'350/181'700	Sondage, prof. 65 m	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
7 R. du Bey, Mathod VD	533'130/180'810	Couche 2	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
8 Buron-ESSERTINES VD	538'300/174'410	Kissling (1974), éch. 575	Calcaires et Dolomies	Chattien moy.
9 Buron-ESSERTINES VD	538'300/174'410	Kissling (1974), éch. 589	Calcaires et Dolomies	Chattien moy.
10 Eclépens-Cridec VD	532'520/166'460		Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
11 Eclépens-Cridec VD	532'410/166'500		Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
12 L'Abbaye VD	514'770/167'450	Weidmann (2008), p. 72	Non nommée	Chattien sup.
13 Cossonay VD	528'905/163'770	Sondage, prof. 6 et 7 m	Calcaires et Dolomies	Chattien moy.
14 Cossonay VD	528'835/163'274	Sondage, prof. 8 et 18 m	Calcaires et Dolomies	Chattien moy.
15 Cossonay VD	528'877/163'290	Sondage, prof. 9 m	Calcaires et Dolomies	Chattien moy.
16 Penthalthaz VD	529'620/162'990	Sondage, prof. 25 m	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
17 La Morges VD	526'440/152'750	Kissling (1974), éch. 1092-3	Calcaires et Dolomies	Chattien moy.
18 La Morges VD	526'450/152'760	Kissling (1974), éch. 1080	Calcaires et Dolomies	Chattien moy.
19 La Morges VD	526'500/152'420	Kissling (1974), éch. 1169	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
20 Aubonne VD	518'800/149'920	Sondage, prof. 20.5 m	Grès et Marnes gris à gypse	Chattien sup.
21 Mies VD	503'026/128'826	Sondage, prof. env. 40 m	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
22 CERN, Ain	490'037/126'100	Sondage, prof. 46 m	Calcaires inférieurs	Chattien inf.
23 Nant d'Avanchet GE	496'540/119'280	Charollais et al. (2007), p. 74	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
24 Loex GE	496'100/118'240	Charollais et al. (2007), p. 74	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
25 Forens-Valserine, Ain	528'877/163'290		Grès et Marnes gris à gypse	Chattien sup.
26 Humilly, Haute Savoie	488'670/109'850	éch. J. Rolfo	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
27 Fornant, Haute Savoie	879'940/119'760	éch. L. Reggiani	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
28 Jamaloup, Haute Savoie	882'000/117'860	éch. L. Reggiani	Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
29 Findreuse, Haute Savoie	874'180/115'610	Burbank et al. (1992), Fin 25, couche 299.5	Calcaires inférieurs	Chattien inf.
30 Findreuse, Haute Savoie	873'840/115'830	idem, éch. Fin 14, couche 236	Calcaires inférieurs	Chattien inf.
31 Findreuse, Haute Savoie	873'840/115'830	idem, éch. Fin 13, couche 229	Calcaires inférieurs	Chattien inf.
32 Findreuse, Haute Savoie	874'180/115'610	idem, éch. Fin 24, couche 300	Calcaires inférieurs	Chattien inf.
33 GuiersVif, Haute Savoie	872'675/352'800		Marnes et Grès bariolés	Chattien inf.
34 Coupe du Cap de Nautes, W de Marseille		Huguency et al. (1987), éch. 13141	Cap de Nautes	Chattien sup.

nucule. En outre, *B. lakhanpalii* ne montre pas de protubérance ou « bouton creux » dans la dépression en Y, comme chez *B. fallax*.

La face ventrale des nucules modernes de *Cryptantha* ou des nucules fossiles attribués à ce genre, tels que ceux qui sont figurés par Elias (1932, Pl. 30, sous le nom de *Krynitzkia*) ou par Thomasson (1979, Pl. 6B) possèdent une dépression ou cicatrice triangulaire, étroite et allongée, qui se prolonge latéralement sur l'extrémité basale arrondie du nucule. Ce qui est différent de la cicatrice en Y de *Boraginocarpus*. Malheureusement, plusieurs publications concernant les nucules fossiles attribués à diverses espèces de *Cryptantha* (par exemple Segal 1966a, Thomasson 1987) ne figurent pas leur face ventrale, ce qui empêche une comparaison approfondie.

Les nucules fossiles attribués au genre éteint *Biorbia* (Elias 1932, 1942; Segal 1966b; Thomasson 1979, 1987) sont ovoïdes, carénés, ridés longitudinalement, leur surface montre parfois des fins reliefs dessinant un réseau réticulé et ils montrent une cicatrice d'attachement basale petite et arrondie. Ils sont donc très différents, tant des nucules de *Boraginocarpus* que de ceux de *Cryptantha* qui sont pyriformes, ont une face ventrale aplatie ou anguleuse avec cicatrice déprimée, mais pas de carènes, ni de rides longitudinales, ni de réseau réticulé en relief et pas de cicatrice d'attachement basale. Des nucules de Boraginaceae modernes sont illustrés par Seibert (1978); Weigend et al. (2010) ou d'autres encore, mais en l'absence d'une étude détaillée de tous les nucules modernes, qui dépasserait les limites du présent travail, il n'est pas possible de déterminer quelles sont plus précisément les affinités botaniques du fossile *B. fallax*.

L'*incertae sedis* fossile calcitique *Mitrigalia* Vachard (in Vachard et al. 1982) possède une dimension comparable et montre une ornementation proche de celles de *B. fallax*. Cependant *Mitrigalia* a une cicatrice basale arrondie et ne montre pas de différenciation dorso-ventrale. Il est possible que soit un nucule ou une graine, mais son affinité systématique demeure pour l'instant inconnue.

Remerciements Jerry J. Hooker (London) et Marc Gottschling (München) nous ont fait part de diverses informations. Nous devons la Fig. 2 à la collaboration efficace de Claudius M. Pirkenseer (Université de Fribourg). Nous avons reçus d'utiles avis des experts Damien Becker (Porrentruy) et Claudius M. Pirkenseer (Université de Fribourg), ainsi que des rédacteurs Damien Becker et Daniel Marty (Porrentruy). Nous disons à tous un chaleureux merci.

References

- Berger, J.-P., Reichenbacher, B., Becker, D., Grimm, M., Grimm, K. I., Picot, L., et al. (2005). Eocene-Pliocene time scale and stratigraphy of the Upper Rhine Graben (URG) and the Swiss Molasse Basin (SMB). *International Journal of Earth Sciences*, 94, 711–731.
- Berger, J.-P., & Weidmann, M. (1988). Un curieux microfossile d'eau douce et d'âge oligocène: *Calcicarpinum? fallax* Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966. 67. *Jahresversammlung der Schweizerischen Paläontologische Gesellschaft, Tagungsheft*, p. 10.
- Burbank, D. W., Engesser, B., Matter, A., & Weidmann, M. (1992). Magnetostratigraphic chronology, mammalian fauna and stratigraphic evolution of the Lower Freshwater Molasse, Haute-Savoie, France. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 85, 399–431.
- Charollais, J., Weidmann, M., Berger, J.-P., Engesser, B., Hotellier, J.-F., Reichenbacher, B., et al. (2007). La Molasse du bassin franco-genevois et son substratum. *Archives des Sciences Genève*, 50, 53–174.
- Elias, M. K. (1932). Grasses and other plants from the Tertiary rocks of Kansas and Colorado. *University of Kansas Science Bulletin*, 20, 333–367.
- Elias, M. K. (1942). Tertiary prairie grasses and other herbs from the high plains. *Geological Society of America*, 41, 1–176. Special paper.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M., & Ogg, G. (Eds.). (2012). *The geological timescale 2012* (p. 1142). Elsevier Science Ltd: Kidlington.
- Huguency, M., Berger, J.-P., & Weidmann, M. (1987). Présence de mammifères oligocènes dans le parastratotype de l'Aquitainien. *Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles*, 76, 129–135.
- Jussieu, A. L. de (1789). *Genera Plantarum, secundum ordines naturales disposita juxta methodum in Horto Regio Parisiensi exaratum*. Paris.
- Keupp, H. (1984). Revision der kalkigen Dinoflagellaten-Zysten G. Deflandre's, 1948. *Paläontologische Zeitschrift*, 58, 9–31.
- Kissling, D. (1974). L'Oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique suisse. Stratigraphie et aperçu sédimentologique. Thèse de la Faculté des Sciences de l'Université de Genève. (p. 94). Colombier: Imprimerie Gessler & Cie.
- Mathur, A. K. (1974). A new fossil seed (Boraginaceae) from the Siwalik Group. *Bulletin of the Indian Geologists Association*, 7, 43–49.
- Mathur, A. K., & Mathur, U. B. (1985). Boraginaceae (Angiosperm) seeds and their bearing on the age of Lameta Beds of Gujarat. *Current Science*, 54, 1070–1071.
- Segal, R. H. (1966a). Taxonomic study of the fossil species of the Genus *Cryptantha* (Boraginaceae). *The Southwestern Naturalist*, 11, 205–210.
- Segal, R. H. (1966b). *Biorbia* (Boraginaceae) in the Central US Pliocene. *University of Kansas Science Bulletin*, 46, 495–508.
- Seibert, J. (1978). Fruchtanatomische Untersuchungen an *Lithospermae* (Boraginaceae). *Dissertationes Botanicae*, 44, 1–207.
- Streng, M., Hildebrand-Habel, T., & Willems, H. (2004). A proposed classification of archeopyle types in calcareous dinoflagellate cysts. *Journal of Paleontology*, 78, 456–483.
- Taugourdeau-Lantz, J., & Rosset, C. (1966). Sur un nouveau microfossile *incertae sedis* de l'Oligocène du bassin de Narbonne. *Revue de Micropaléontologie*, 9, 186–191.
- Thomasson, J. R. (1979). Late Cenozoic grasses and other angiosperms from Kansas, Nebraska and Colorado: biostratigraphy and relationships to living taxa. *Kansas Geological Survey Bulletin*, 128, 1–68.
- Thomasson, J. R. (1987). Late Miocene plants from Northeastern Nebraska. *Journal of Paleontology*, 61, 1065–1079.
- Vachard, D., Ott d'Estevou, P., & Briand, M. (1982). Un micro-organisme problématique du Miocène d'Espagne voisin des Umbellaceae paléozoïques: *mitrigalia* n. gen. *Revue de Micropaléontologie*, 25, 57–68.

- Weidmann, M. (2008). La Molasse de la Vallée de Joux (Jura, Suisse et France). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, 91, 69–101.
- Weidmann, M., & Berger, J.-P. (1989). Présence de *Calcicarpinum? fallax* Taugourdeau-Lantz & Rosset 1966 (*incertae sedis*) dans la Molasse d'eau douce inférieure oligocène de Suisse occidentale et de Savoie. *Résumé des communications à la Réunion commune de la Société paléontologique suisse et de l'Association paléontologique française, Genève*, p. 16.
- Weigend, M., Gottschling, M., Selvi, F., & Hilger, H. H. (2010). Fossil and extant Western Hemisphere Boraginaceae, and the polyphyly of "Trigonotideae" Riedl (Boraginaceae: boraginoideae). *Systematic Botany*, 35, 409–419.