

NUMÉRO D'ORDRE

55

THÈSES

présentées

à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille

pour obtenir le grade de Docteur ès-Sciences

PAR

PAUL CORSIN

Licencié ès-Sciences

Assistant de Paléobotanique à la Faculté des Sciences de Lille

PREMIÈRE THÈSE. - Contribution à l'Étude des Fougères anciennes
du Groupe des Inversicaténales.

DEUXIÈME THÈSE. - Propositions données par la Faculté.

Soutenues le Octobre 1937 devant la Commission d'Examens

MM. A. MAIGE, Correspondant de l'Institut, *Président*

A. MALAQUIN }
P. BERTRAND } *Examineurs*
P. PRUVOST }

LILLE
IMPRIMERIE G. SAUTAI
46, Rue Gauthier-de-Châtillon

1937

Université de Lille

FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen	MM. MAIGE	Botanique générale et appliquée.	
Assesseur	MALAUQUIN	Zoologie générale et appliquée.	
Professeurs honoraires	HALLEZ, CHATELET, BARROIS, BRUHAT, F O S S E, PASCAL, PAUTHENIER, BÉ- GIN, CHAZY, PARI- SELLE, FLEURY.		
		QUINET.	
Maître de Conférences honoraire	SWYNGEDAUF . . .	Physique et Electricité industriel- les.	
	GAMBIER	Calcul différentiel et intégral.	
Professeurs	BERTRAND	Paléobotanique.	
	LERICHE	Géologie générale et Géographie physique.	
	DEHORNE	Histologie et Embryologie com- parées.	
	PRUVOST	Géologie et Minéralogie.	
	JOUNIAUX	Chimie analytique et agricole.	
	CHAUDRON	Chimie appliquée à l'Industrie et à l'Agriculture.	
	KAMPÉ DE FÉRIET .	Mécanique des fluides.	
	CHAPELON	Analyse supérieure et calcul des Probabilités.	
	GALLISSOT	Mathématiques appliquées et As- tronomie.	
	CAU	Physique générale.	
	LAMBREY	Radiotélégraphie.	
	PRÉVOST	Chimie générale.	
	MAZET	Mécanique rationnelle et Méca- nique expérimentale.	
	Professeurs sans chaire	DOLLÉ	Hydrogéologie.
		DUPARQUE	Péetrographie des Roches Com- bustibles.
Maîtres de Conférences	LEFEBVRE	Chimie de la Houille.	
	DECARRIÈRE	Chimie générale.	
	FRANÇOIS	Chimie générale.	
	HOCQUETTE	Botanique agricole.	
	ROUELLE	Mécanique, Physique et Electri- cité industrielles.	
Chargé de cours	MARTINOT-LAGARDE	Mécanique des fluides.	
	ESCLANGON	Physique.	
	DUTERTRE	Géologie générale et Géographie physique.	
Chargé du Secrétariat .	M ^{lle} BLANCART DE LERY.		
Secrétaire honoraire . .	M. LEBRUN.		

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES
FOUGÈRES ANCIENNES DU GROUPE
DES INVERSICATÉNALES

NUMÉRO D'ORDRE

85

THÈSES

présentées

à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille

pour obtenir le grade de Docteur ès-Sciences

PAR

PAUL CORSIN

Licencié ès-Sciences

Assistant de Paléobotanique à la Faculté des Sciences de Lille

PREMIÈRE THÈSE. - Contribution à l'Étude des Fougères anciennes
du Groupe des Inversicaténales.

DEUXIÈME THÈSE. - Propositions données par la Faculté.

Soutenues le Octobre 1937 devant la Commission d'Examens

MM. A. MAIGE, Correspondant de l'Institut, *Président*

A. MALAQUIN

P. BERTRAND

P. PRUVOST

} *Examineurs*

LILLE

IMPRIMERIE G. SAUTAI

46, Rue Gauthier-de-Châtillon

1937

Introduction

Si on laisse de côté les Osmondacées permienes, toutes les Fougères à structure conservée, connues dans les terrains primaires, se classent dans l'un ou l'autre des deux grands groupes :

Psaroniées ou Pécoptéridées,

Renaultifilicales (= Botryoptéridées de Renault).

Cette constatation avait déjà été faite il y a trente ans. Malgré de nombreuses découvertes, il n'a pas été trouvé, dans les terrains primaires, de Fougères à structure conservée appartenant à d'autres groupes que ceux cités plus haut.

Tandis que les Psaroniées sont à juste titre rattachées au grand groupe des Marattiales, les Renaultifilicales renferment des formes tout à fait originales, sans analogie avec ce que nous observons chez les autres Fougères.

Il y a lieu de diviser les Renaultifilicales en deux sous-ordres : les Phyllophorales et les Inversicaténales.

Considérées dans leurs rapports avec la classe des Fougères, les Inversicaténales jouent incontestablement un rôle primordial, car c'est chez elles que l'on rencontre les formes les plus simples, celles qui peuvent le mieux nous donner l'idée d'une forme primitive ancestrale, génératrice de toutes les autres.

D'autre part, le fait de trouver des formes simples, dans chacun des genres d'Inversicaténales, accroît encore leur intérêt car il est, pour cette raison, plus facile de relier les différentes séries entre elles.

Dans l'état actuel de la littérature scientifique, les Phyllophorales (Zygoptéridées et Cladoxylées) ont fait l'objet de descriptions plus nombreuses et plus détaillées que les Inversicaténales.

Au contraire, en ce qui concerne les Intersicaténales, malgré le grand nombre d'espèces décrites dans chacun des trois genres : *Botryopteris*, *Anachoropteris*, *Tubicaulis*, aucune étude d'ensemble n'a paru. Quand on parcourt les ouvrages généraux traités de Paléobotanique de Scott, Seward, Hirmer) on s'aperçoit facilement que les notions que nous possédons, sur ces différents types, laissent subsister de grandes incertitudes. Il nous suffira de remarquer que les *Anachoropteris* sont encore insuffisamment décrits, que 2 espèces de *Botryopteris*, connus cependant depuis Renault, n'ont fait l'objet d'aucune description satisfaisante et que le genre *Grammatopteris* est demeuré très mal défini depuis les travaux de Renault.

A la suite de nos travaux, nous considérons que le groupe des Inversicaténales, auquel on peut attribuer la valeur d'un sous-ordre, comprend les 3 familles et les 4 genres suivants :

- Botryoptéridées — genre *Botryopteris* ;
- Anachoroptéridées — genres *Anachoropteris* et *Grammatopteris* ;
- Tubicaulidées — genre *Tubicaulis*.

A s'en tenir strictement aux caractères du système vasculaire pétiolaire, les Tubicaulidées sont des Inversicaténales au même titre que les Anachoroptéridées. Elles se distinguent de ces dernières, avec lesquelles on avait tendance à les confondre, par le mode de ramification de leur rachis primaire. Contrairement à ce que pensait M. P. Bertrand leurs affinités avec les Zygoptéridées demeurent très problématiques.

Nous réunirons, les Zygoptéridées et les Cladoxylées dans le sous-ordre des Phyllophorales. Les Stauroptéridées semblent, de plus en plus, constituer une famille à part qui occuperait une position intermédiaire entre les Psilophytales et les Filicales.

VII

L'ordre formé par la réunion des Inversicaténales et des Phyllophorales a été désigné par M. P. Bertrand sous le nom de Renaultifilicales (1933) que nous croyons devoir adopter à notre tour, pour les raisons suivantes :

1° L'ordre ainsi défini renferme tous les genres de Fougères anciennes décrits jadis par Renault : *Zygopteris*, *Botryopteris*, *Anachoropteris*, *Grammatopteris*, *Tubicaulis*.

2° Mais sa composition est bien différente des Botryoptéridées (sensu lato) de D.-H. Scott (1908), des Primofilices d'Arber (1906) ou des Cœnoptéridées du Professeur Seward (1910). Aucun de ces groupes ne peut recevoir la famille des Cladoxylées, pour lesquelles il faudrait, comme l'a proposé le Professeur M. Hirmer, créer, par conséquent un ordre spécial ; celui des Cladoxylales.

Les Primofilices d'Arber, par définition, prétendaient à réunir seulement les types de Fougères anciennes, les plus primitifs, les plus simples, donc des types destinés à demeurer en grande partie hypothétiques et ce nom dût être abandonné.

L'expression de Cœnoptéridées (Fougères généralisées) du Professeur Seward était, dans la pensée de l'Auteur, destinée à se substituer à celle de Botryoptéridées employée par D.-H. Scott (1900-1908) ou à celle d'Inversicaténales proposée par Ch. Bertrand et F. Cornaille (1904).

Mais depuis 1910, notre conception de tout le groupe s'est trouvée radicalement transformée par l'adjonction des Cladoxylées et par la nécessité de mettre à part les Stauroptéridées.

Renaultifilicales est donc, à nos yeux, une expression beaucoup plus large et plus précise que l'expression vague et insuffisante de Cœnoptéridées. Elle signifie que : rentrent dans cet ordre toutes les Fougères offrant dans le rachis primaire de leur fronde les caractères, soit des Inversicaténales (courbure inverse de l'arc vasculaire), soit des Phyllophorales (axe offrant deux plans de symétrie rectangulaire et différent du stipe).

VIII

La notion de Phyllophorales, pas plus que celle de famille des Cladoxylées, ne peuvent rentrer dans le concept des Fougères généralisées. Les Cladoxylées sont, en effet, des Fougères à la fois très primitives et très spécialisées.

Le présent mémoire a pour objet l'Étude des Inversicaténales d'après les documents recueillis en France dans les gisements de plantes silicifiées d'Esnost (Viséen), de Saint-Etienne et Grand' Croix (Stéphanien) et d'Autun (Permien).

Le point de départ de nos recherches a été l'étude du *Grammatopteris Rigolloti* que m'a confié mon Maître, M. le Professeur Bertrand. Cette espèce avait été décrite brièvement par Renault d'après deux surfaces polies. Grâce à la confection de plusieurs lames minces, il était permis d'en tenter une description nouvelle, d'autant plus que le travail de Renault n'était que préliminaire et accompagné de quelques dessins seulement.

Par la suite j'ai pu rapporter au genre *Grammatopteris* une espèce nouvelle, le *G. Bertrandi* du Viséen d'Esnost.

La discussion des affinités des *Grammatopteris* m'a conduit à les rapprocher des Anachoroptéridées et il s'en est suivi la description des nombreux *Anachoropteris* du Stéphanien de Grand' Croix et du Permien d'Autun représentés par une grande quantité de lames minces qui n'avaient pas été décrites.

L'étude des genres *Grammatopteris* et *Anachoropteris* montre que l'on peut, avec la plus grande vraisemblance, faire dériver le deuxième genre du premier. Au point de vue phylogénétique il fallait aussi rechercher les origines des *Grammatopteris*. Celles-ci ont été trouvées dans la famille des Botryoptéridées.

Enfin, soucieux de présenter un monographie aussi complète que possible des Inversicaténales, nous avons adjoint à notre travail un bref résumé de nos connaissances sur la famille des Tubicaulidées.

Divisions de l'ouvrage

Notre travail comprend 5 parties :

- 1°) Etude du genre *Grammatopteris* (*G. Rigolloti*, *G. Bertrandi*) ,
- 2°) Etude du genre *Anachoropteris* (*A. robusta*, *A. Pauteti*, *A. circularis*, *A. Gilloti*, *A. involuta*, *A. gigas*, *A. ovata*, *A. pulchra*, *A. Williamsoni*) ;
- 3°) Etude du genre *Botryopteris* (*B. forensis*, *B. minor*, *B. Renaulti*, *B. antiqua*) ;
- 4°) Résumé du genre *Tubicaulis* ;
- 5°) Conclusions.

La première partie est consacrée à l'étude du stipe de *Grammatopteris Rigolloti* et des pétioles de la nouvelle espèce *G. Bertrandi*. On ne connaît pas les pétioles de *G. Rigolloti* complètement isolés du stipe et on pouvait se demander si cette espèce restait aussi simple que le montrent les sections des pétioles les plus éloignés du centre de la tige.

La découverte de *G. Bertrandi* connu par ses pétioles libres montre bien que chez ce genre, il ne se développe pas d'arcs récepteurs ou, autrement dit que les traces foliaires les plus éloignées du stipe sont identiques aux faisceaux pétioles.

Nous avons pu décrire successivement les pétioles primaires, les pétioles secondaires et les fines ramifications de *G. Bertrandi*. La conclusion de cette première partie est que le genre *Grammatopteris* doit rentrer dans la famille des Anachoroptéridées.

La deuxième partie est consacrée à l'étude des 3 groupes que nous avons distingués parmi les *Anachoropteris*.

Parmi les espèces nouvelles du groupe de l'*A. robusta*, l'une d'elles, l'*A. Gilloti* est particulièrement intéressante parce qu'elle montre le passage des *Grammatopteris* aux *Anachoropteris*. On peut suivre, en outre, une évolution chez les divers *Anachoropteris* des groupes de l'*A. Williamsoni* et de l'*A. involuta*.

Enfin, nous nous sommes efforcés de montrer pour chaque espèce, les pétioles d'ordre primaire, secondaire et tertiaire en indiquant pour chacun d'eux le mode d'individualisation des sorties destinées aux axes d'ordre supérieur.

L'étude des *Botryopteris* qui forme la troisième partie de ce travail, comprend la description des espèces suivantes : *B. forensis*, *B. minor*, *B. Renaulti* du Stéphanien de Grand-Croix et *B. antiqua* du Culm d'Esnost. Pour la plupart de ces espèces j'ai pu décrire les pétioles secondaires et tertiaires.

Quant à la quatrième partie qui a traité des Tubicaulidées, ce n'est qu'un résumé des connaissances acquises sur *T. dubius*, *T. solenites* et *T. Berthieri* (1).

Un résumé suivi de conclusions phylogénétiques et de considérations sur les Fougères actuelles regardées comme les plus primitives termine ce travail.

J'ai contracté au cours de cette étude quelques dettes de reconnaissance. Profitant d'un séjour en Angleterre (Août-Septembre 1930), j'ai pu consulter la collection D.H. Scott au British Museum de Londres, grâce à l'obligeance de M. le Docteur Edwards ;

M. le Docteur Loubière, sous-directeur de laboratoire au Museum d'Histoire Naturelle de Paris a bien voulu me permettre d'examiner les préparations de la collection Renault ; à tous deux ici j'adresse mes remerciements bien sincères.

(1) Bien que *Tubicaulis Berthieri* représente une Inversicaténale et soit originaire du Permien d'Autun, il était inutile de le décrire et de le figurer de nouveau après le beau travail de C. E. Bertrand et P. Bertrand.

Mais c'est envers M. le Professeur Bertrand, mon Maître, que ma dette est la plus grande. Qu'il trouve ici l'expression de mon affectueuse reconnaissance. Grâce à sa connaissance approfondie de tout ce qui touche la Paléobotanique, grâce à ses observations sagaces et bienveillantes, j'ai pu éviter des interprétations hasardeuses que, dans l'enthousiasme de la recherche, j'étais tenté de faire. En outre, M. le Professeur Bertrand a mis à ma disposition sa collection personnelle de lames minces ou d'échantillons dans laquelle j'ai puisé des documents des plus importants.

Notre gratitude va également aux « *Amis de l'Université* » qui ont contribué à la publication de ce mémoire.

PREMIERE PARTIE

ÉTUDE
DU
GENRE GRAMMATOPTERIS

- I. — Historique.
- II. — Position systématique et caractères généraux de *Grammatopteris Rigolloti*, d'après B. Renault.
- III. — Etude du *Grammatopteris Rigolloti* B. Renault.
- IV. — Etude du *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

CHAPITRE PREMIER

Historique

Le genre *Grammatopteris* a été créé en 1891 par Bernard Renault [1] (1) pour un échantillon silicifié provenant du Permien d'Autun. Ce spécimen, coupé transversalement et poli, montrait un stipe entouré des pétioles. Il constitue le type de l'espèce *Grammatopteris Rigolloti* Renault.

En 1896, dans la flore fossile d'Autun et d'Epinac [2], Renault fit une description plus précise de cette espèce ; il figure cette fois deux échantillons : l'original et un second échantillon de même âge, mais provenant semble-t-il d'une localité différente. L'échantillon type provenait des communaux de Saint-Martin, si l'on s'en rapporte à l'explication de la Pl. XXX, fig. 9. D'après un renseignement écrit fourni par V. Berthier à C. Eg. Bertrand cet exemplaire avait été trouvé par M. Pautet pendant une promenade qu'il faisait au Champ de la Justice. L'étiquette manuscrite accompagnant l'échantillon porte également cette dernière origine. Le Champ de la Justice fait donc partie des Communaux de Saint-Martin et il n'y a pas de doute possible quant au lieu où fut

(1) Les nombres entre crochets renvoient à la liste bibliographique relative aux *Grammatopteris* page 10.

trouvé cet échantillon. Dans le texte, page 47, Renault indique comme provenance : tranchée de chemin de fer entre Dracy et Cordesse. Cette origine se rapporte probablement au second exemplaire figuré.

Afin de mieux fixer l'origine des échantillons de *Grammatopteris Rigolloti* je vais donner un tableau indiquant les divisions de l'Autunien (1).

		Flore à :	Faune à :							
AUTUNIEN	Etage de Millery. (Essentiellement schisteux, petites couches bitumineuses, 1 couche de boghead).	Callipteris très abondants	<table border="0"> <tr> <td rowspan="3">}</td> <td><i>C. conferta</i></td> <td><i>Palæoniscus</i></td> </tr> <tr> <td><i>C. Jutteri</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>C. Pellati</i></td> <td><i>Protriton petrolei</i></td> </tr> </table>	}	<i>C. conferta</i>	<i>Palæoniscus</i>	<i>C. Jutteri</i>		<i>C. Pellati</i>	<i>Protriton petrolei</i>
		}	<i>C. conferta</i>		<i>Palæoniscus</i>					
			<i>C. Jutteri</i>							
	<i>C. Pellati</i>		<i>Protriton petrolei</i>							
	<i>Tæniopteris multinervis</i>									
	<i>Walchia imbricata</i>									
	<i>W. piniiformis</i>									
	Etage de Comaille-Chambois, (grande couche bitumineuse, 1 couche de houille).	Callipteris abondants	<table border="0"> <tr> <td rowspan="3">}</td> <td><i>C. conferta</i></td> <td><i>Palæoniscus</i></td> </tr> <tr> <td><i>G. naumanni</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>C. lyratifolia</i></td> <td></td> </tr> </table>	}	<i>C. conferta</i>	<i>Palæoniscus</i>	<i>G. naumanni</i>		<i>C. lyratifolia</i>	
		}	<i>C. conferta</i>		<i>Palæoniscus</i>					
			<i>G. naumanni</i>							
<i>C. lyratifolia</i>										
<i>Sigillaria Brardi</i>	<i>Actinodon</i>									
<i>Sigillaria Menardi</i>	<i>Protriton petrolei</i>									
Graines diverses										
Etage d'Igornay-Lally (grès et poudingues, 2 bancs bitumineux).	Callipteris rares									
	<i>Callipteridium Rochei</i>	<i>Palæoniscus</i>								
	<i>Neuropteris Planchardi</i>									
	<i>Sigillaria spinulosa.</i>	<i>Actinodon</i>								
	<i>Sigillaria Brardi</i>									
<i>Sphænozamites Rochei</i>	<i>Protriton petrolei</i>									
Graines diverses										

(1) Ce tableau a été dressé d'après le mémoire de : M. DELAFOND — Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac, Fasc. II. Stratigraphie. *Et. gîtes min. de la France.* 1889.

Le Champ de la Justice, situé à proximité du hameau des Etangs (nord d'Autun) appartient à l'étage de Millery (1), tandis que la tranchée de chemin de fer entre Dracy et Cordesse a été creusée dans des couches appartenant à l'étage de la Comaille-Chambois (2). C'est donc de l'étage de Millery, partie supérieure de l'Autunien que provient l'échantillon type de *Grammatopteris Rigolloti*. On a trouvé, dans les rognons siliceux abondants dans cet étage, d'autres fougères silicifiées notamment : *Etapteris Lacattei*, *Ankyropteris bibractensis*, *Tubicaulis Berthieri*. Cette flore a beaucoup d'affinités avec celle de Chemnitz qui est nettement d'âge Permien inférieur. Le deuxième échantillon a été trouvé dans l'étage de la Comaille-Chambois.

Une deuxième espèce, le *Grammatopteris Baldaufi* est fondée sur un échantillon provenant de Chemnitz. Décrite d'abord en 1920 par Beck [3] sous le nom de *Protothamnopteris Baldaufi*, elle fut rattachée au genre *Grammatopteris* par Hirmer [4] et étudiée et figurée au détail par B. Sahni en 1932 [5]. J'aurai plus loin l'occasion de la comparer au *Gr. Rigolloti* et d'indiquer ses caractères distinctifs.

(1) M. DELAFOND. — *loc. cit.* 1889, p. 70.

(2) M. DELAFOND. — *loc. cit.* 1889, p. 56.

CHAPITRE DEUXIÈME

Position systématique et caractères généraux de *Grammatopteris Rigolloti* d'après Renault

Pour Renault, le genre *Grammatopteris* fait partie des Botryopteridées. Dans l'Atlas les deux échantillons ont même été figurés sous le nom de *Botryopteris Rigolloti*.

Le caractère fondamental du genre *Grammatopteris*, d'après Renault, réside essentiellement dans la forme du faisceau vasculaire unique qui parcourt les pétioles : « sur une section transversale ce faisceau présente la forme d'un trait horizontal épais — formé de trachéides ponctuées et réticulées ; les trachées occupent les deux extrémités. »

Renault signale ensuite les caractères suivants :

tige, composée au centre d'un cylindre vasculaire plein avec éléments plus grêles disposés par places à la périphérie comme dans les tiges de *Botryopteris*, et enveloppée sur tout son pourtour d'une couche libérienne peu épaisse ;

écorce, consistant essentiellement en une assise épaisse de cellules lignifiées allongées, et traversée par de nombreux faisceaux vasculaires destinés aux pétioles ;

pétioles, nombreux dressés contre la tige à laquelle ils forment un fourreau épais et solide, pétioles circulaires et munis d'une assise corticale épaisse et résistante ;

distribution des pétioles autour de la tige rappelant le *Zygopteris primaeva* Corda.

Les caractères donnés par B. Renault pour l'espèce *Gr. Rigolloti* répètent bien entendu les caractères du genre, en précisant les points suivants :

1° *En ce qui concerne les pétioles* : le faisceau « en forme de trait épais — orienté tangentiellement à la tige » serait un faisceau de *Zygopteris* amputé des deux barres verticales (1). « Les deux extrémités de la bande vasculaire sont occupées par des trachées (Pl. XXXI, fig. 1 bis), points de départ des cordons qui se rendaient à droite et à gauche dans les appendices du rachis. L'écorce est formée de 2 assises : l'une interne, parenchymateuse ; l'autre, plus extérieure, est composée de cellules allongées de sclérenchyme. »

« Les pétioles paraissent placés à la surface de la tige le long d'une spirale régulière, leurs plans de sortie faisant entre eux un angle de 48°, l'ordre phyllotaxique serait exprimé par la fraction $2/15$. »

2° *En ce qui concerne la tige* : cylindre ligneux plein, sans trace de tissu médullaire, composé de trachéides ponctuées et réticulées. Eléments plus fins : trachéides rayées et trachées disposés par groupes à la périphérie et formant des renflements de différente grosseur où viennent aboutir les cordons vasculaires se rendant aux pétioles.

Enfin Renault signale des sporanges qu'il a trouvés isolés, épars dans les mêmes silex renfermant ce *Grammatopteris*. Ces sporanges comparables par leur forme et leur agglomération en touffes à ceux des *Botryopteris* pourraient appartenir au *Grammatopteris*.

Le premier travail de Renault (1891) était illustré seulement de deux figures prises sur l'échantillon type : l'une montrant l'ensemble de la surface polie, sensiblement grandeur naturelle (Pl. X, fig. 11), l'autre représentant le cylindre central à un faible grossissement (gr. = 5) (Pl. X, fig. 12). Ces deux figures sont reproduites dans l'Atlas de la Flore fossile d'Autun et d'Épinac

(1) *réduit par conséquent à la barre horizontale*. — Il nous paraît important de souligner la conception de Renault.

(1896) (Pl. XXX, fig. 9 et 10). Mais Renault les a complétées par deux dessins nouveaux pris sur le deuxième échantillon. Ils représentent : 1° l'ensemble de la surface polie au grossissement 2 environ (Pl. XXXI, fig. 1) ; 2° la trace foliaire idéale de *Grammatopteris Rigolloti* (Pl. XXXI, fig. 1 bis).

Il convient de remarquer ici que les dessins publiés par Renault ont été exécutés seulement d'après les surfaces polies et à un faible grossissement. Ses deux publications ont gardé le caractère de publications préliminaires. Qu'il s'agisse du texte ou des figures, on n'y trouve aucun détail histologique précis excepté en ce qui concerne les ornements des vaisseaux. Renault s'en est tenu strictement aux généralités et, pour ainsi parler, aux seules apparences que ses échantillons offraient à un premier examen. Cela est si vrai, que, comme nous le verrons plus loin, même la situation des groupes trachéens (protoxylème) aux extrémités de la trace foliaire n'a pas été correctement indiquée par Renault.

Depuis 1896, le besoin d'une description détaillée et plus précise de *Grammatopteris Rigolloti* s'est fait vivement sentir. C'est ce qui est indiqué nettement dans les traités de paléobotanique : *Studies* du Dr Scott (2^e Edition, vol. 1, 1908, p. 334 ; 3^e Edition, vol. 1, 1920, p. 350), *Manuel de Paléobotanique* d'Hirmer (Vol. 1, 1927, page 538).

Les auteurs de ces traités, très prudemment, ont laissé le genre *Grammatopteris* insuffisamment connu au voisinage immédiat du genre *Botryopteris*, c'est-à-dire dans la famille des Botryoptéridées, se conformant à cet égard à l'opinion exprimée par Renault (1).

C'est cette description que j'ai entreprise sur les conseils de mon maître, M. le Professeur P. Bertrand, qui a bien voulu me guider dans ce premier travail d'Anatomie comparée. Je lui exprime ici l'expression de ma vive gratitude.

(1) Dans l'explication des planches de l'Atlas de la Flore fossile d'Autun et d'Épinac (1896) les échantillons de *Grammatopteris Rigolloti* sont encore classés dans le genre *Botryopteris*. Il n'est donc pas étonnant que plus tard les auteurs anglais et allemands aient songé à placer le genre *Grammatopteris* au voisinage du genre *Botryopteris*. Pour Renault, lui-même, les deux genres devaient paraître très voisins.

Bibliographie relative aux *Grammatopteris*

1. B. RENAULT. — Note sur la famille des Botryopteridées, *Soc. d'Hist. Nat. d'Autun*, 4^e Bull., 1891, page 362, Pl. X, fig. 11 et 12.
 2. B. RENAULT. — Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac, Fasc. IV, Flore fossile, 2^e partie, pp. 45-47, Pl. XXX, fig. 9 et 10 ; Pl. XXXI, fig. 1 et 1 bis. *Et. des Gîtes minéraux de la France*, 1896.
 3. R. BECK. — Ueber *Protothamnopteris Baldaufi* nov. sp. einen neuen verkieselten Farn aus dem Chemnitzer Rotliegenden. *Abh. Sächs. Akad. Wiss.*, XXXVI, N^o V, 1920.
 4. M. HIRMER. — Handbuch der Paläobotanik, Band 1, 1927, p. 538.
 5. B. SAHNI. — On a palæozoic tree-fern, *Grammotipteris Baldaufi* (Beck) Hirmer, a link between the Zygopterideae and Osmundaceae. *Annals of Botany*, vol. XLVI, N^o CLXXXIV, 1932.
 6. D.-H. SCOTT. — Studies in Fossil Botany, 1^{re} édition, 1900.
 7. R. KIDSTON et GWYNNE VAUGHAN. — On the fossil Osmondaceae. Part. 1. p. 778. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, Vol. XLV. part. III, N^o 27, 1907.
 8. P. BERTRAND. — Etudes sur la fronde des Zygopteridées, Lille, 1909. p. 187.
 9. P. BERTRAND. — L'étude anatomique des fougères anciennes et les problèmes qu'elle soulève. *Progressus Botanicae*, 1912.
 10. A.-C. SEWARD. — Fossil Plants, Vol. II, 1910.
 11. W. GOTHAN in POTONIÉ. — Lehr. der Palaeobotanik, 1921.
 12. F.-O. BOWER. — The ferns (Filicales) II, 1926, Cambridge.
 13. D.-H. SCOTT. — Studies in fossil botany, 1920. 3^e Ed.
 14. B. SAHNI. — On the branching of the Zygopterideae Leaf and its relation to the probable « pinna » nature of *Gyropteris sinuosa* Goepfert, *Ann. of. Bot.*, Vol. XXXII, N^o CXXXVII, July 1918.
-

Etude du *Grammatopteris Rigolloti* B. Renault

I. — Documents

Les éléments ayant servi à cette étude comprennent :

1° — Une lame mince retrouvée par Ch. Bertrand et P. Bertrand dans un lot de 11 préparations diverses étiquetées *Grammatopteris Rigolloti* par Jean Rigollot (1). On peut se demander si cette lame mince ne provient pas du culot de sciage du deuxième échantillon de Renault (co-type 1896) étant données les analogies qu'elle présente avec les préparations effectuées récemment dans cet échantillon.

(1) Parmi ces 11 lames minces, Ch. Bertrand et P. Bertrand ont reconnu : 4 préparations d'un *Tubicaulis* nouveau qu'ils ont étudié et figuré sous le nom de *Tubicaulis Berthieri* ; 4 préparations d'un *Anachroropteris* nov. sp. dont il sera question plus loin ; 2 préparations d'un *Heterangium* ; 1 lame mince de *Grammatopteris*. (CH. EG. BERTRAND et P. BERTRAND. — Le *Tubicaulis Berthieri* (sp. nov.) *Soc. d'Hist. Nat. d'Autun*, 24^e Bull., 1911 pp. 43-45).

Or, Renault rappelle (1896, p. 46) que les premiers fragments de *Gr. Rigolloti* furent trouvés par J. Rigollot. Il est fort probable que ces fragments, parmi lesquels le deuxième échantillon de *Grammatopteris Rigolloti*, ont servi à faire les 11 préparations en question, car malgré toutes les recherches de Ch. Bertrand, il fut impossible de trouver trace d'autres échantillons de *Gr. Rigolloti*.

2° — L'échantillon complet sur lequel Renault fit une surface polie qu'il utilisa pour établir sa diagnose de *Grammatopteris Rigolloti* en 1891. C'était une plaquette de silex sciée et polie, de forme ovale, mesurant 8 cm. suivant son plus grand diamètre, 4 cm. 1/2 suivant le plus petit et épaisse de 1 cm 1/4 environ. Il a été prélevé sur cet *échantillon type* une lame mince parallèle à la surface polie.

3° — Un échantillon de forme irrégulière, épais de 2 cm. environ et mesurant 31 mm. sur 43 mm. qui a servi de cotype à Renault en 1896. Il a été exécuté dans ce *second échantillon* deux lames minces, l'une que j'ai effectuée, l'autre qui fut faite par Ragot (1).

Je décrirai successivement : 1° le premier échantillon ou échantillon type d'après la lame mince unique que j'en possède ; 2° le deuxième échantillon ou cotype, représenté par deux lames minces. Je décrirai en même temps que cet échantillon, l'ancienne présentation. Enfin, je résumerai les caractères obtenus dans une diagnose générale.

La confection de lames minces m'a permis de faire une étude plus complète du *Grammatopteris*. La révision de ce genre m'a amené, soit à compléter les indications données par Renault, soit à rectifier certaines observations de cet auteur.

II. — Étude de l'échantillon type

Planches I à IV et fig. 3-4-5, Pl. IX

DIFFÉRENTES RÉGIONS DU STIPE

Pl. I

C'est la grande lame mince provenant de l'échantillon type qui fournit le plus de renseignements pour l'étude générale du *Grammatopteris Rigolloti*. Elle montre en effet une section presque complète du stipe dont, seuls, les pétioles de la périphérie manquent.

(1) M. Ragot, du laboratoire de la Sorbonne a fait les deux lames minces principales de cette étude. L'une d'entre elles, la plus grande, était particulièrement difficile à exécuter, car l'échantillon était cassé et recollé ; toutes deux ont été faites avec de grands soins. Je tiens à remercier et à féliciter M. Ragot qui apporta à leur confection toute son habileté.

Un rapide examen, soit de la surface polie soit de la lame mince, permet de reconnaître dans le stipe trois régions bien distinctes :

a) Au centre, on voit le *cylindre ligneux cy* qui apparaît comme une masse sombre, à contour irrégulier et d'assez petit diamètre. Le bois est entouré d'une mince couche continue de *liber l*, zone plus claire qui, sur la préparation, se confond avec l'écorce interne.

b) Autour du cylindre libéro-ligneux l'*écorce interne éci*, surface blanchâtre dans laquelle se trouvent de nombreuses *traces foliaires fv* plus foncées. Elle a un contour vaguement étoilé, chaque branche de l'étoile correspondant à un renflement du cylindre central situé sur le même rayon. Cette écorce plus claire est très nettement délimitée, aussi bien vers le cylindre central que du côté de l'écorce moyenne qui suit et qui apparaît comme une couronne plus foncée.

c) Le *manchon de pétioles* qui est très développé sur ce premier échantillon. Cette troisième région est fort hétérogène et en réalité se compose de plusieurs zones dont il est souvent difficile de préciser les limites exactes. Elle comprend : une zone avec points sombres c'est l'*écorce moyenne sclérifiée écm* peu épaisse et qui, par place, se confond avec l'écorce des pétioles voisins ; l'*écorce externe éce* difficile à délimiter et visible entre les pétioles déjà individualisés *Pe* qu'elle unit ; enfin les pétioles libres entre eux, donc séparés par de grands espaces tantôt vides, tantôt remplis de petits racines *r* ; les pétioles sont de plus en plus gros à mesure qu'on s'éloigne du centre de la tige.

Cette région hétérogène au point de vue formation l'est également comme aspect, chaque pétiole formant une masse claire au centre, avec la trace foliaire plus foncée près de l'écorce qui, elle, est bien distincte de la tige proprement dite.

Remarque I. — Le cylindre central et l'écorce interne et moyenne ont été très peu déformés au cours de la fossilisation et les diverses parties qui les constituent sont restées sensiblement en place. C'est que l'écorce moyenne sclérifiée constituant une gaine solide autour du cylindre central a protégé celui-ci de toute déformation. Pourtant l'imprégnation de silice ne s'est pas faite uniformément. On voit, surtout dans l'écorce interne, au milieu de tissus plus ou moins bien conservés, des zones où la silice s'est concrétionnée. Donc avant la silicification les tissus à parois minces s'étaient affaissés, produisant des vides dont les parois ont servi ultérieurement de substratum à la silice qui y a formé des géodes.

Les pétioles situés dans l'écorce externe ont conservé sensiblement leur forme arrondie et si les plus proches de l'écorce interne sont bien en place, les autres ont été déplacés les uns par rapport aux autres par l'aplatissement de l'échantillon avant la silicification.

Mais c'est la position des traces foliaires qui, dans chacun d'eux, a le plus changé. Le parenchyme interne à parois minces, entourant ces traces foliaires, ayant été détruit par la macération, celles-ci ont été déplacées tantôt vers la face inférieure du pétiole (côté extérieur du stipe), tantôt vers la face supérieure (côté du cylindre central).

Les pétioles libres autour du stipe ont encore plus souffert de la fossilisation car ils ont été : 1° déplacés très fortement les uns par rapport aux autres suivant un diamètre du stipe ; 2° déformés, aplatis en divers sens et les traces rejetées au hasard dans chacun d'eux.

Remarque II. — La lame mince n'est pas rigoureusement perpendiculaire à l'axe de la tige, aussi les pétioles, étant coupés à des niveaux différents, ne paraissent pas de taille régulièrement croissante à mesure que l'on suit, en descendant, l'hélice primaire de ces axes autour de la tige.

Remarque III. — Les pétioles font avec la tige un certain angle. Par suite ils sont coupés obliquement par une section plane sensiblement perpendiculaire à cette tige. Aussi, les tissus des traces foliaires ne sont-ils pas très nets par suite de l'obliquité de la section.

Malgré le divers déplacements ou perturbations signalés plus haut, je me suis efforcé de trouver le cycle phyllotaxique des pétioles autour de la tige. J'indiquerai plus loin les résultats auxquels je suis parvenu.

DISTRIBUTION DES TRACES FOLIAIRES

La figure 1 du texte montre la distribution et la numérotation des traces foliaires autour de la tige de *Grammatopteris Rigolloti*. Les traces foliaires ont été numérotées, suivant l'hélice primaire, d'une façon toute arbitraire en prenant comme origine 0 un pétiole quelconque du pourtour du dessin. Le premier faisceau issu de la tige porte le numéro -17, la dernière trace sortie du cylindre central est la trace 28, deux autres masses ligneuses destinées aux pétioles sont visibles dans le bois secondaire du cylindre central ; elles portent les numéros 29 et 30. C'est cette dernière que je prendrai comme origine de l'hélice primaire.

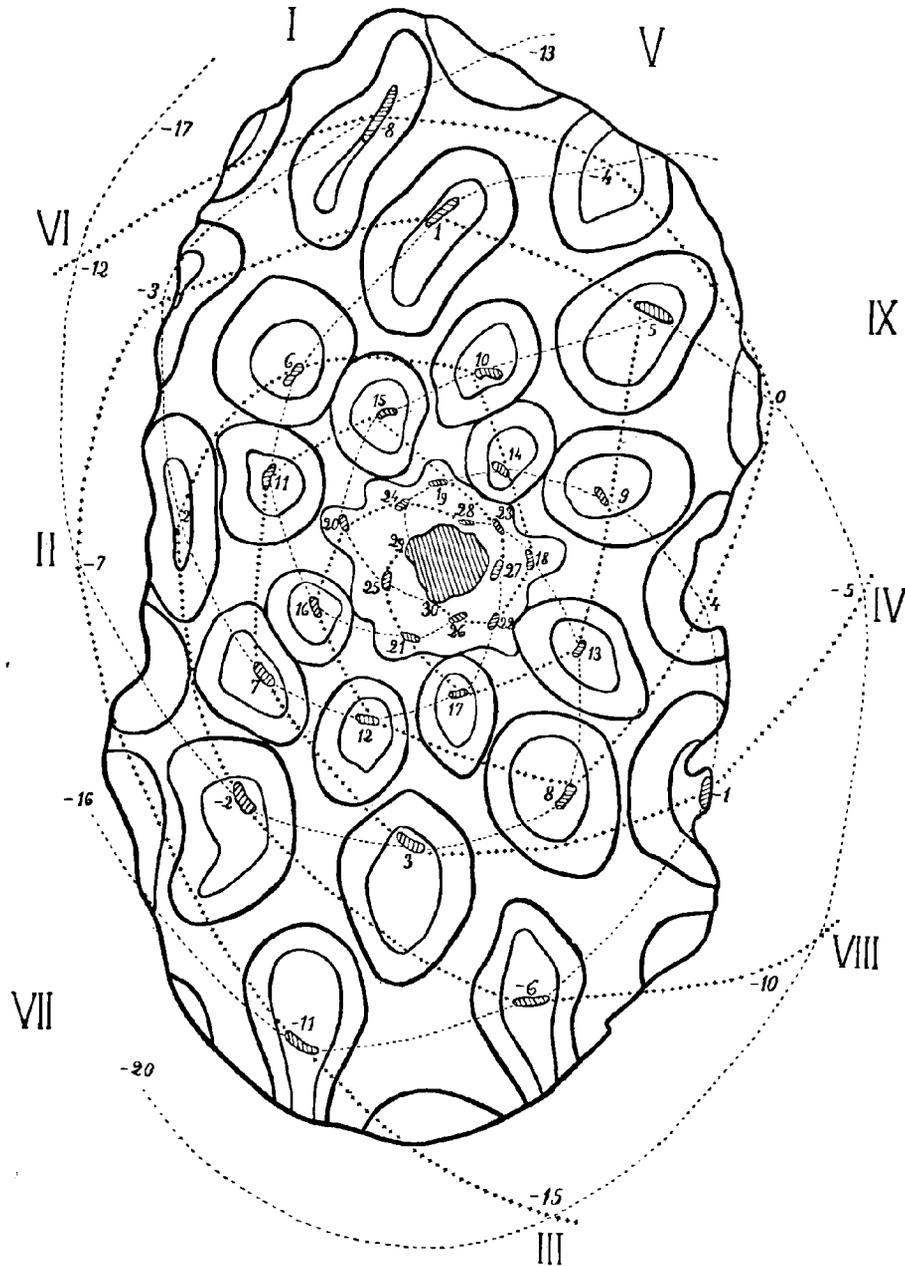


Fig. 1. — *Grammatopteris Rigolloti* B. Renault.

Dessin schématique effectué d'après la lame mince tirée de l'échantillon type montrant la distribution des traces foliaires. Gr. = 2 environ.

Les lignes pointillées représentent les hélices secondaires dextres ; les lignes formées de petites croix les hélices secondaires senestres. Les chiffres romains de I à IX désignent les séries radiales.

Les traces foliaires ont été numérotées de 30 à 0 et de 0 à -17 dans l'ordre où on les rencontre en descendant l'hélice primaire.

DÉTERMINATION DU CYCLE PHYLLOTAXIQUE PAR LA MÉTHODE GRAPHIQUE

Le croquis, figure 1 du texte, montre que, pour parcourir l'hélice primaire en entier, c'est-à-dire, pour revenir à une trace foliaire située sur le même rayon que la trace initiale, il faut faire deux fois le tour de la tige ; or, l'on constate que l'on est passé par 9 traces successives. Par exemple, si on prend comme point de départ la trace 30, il faut arriver à la trace 21 pour que l'on retrouve la verticale passant par les rayons de la première trace, après avoir parcouru deux tours de la tige. Donc, le cycle phyllotaxique de *Grammatopteris Rigolloti* est $2/9$. Il est dextre car le sens de rotation autour de la tige est suivant la marche des aiguilles d'une montre.

On peut vérifier que le cycle phyllotaxique est bien représenté par la fraction ci-dessus en prenant comme origine l'une des traces 26, 27 ou 29, voisines du cylindre central. Cette vérification n'est cependant pas confirmée quand on prend la trace 28 comme point de départ. Cette anomalie provient, sans doute, du déplacement des traces provoqué par l'affaissement des tissus. On remarque, en effet, autour de cette sortie, une large plage de silice concrétionnée.

DÉTERMINATION DU CYCLE PHYLLOTAXIQUE PAR LA MÉTHODE DE GUIMARAES ASCENSAO

Afin de vérifier le résultat obtenu précédemment, je vais employer les formules indiquées par Guimaraes Ascensao dans son étude sur les divergences phyllotaxiques.

Cet auteur démontre fort bien que « en prenant une feuille pour origine (0) du cycle, la somme des numéros d'ordre des deux feuilles contiguës (vers la droite et vers la gauche) des hélices secondaires est égale au dénominateur de la divergence de l'hélice primaire » (1) ou encore que « le dénominateur de la divergence de l'hélice primaire est égale à la somme du nombre des hélices secondaires, vers la droite et vers la gauche, en lesquelles il est possible de décomposer l'hélice primaire (2). Nous voyons sur le dessin fig. 1, qu'ayant pris

(1) GUIMARAES ASCENSAO. — Divergences phyllotaxiques. *Bull. Soc. Bot. de France*. T. 52, Quatrième Série, t. 5, 1903, p. 148.

(2) GUIMARAES ASCENSAO. — *loc. cit.*, p. 148.

pour origine le faisceau 0, les numéros d'ordre des pétioles contigus des hélices secondaires sont 4 et 5, donc le dénominateur du cycle de divergence sera : $4 + 5 = 9$. D'autre part ce même dessin montre qu'il y a 5 hélices secondaires dextres (indiquées sur le dessin par un trait pointillé) et 4 hélices secondaires senestres (tracées avec des petites croix). Ce qui vérifie encore le nombre 9 attribué au dénominateur.

Les équations données par ce même auteur, et le tableau qu'il a exécuté indiquant le cycle phyllotaxique d'après le nombre d'hélices secondaires dextres et senestres, montrent que lorsque le nombre de ces hélices sont deux nombres consécutifs, le numérateur du cycle de divergence ne peut être que deux. (1).

Le cycle phyllotaxique des pétioles de *Grammatopteris Rigolloti* autour de la tige est donc bien $2/9$.

Conformément à ce résultat, la figure 1 du texte montre que l'on peut ranger les traces foliaires et les faisceaux pétiolaires de *Grammatopteris* suivant :

- 5 hélices secondaires dextres ;
- 4 hélices secondaires senestres ;
- 9 séries radiales.

J'ai réuni les traces foliaires et les faisceaux formant les hélices secondaires dextres par un trait pointillé ; celles qui composent les hélices senestres par un trait formé de petites croix. Enfin, j'ai numéroté en chiffres romains de I à IX, les séries radiales. Comme le stipe a été déformé par la fossilisation, ces séries radiales sont assez difficiles à suivre et il faut, pour reconnaître les traces appartenant à une même série, l'artifice de la numérotation ou l'intersection de deux hélices secondaires dextre et senestre.

J'ai donné arbitrairement le numéro IX au rayon passant par la trace 0 et la trace 9. Pour être en accord avec le cycle phyllotaxique, la série suivante sera distante de $2/9 \times 360^\circ$ ou 80° de la première, et, en tournant à droite sur la figure. Ainsi les séries radiales autour de la tige ne sont pas en ordre décroissant régulièrement de gauche à droite et l'on ne passe pas par toutes les séries en faisant une fois le tour de la tige. Elles alternent et il faut faire 2 fois le tour du stipe pour passer par toutes les séries radiales successives.

(1) GUIMARAES ASCENSAO. — *Loc. cit.*, page 154.

La régularité de ces séries radiales n'est pas très grande, elles sont rapprochées près du grand diamètre de la préparation, c'est-à-dire suivant le sens de l'aplatissement du fossile.

Le calcul montre que l'angle au centre que font les rayons passant par deux traces foliaires successives est de : $2/9 \times 360^\circ = 80^\circ$, et non de 48° , comme l'avait admis Renault. C'est qu'en effet la méthode qui consiste à mesurer directement l'angle en question sur la section transversale, comme l'a fait Renault, n'offre aucune certitude. Il faut la rejeter pour les raisons suivantes : difficulté de déterminer exactement le centre de la tige et le milieu de chaque trace, déplacements souvent très importants des traces foliaires avant et pendant la fossilisation, obliquité de la coupe. Si l'on n'a pas pris la précaution de tracer les hélices secondaires, on s'expose à prendre deux traces appartenant à une hélice secondaire pour deux traces appartenant à une hélice primaire.

Ces multiples causes d'erreur expliquent pourquoi l'angle de divergence (48°) et le cycle foliaire $2/15$ déterminés par Renault sont inexacts.

STIPE DE GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI

Pl. II

Le stipe de *Grammatopteris Rigolloti* devait être dressé. La partie de ce stipe qui nous a été conservée n'a pas un contour circulaire mais ovoïde. La section transversale mesure 8 cm. environ suivant son plus grand diamètre et 4 cm. $\frac{1}{2}$ suivant le plus petit.

Nous avons constaté que le stipe comprend 3 régions, savoir :

1°) le *cylindre central libéro-ligneux*, d'un diamètre relativement faible puisqu'il ne mesure guère que 5 mm.

2°) l'*écorce* très épaisse, comprend les trois assises que j'ai définies et qui mesure 3 cm. à 3 cm. $\frac{1}{2}$ d'épaisseur suivant le plus grand diamètre.

3°) le *manchon de pétioles* qui occupe le reste du stipe. On ne peut pas évaluer son épaisseur primitive car l'échantillon est usé sur son pourtour.

Cylindre central. — Il a, en section transversale, un contour grossièrement sinusoïdal, chaque convexité correspondant à la préparation d'une trace foliaire

dans le bois primaire ou à la sortie toute proche d'une de ces traces située alors dans le bois secondaire. Les concavités du cylindre central correspondent, elles, aux traces de l'hélice précédente en face desquelles elles se trouvent (voir fig. 1, Pl. II et fig. 2 du texte). Je n'ai pas remarqué d'interruptions (hiati) telles qu'en signale Sahni sur le pourtour de la stèle de *Grammatopteris Baldaufi* (1).

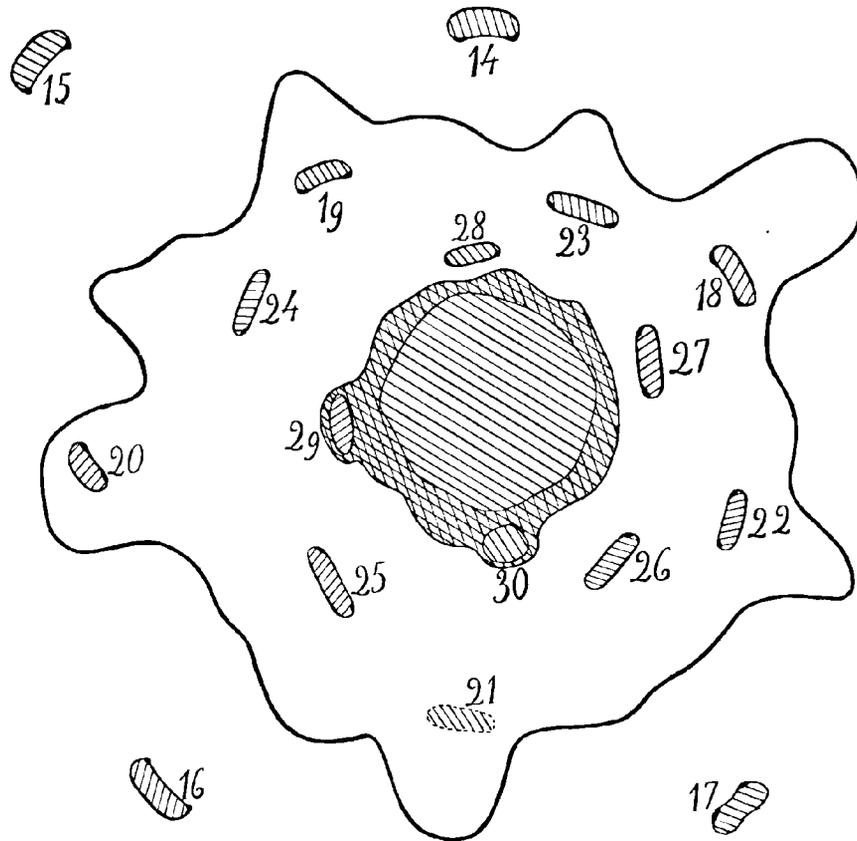


Fig. 2. — *Grammatopteris Rigolloti* B. R..

Dessin schématique de la région centrale du stipe. Gr. = 6,5 environ.

La région hachurée, au centre, représente le bois primaire. La couronne quadrillée qui entoure cette région figure le bois secondaire. Les traces foliaires (30 à 17) sont elles-mêmes hachurées.

(1) B. SAHNI — On a palaeozoic tree-fern *Grammatopteris Baldaufi* (Beck) Hiermer, à link between the Zygopterideae and Osmundaceae. *Ann. of Bot.* Vol. XLVI, N° CLXXXIV, Octobre 1932, page 867.

L'ondulation de la stèle est en relation avec le mode et le cycle d'émission des traces foliaires et je serais tenté de croire que les incisions du bois remarquées par Sahni ont également cette origine. Elles n'auraient donc par conséquent, rien de commun avec les « hiati » trouvés chez *Chasmatopteris* et décrits par Zalessky (1).

Bois. — Le cylindre ligneux comprend au centre le bois primaire B_1 formé par une masse pleine et ayant sur son pourtour le bois secondaire B_2 . Cette formation ligneuse est complètement entourée d'une couronne continue de liber l (voir Pl. II, la masse sombre au centre de la figure représente le bois, le liber se confond à première vue avec l'écorce interne).

Le bois primaire n'est pas vraiment homogène, on y remarque en effet des éléments de différente taille intimement mêlés, mais ces diverses trachéides, grosses et petites, ont toutes les mêmes ornements sur leurs parois qui sont couvertes de punctuations aréolées multisériées. On ne voit pas trace de tissu médullaire au centre du bois primaire.

Autour du bois primaire qui forme sensiblement un cylindre, on trouve un anneau, d'épaisseur variable, de bois secondaire. C'est cet anneau qui a un contour extérieur ondulé. Le bois secondaire est séparé du bois primaire, sur la préparation et par suite sur la photographie reproduite Pl. II, par une zone plus fortement imprégnée de silice qui isole ces deux sortes de bois sur presque tout le pourtour du cylindre central. Le bois secondaire est formé d'éléments d'un diamètre beaucoup plus petit que ceux du bois primaire, tous de même taille et disposés régulièrement suivant des rayons. Ses ornements sont encore des punctuations multisériées. L'ondulation du bois secondaire provient de ce qu'il est repoussé par des traces foliaires qui le traversent. On distingue très nettement ces sorties car elles sont formées de gros éléments tandis que le bois B_2 est composé d'éléments très petits.

Liber. — Le liber forme une couche continue autour du bois secondaire. Cette couche peu épaisse, formée de quelques assises de cellules est représentée sur la photographie, Pl. II, par une zone claire contournant exactement le bois. Elle est naturellement plus claire que le bois et plus uniformément blanchâtre

(1) M. ZALESSKY. — Structure anatomique du stipe de *Chasmatopteris principalis* nov. gen. et nov. sp. un nouveau représentant des Osmondacées permienne. *Bull. de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.* 1931.

que l'écorce interne qui suit et qui, elle, est parsemée de points noirs. Le liber est repoussé vers l'extérieur par quelques traces foliaires (28-27) qui, par suite, sont complètement englobées dans cette formation.

On ne distingue aucun détail dans la structure du liber, c'est à peine si on remarque, à l'examen microscopique de la préparation, quelques cellules plus petites à parois minces.

Pointements trachéens du cylindre central. — On observe, de ci, de là, entre le bois primaire et le bois secondaire des groupes de 4 ou 5 trachéides de petite taille qui représentent, selon toute probabilité des pointements de protoxylème. Si cette interprétation est exacte, le bois primaire du *Grammatopteris Rigolloti* aurait une différenciation centripète.

Ecorce. — On distingue trois zones dans cette formation : l'écorce interne, l'écorce moyenne et l'écorce externe.

Ecorce interne. — L'écorce interne est représentée, Pl. II, par une zone claire, en *éci*. Elle est formée par un parenchyme à parois minces. Cette couche est assez épaisse et les cellules qui la forment sont grandes au voisinage de la couronne de liber ; elles deviennent de plus en plus petite à mesure qu'on s'en éloigne. On trouve sur son pourtour, quelques petits îlots de fibres scléreuses (voir Pl. II, en fs).

De nombreuses traces foliaires sont disposées dans cette écorce, suivant le cycle phyllotaxique que j'ai établi. Les pétioles correspondant aux traces foliaires du pourtour de l'écorce interne sont décourants sur celle-ci. Ainsi, en face de chaque trace, il se forme un sinus dans l'écorce moyenne ; il en résulte donc que l'écorce interne a un contour vaguement étoilé, chaque branche de l'étoile correspondant à une trace foliaire.

Les traces foliaires du pourtour de l'écorce interne sont souvent accompagnées d'îlots très petits de fibres sclérifiées qui les entourent.

Ecorce moyenne. — L'écorce moyenne est beaucoup plus mince que l'écorce interne. Elle est hétérogène, c'est-à-dire formée de tissu parenchymateux intimement mêlé à de très nombreux groupes de fibres scléreuses ou « nid scléreux » selon l'expression de Sahni. Ces nids scléreux se touchent presque

tous au voisinage de l'écorce interne ; puis ils sont bien séparés par du parenchyme conjonctif et par suite plus distincts. Enfin, lorsqu'on va vers l'extérieur de cette zone, il n'en reste que quelques-uns isolés au milieu d'un parenchyme abondant (voir Pl. II, *écm* représente l'écorce moyenne sclérifiée ; *ns*, des nids scléreux bien isolés). Les fibres scléreuses sont d'un diamètre beaucoup plus petit que les éléments du parenchyme. Elles ont leurs parois très épaissies et, par suite, leur lumière intérieure presque nulle ; aussi, cette zone se présente-t-elle sur les photographies (notamment Pl. III) sous forme d'une zone très sombre.

Cette zone de sclérenchyme, à parois épaisses, mêlée de parenchyme, entoure, non seulement les pétioles en train de s'individualiser, mais englobe aussi en partie les premiers pétioles formés. L'écorce moyenne se confond avec l'écorce de ces premiers pétioles. Ses limites du côté extérieur sont donc fort imprécises, puisque, d'une part il est difficile de la distinguer de l'écorce des pétioles, et que, d'autre part, les nids scléreux se raréfient de plus en plus sans marquer une transition brusque avec l'écorce externe.

L'écorce moyenne joue le rôle de gaine mécanique et la rigidité du stipe de *Grammatopteris Rigolloti* provient, pour une grande part, de la présence de cette zone de sclérenchyme.

Ecorce externe. — Il est difficile de délimiter exactement l'écorce externe du côté extérieur comme du côté intérieur. Vers l'intérieur, nous avons vu que les îlots de fibres scléreuses ne disparaissent pas brusquement. Du côté de l'extérieur des pétioles sont décurrents sur l'écorce externe de la tige, de telle façon que, suivant leur position, cette écorce entoure plus ou moins les pétioles ou bien est simplement adhérente à ceux-ci. De toute façon, l'écorce externe de la tige peut se confondre avec l'écorce des pétioles et par suite il est très difficile de tracer par un trait rigoureux les contours extérieurs de la tige proprement dite (*éce*, Pl. I).

L'écorce externe est parenchymateuse. Elle occupe tout l'espace compris entre les pétioles qui forment la majeure partie de cette couronne.

Manchon de pétioles libres — Le manchon de pétioles libres qu'un examen rapide ferait croire très important est, en réalité, très réduit sur l'échantillon en question. En effet, seuls, quelques pétioles de la périphérie de la préparation sont complètement indépendants. Les vides qui les séparent sont alors

en partie comblés par des petites racines enchevêtrées en tous sens. Il se peut que cette gaine fut primitivement plus importante, car l'échantillon est incomplet, de nombreux pétioles étant en partie détruits.

Ramentum. — Il existe, sur la préparation, un chevelu de poils, très serrés et très longs, partant de l'écorce interne. Sahni (1) signale de semblables « ramenta of hairs » chez son *Grammatopteris Baldaufi*. Mais sur son échantillon, les poils sont situés entre les pétioles et sont, en outre, beaucoup plus courts.

Comparaison du stipe de Grammatopteris Rigolloti avec celui d'autres fougères. — Le stipe de *Grammatopteris Rigolloti*, avec son revêtement de pétioles et de racines est comparable aux stipes des Osmondacées actuelles et fossiles mais sa structure rappelle deux types fossiles : le *Botrychioxylon* (2) et les *Tubicaulis* (3).

PÉTIOLÉS

Pl. III et IV

Les pétioles ont un contour sensiblement circulaire. Tant qu'ils sont adhérents au stipe, ils font, avec l'axe vertical, un angle assez petit. Aussi leur forme extérieure ne varie pas beaucoup sur une section transversale. Par contre, dès qu'ils s'éloignent du stipe, ils s'incurvent, sans doute vers l'extérieur car ils sont rencontrés de plus en plus obliquement par la coupe et leurs sections sont de plus en plus ovales en même temps que leur volume s'accroît rapidement.

(1) B. SAHNI. — *Loc. cit.*, p. 870, fig. 6 et 13, Pl. XXXV.

(2) Pour la structure du *Botrychioxylon* voir :

D.-H. SCOTT. — On the structure of some carboniferous Ferns, *Journ. R. Micr. Soc.* 1906, pp. 510-521.

D.-H. SCOTT. — On *Botrychioxylon paradoxum* nov. sp. a palaeozoic fern with secondary wood, *Trans. Linnean Soc. London*, 2^e Série, Botany Vol. VII, 1912, p. 373.

(3) C.-E. BERTRAND et P. BERTRAND. — Le *Tubicaulis Berthieri* sp. nov. *Mém. Soc. d'Hist. Nat. d'Autun* ; 1911.

Chaque pétiole offre à considérer les parties suivantes : au centre, le faisceau vasculaire *fv*, entouré de tissu fondamental parenchymateux, *tf*, lui-même enveloppé par l'écorce *écs* (voir fig. 3 du texte).

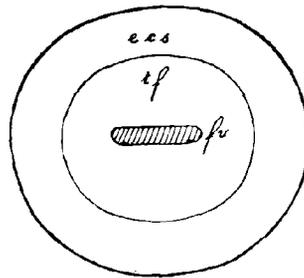


Fig. 3. — *Grammatopteris Rigolloti* B. R..

Schéma d'une section de pétiole. — *fv*, faisceau vasculaire ; *tf*, tissu fondamental ; *écs*, écorce sclérifiée.

Le tissu fondamental a disparu presque partout, on l'aperçoit pourtant, de ci, de là, notamment en *tf*, planche I. La position normale du faisceau était probablement centrale, mais, en raison de la disparition du parenchyme entourant, les faisceaux ont flotté ou se sont affaissés de sorte que la position actuelle du cordon vasculaire dans chaque pétiole est très variable et paraît dûe au hasard.

L'écorce des pétioles n'est pas uniformément sclérifiée. Elle contient des îlots de fibres de sclérenchyme. Ces îlots sont moins abondants près du parenchyme interne que sur le pourtour extérieur de l'écorce où ils se touchent presque tous. Néanmoins, la limite entre cette dernière formation et le tissu fondamental est très nette.

On remarque que les pétioles complètement libres ont une écorce plus sclérifiée que les autres encore adhérents entre eux. De même, dans la partie décurrenente des pétioles, le sclérenchyme est plus abondant dans l'écorce libre que dans les parties soudées à la tige. Souvent même, dans cette région de décurrence, le sclérenchyme manque totalement et on confond l'écorce de la tige avec l'écorce des pétioles en ces points d'attache.

On ne distingue pas d'épiderme autour de chacun d'eux. Des canaux gommeux, analogues à ceux que l'on voit dans l'écorce interne de la tige, se trouvent au voisinage de chaque trace foliaire. Ces cellules sécrétrices sont situées dans le parenchyme fondamental, et, plus ordinairement dans la moitié antérieure du pétiole.

Nulle part le liber n'a été conservé, ce tissu à parois minces a été macéré et détruit. Vraisemblablement, il entourait chaque trace foliaire d'une couronne de faible épaisseur.

Il n'y a pas, sur cette grande préparation, de pétioles secondaires : leur structure, jusqu'à ce jour, est donc complètement inconnue.

Traces foliaires adhérentes au cylindre ligneux. — Les traces foliaires se forment aux dépens du bois primaire du cylindre central. Sur cette masse ligneuse, la future trace foliaire débute par une excroissance de tissu vers l'extérieur, limitée par deux petits sinus. Sur la figure Pl. II, on voit une trace foliaire en train de s'individualiser, sensiblement en face de la trace 27. On remarque nettement le sinus situé vers le bas, le bois secondaire étant repoussé par de la silice amorphe. Le sinus situé vers le haut est rempli par du bois secondaire. La fig. 2, Pl. III, au grossissement 40, montre mieux encore cette excroissance du cylindre ligneux primaire : *ft* est la future trace, *s* et *s'* les deux sinus. On voit que le bois secondaire fait une pointe dirigée vers le centre, en *s'*. Il faut retourner la fig. 2. Pl. III, pour la comparer utilement avec le cylindre central Pl. II, car elle a subi une rotation de 180°. La fig. 1. Pl. III montre l'aspect que présente le cylindre central ligneux lorsqu'il n'émet pas de traces foliaires : le bois primaire à gros éléments B_1 est régulièrement entouré de bois secondaire B_2 (éléments plus fins) aligné suivant les rayons.

Les traces foliaires issues du bois primaire du cylindre central traversent le bois secondaire, dans lequel on peut les voir à divers niveaux, soit ayant du bois

secondaire seulement sur la face extérieure (trace 30, Pl. II, ou fig. 3, Pl. III en *fu*) soit complètement entourées par ce bois (trace 29, Pl. II ou fig. 4, Pl. III).

La première trace individualisée est la trace 30 ; elle a un contour arrondi. La suivante (29) change de forme, elle devient ovale (voir fig. 2 du texte). On ne distingue pas où sont situés les pointements de protoxylème.

Les traces suivantes sont libres c'est-à-dire situées hors du cylindre ligneux. J'ai reconnu 31 traces ou cordons vasculaires en dehors du cylindre central sur la grande préparation.

Traces foliaires situées dans l'écorce interne. — Ces traces sont numérotées de 28 à 21. Elles ont toutes la forme de barre courte et trapue et elles ne changent pour ainsi dire pas de dimensions malgré que leur éloignement du cylindre soit de plus en plus grand. Les pointements de protoxylème sont alors situés, ainsi que le montre la trace 28, aux angles antérieurs de la masse sortante, où l'on voit un groupe de petites trachéides (voir : trace 28, Pl. II ; Δd , fig. 5 Pl. III et fig. 2 du texte).

Traces situées dans la partie des pétioles décurrente sur l'écorce interne. — Lorsqu'une trace entre dans le pétiole, sa forme se modifie légèrement. Elle subit une réduction de taille (comparer la trace 20, fig. I, Pl. IV à 27, fig. 2, Pl. III) et n'a plus que les 2/3 environ de la longueur d'une trace située dans l'écorce interne. Elle s'incurve, sa convexité étant tournée vers l'extérieur (tr. 20, Pl. II ; fig. I, Pl. IV et fig. 2 du texte) Les éléments de protoxylème sont situés aux 2 extrémités de la trace du côté du cylindre central (trace 19, Δd et Δg , fig. 2, Pl. IV). On ne voit nulle part le liber autour du bois. Les lames ligneuses 20, 19, 18 et 17 sont à cet état.

Faisceaux pétiolaires situés dans l'écorce moyenne et externe. — Nous avons vu que, dès que les pétioles sont individualisés, ils augmentent rapidement de taille ; les faisceaux eux-aussi, acquièrent des dimensions de plus en plus grandes. Un coup d'œil sur la Pl. IV suffit pour s'en convaincre. Le faisceau tend de plus en plus à devenir une masse ligneuse mince et allongée tout en conservant le même aspect, tantôt rectiligne, tantôt légèrement incurvé

vers la tige. Les figures 4, 5, 6, 7, Pl. IV représentant respectivement les faisceaux 16, 11, 7 et 6, montrent cet aspect de barre simple, allongée tangentielle-ment à la tige. Les pointements de protoxylème sont là très nettement situés sur la face antérieure de la masse ligneuse (position adaxiale). On peut remarquer que les trachées s'étendent sur une plus grande surface à chaque extrémité de la lame dont elles occupent les deux quarts extrêmes de la face antérieure. Dès maintenant on assiste à la préparation des faisceaux destinés aux pétioles secondaires.

Faisceaux des pétioles libres ou faiblement attachés à la tige. — Les figures 8 et 9 (faisceaux -8 et -11), Pl. IV, représentent l'aspect de la lame ligneuse dans des pétioles complètement libres. On voit que cette lame s'est encore allongée et est considérablement plus longue que lorsqu'elle se trouvait dans des pétioles inclus dans l'écorce. Le faisceau -8 est rectiligne, long et grêle : -11 est légèrement incurvé vers l'intérieur. On distingue maintenant sur chacune des lames ligneuses, 4 groupes de protoxylème : 2 pointements fondamentaux Δ , situés du côté du plan médian et 2 pointements sortants px , placés extérieurement. La section du pétiole -11 étant assez oblique, on y distingue même les ornements des éléments qui constituent la lame ligneuse. On voit, fig. 4 et 5, Pl. IX, que les trachées (pôles Δg , Δd et px) sont formés d'éléments spiralés vs tandis que les ornements des trachéides sont des ponctuations aérolées multi-sériées *vam*.

Sorties destinées aux pétioles secondaires. — Les derniers faisceaux des pétioles étudiés précédemment montrent la préparation des sorties destinées aux pétioles secondaires. Nous avons vu qu'à un certain niveau le protoxylème tapisse les 2 quarts extrêmes du faisceau (fig. 4, 5, 6, Pl. IV) ensuite, il se forme de chaque côté de celui-ci deux pointements : un pôle fondamental et un pôle sortant (fig. 7, Pl. IV). La masse de métaxylème située derrière le pôle sortant s'accroît également et peu à peu, se détache du faisceau principal (fig. 8, 9, Pl. IV). Cette masse sortante est très petite, elle a une forme ovale, à axe de symétrie parallèle au plan de symétrie du faisceau principal et possède un seul pôle.

Nous n'avons pas observé de faisceaux situés à un niveau plus élevé, mais on peut facilement, grâce à ce que nous venons de voir, déduire l'évolution de

la masse sortante. La masse ovale, libre, va s'allonger perpendiculairement à son axe de symétrie, son pôle unique va se diviser en deux pôles fondamentaux ; dès lors le faisceau du pétiole secondaire est apte à se diviser de nouveau par le même processus.

La figure 4 du texte représente les aspects successifs de la trace foliaire de *Grammatopteris Rigolloti*.

Mode d'individualisation des pétioles. — En face des dernières traces situées dans l'écorce interne, il se forme des renflements de cette écorce qui repoussent l'écorce moyenne. Ces renflements s'accroissent pour former autant de bras dans lesquels vont entrer les traces foliaires. Le sinus ainsi formé s'agrandit de plus en plus, puis les bords intérieurs se rapprochent, se soudent et l'anneau scléreux entourant une partie de l'écorce interne se referme. Ainsi, la trace foliaire est emprisonnée dans du parenchyme interne en relation avec le parenchyme de l'écorce interne. L'écorce des pétioles est le prolongement de l'écorce moyenne sclérifiée de la tige.

RÉSUMÉ

Résumons ce que nous venons d'apprendre relativement à la sortie et à l'allure de la trace foliaire (ou faisceau vasculaire) de *Grammatopteris Rigolloti* d'après l'étude du grand échantillon.

On distingue, sur le cylindre central primaire, la place où va se former la trace foliaire. Une partie renflée du bois primaire est là limitée par deux légers sinus. Les deux premières traces individualisées sont situées dans le bois secondaire, la première a un contour circulaire, l'autre prend une forme ovale par allongement dans le sens tangentiel. On ne voit pas les pointements de protoxylème. La trace suivante est située dans l'écorce interne, elle a la forme d'une barre trapue, rectangulaire. Les pointements de protoxylème sont alors situés aux angles internes du rectangle que forme cette sortie. La plupart des traces de cette écorce conservent cette forme. En entrant dans les « bras » de l'écorce interne, la trace se contracte, diminue de taille et prend un aspect légèrement arqué. Les faisceaux vasculaires des pétioles redeviennent rectilignes et ils augmentent de volume et surtout de longueur. Par suite de l'allongement

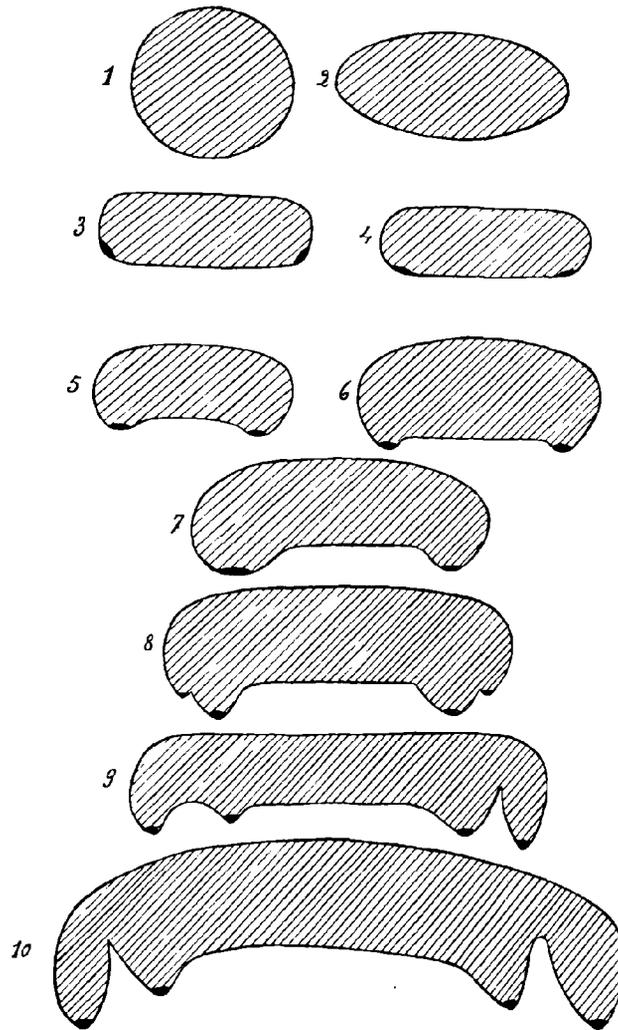


Fig. 4. — *Grammatopteris Rigolloti* B. R..

Aspects successifs de la trace foliaire.

1 = trace 30 ; 2 = trace 29 ; 3 = trace 27 ; 4 = schéma des traces 26 à 20 ;
5 = trace 20 ; 6 = trace 16 ; 7 = schéma des traces 11 à 7 ; 8 = trace 6 ;
9 = trace — 6 ; 10 = trace — 11.

des faisceaux, le protoxylème occupe dans ces derniers les deux extrémités de la face antérieure. Lorsque les pétioles se libèrent de l'écorce ils augmentent de volume, et, en même temps, le cordon vasculaire s'allonge énormément. Il prend sa forme définitive qui est celle d'une lame longue et grêle. Les groupes de protoxylème sont situés près des angles, sur la face antérieure. On distingue à chaque extrémité du faisceau, l'ébauche de sorties allant aux pétioles secondaires.

De ces faits découlent :

1°) Qu'il n'y a que deux pôles fondamentaux dans la trace foliaire de *Grammatopteris Rigolloti* ; ils sont situés sur la face antérieure de la masse ligneuse, par conséquent adaxiaux. La différenciation du bois est centrifuge et tangentielle.

2°) Que la trace foliaire individualisée ne change, pour ainsi dire, pas de forme (volume et dimensions mis à part), à mesure que les pétioles s'isolent de la tige.

3°) Que toutes les traces ont une symétrie bilatérale très nette (un seul plan de symétrie perpendiculaire à la barre ligneuse).

4°) Que par les caractères anatomiques de sa trace foliaire le *Grammatopteris Rigolloti* rentre dans le sous-ordre des Inversicaténales (1). Il représenterait une forme primitive dont la trace n'a pas évolué car elle ne possède pas de pièces réceptrices. On ne distingue, en effet, qu'un léger renflement de la trace à chacune de ses deux extrémités lorsqu'une sortie se prépare.

RACINES

On distingue, chez *Grammatopteris Rigolloti*, une seule sorte de racines qui s'insinuent entre les pétioles libres du stipe où elles sont distribuées irrégulièrement. Ces racines sont bipolaires et formées d'un petit nombre de grosses cellules de 80 à 100 μ de diamètre. Le bois a un contour fusiforme. Cette masse

(1) P. BERTRAND. — Observations sur la classification des Fougères anciennes (Palaeoptéridales) du Dévonien et du Carbonifère. *Bull. Soc. Bot. France*, T. LXXX, fasc. 7-8, pages 527-537, 1933.

Je reviendrai plus loin sur la classification du *Grammatopteris*.

ligneuse est plongée dans un parenchyme fondamental autour duquel vient l'ectoderme formé d'une couche de cellules régulièrement disposées et paraissant épaissies sur la face externe. On ne distingue pas le liber.

On ne voit pas de racines en relation avec les traces foliaires.

HISTOLOGIE

Fig. 3-4-5, Pl. IX.

Bois. — Le cylindre central comprend le bois primaire et les éléments ligneux secondaires. Au cours de la fossilisation, chaque vaisseau a subi un retrait et c'est pourquoi on observe, entre chaque élément, une zone blanchâtre qui sépare presque complètement un vaisseau de ses voisins.

Le bois primaire est formé de vaisseaux de dimensions très variables. Quelquefois ces éléments atteignent un diamètre de 175 μ , tandis que les plus petits n'ont que 30 à 40 μ . Ces deux mesures représentent les dimensions extrêmes des vaisseaux. Le diamètre moyen de ces derniers est compris entre 75 et 125 μ . Tous les éléments ligneux primaires ont la même ornementation qui consiste en des ponctuations multisériées.

On ne distingue pas sûrement d'éléments de protoxylème sur la masse ligneuse du cylindre central.

Les vaisseaux du bois secondaire ont leurs parois beaucoup plus épaisses que celles des tissus ligneux primaires. Ce sont encore des ponctuations multisériées qui ornent le bois secondaire. Les figures 1, 3, 4, 5, Pl. III et la figure 3, Pl. IX, montrent très bien ces vaisseaux avec les ponctuations caractéristiques dont les parois sont ornées.

Je ne possède pas de lames minces longitudinales de ce grand échantillon, aussi, si un examen microscopique permet de reconnaître les ornements du bois primaire grâce à des vaisseaux plus ou moins obliques, il est très difficile de représenter ces éléments ponctués par une photographie. Je ne les figurerai donc pas.

Les éléments du bois secondaires sont d'un diamètre plus petit que ceux du bois primaire, ils atteignent, en moyenne, un diamètre de 50 μ . Exceptionnellement, ils peuvent avoir moins et mesurer environ 10 à 15 μ .

Liber. — On ne voit nulle part des détails du liber. Ce tissu à parois minces a été complètement détruit au cours de la fossilisation.

Écorce. — L'écorce interne est, elle-aussi, en fort mauvais état. C'est un parenchyme à parois minces. Les éléments de ce tissu ont des dimensions qui varient entre 125 à 175 μ .

Gaine mécanique. — Elle est représentée par l'écorce moyenne sclérifiée. Cette zone assez épaisse n'est pas homogène. Elle est formée par des îlots de tissu scléreux réunis par un parenchyme conjonctif. Ces îlots ou « nids scléreux » se touchent presque tous au contact de l'écorce interne ; c'est en ce point qu'ils atteignent leur maximum de fréquence. On les voit se raréfier de plus en plus lorsqu'on va de l'intérieur vers l'extérieur.

Les lumières des tissus scléreux sont fort réduites, elles ont un diamètre moyen de 10 à 15 μ ; quelquefois, mais exceptionnellement, elles atteignent 50 μ . Par contre les parois de ces cellules sont très épaissies. Les tissus scléreux dont les parois sont les plus épaissies sont situés au contact avec l'écorce interne de la tige. Les îlots, placés de plus en plus vers l'extérieur, ont leurs parois graduellement de plus en plus minces.

Dans les pétioles, c'est l'écorce sclérifiée qui joue le rôle de gaine mécanique. Les tissus scléreux de cette écorce ont les mêmes caractères que ceux de la tige.

Les traces foliaires sont d'abord libres dans l'écorce interne ou parenchyme. Elles sont ensuite emprisonnées dans les pétioles. L'écorce de ces derniers est en relation directe avec l'écorce moyenne de la tige, comme le parenchyme de l'écorce interne n'est que le point de départ du parenchyme fondamental d'un pétiole. C'est pourquoi tous les caractères des tissus de la tige se retrouvent sur le pétiole.

Traces. — Les éléments ligneux du métaxylème d'une trace ont un diamètre variant entre 25 et 150 μ . Les plus petites trachéides atteignent des dimensions variant entre 10 et 25 μ . Ces petits éléments représentent certainement le protoxylème car un examen microscopique de certaines traces coupées obliquement permet de reconnaître des trachéides spiralées dans ces pointements (voir Pl. IX, fig. 4,5). Les autres éléments du bois ont pour ornementation des ponctuations multisériées comme les tissus ligneux du cylindre central.

On ne distingue, au microscope, aucun détail dans la zone représentant le liber et entourant le bois de chaque faisceau.

Les tissus extérieurs (épiderme) des pétioles libres autour de la tige ne sont pas conservés.

Tubes sécréteurs. — Les traces foliaires du pourtour de l'écorce interne sont accompagnées, très souvent, de cellules sécrétrices (canaux sécréteurs *cs*, Pl. II). On trouve également de tels canaux dans l'écorce externe où ils sont disposés sans aucun ordre apparent. Enfin, à partir d'un certain niveau, chaque trace est ordinairement entourée de ces canaux. Les figures 2 et 4, Pl. IV, représentant respectivement les faisceau 19 et 16, montrent, autour de la masse ligneuse, de grosses cellules *ts* qui sont les coupes des tubes sécréteurs. On voit, notamment fig. 4, que ces tubes situés dans le parenchyme fondamental, sont plus abondants dans la moitié antérieure du pétiole. Sur notre section type de *Grammatopteris Rigolloti*, ils accompagnent la trace foliaire à partir du N° 22.

En section transversale, le tube sécréteur apparaît comme une grosse cellule (75 à 200 μ de diamètre) arrondie, entourée d'une ou de plusieurs rangées de cellules plus petites (50 à 75 μ de diamètre), toutes de même taille, très régulièrement et concentriquement arrangées. Les figures 10 et 11, Pl. IV, montrent des sections de ces tubes situés dans l'écorce interne et dans le parenchyme fondamental d'un pétiole près d'une trace foliaire. On remarque que les tubes sécréteurs de l'écorce externe sont de plus gros diamètre que les autres.

Racines. — On remarque, chez certaines racines, comblant les vides situés entre les pétioles, un ectoderme à parois épaissies du côté de l'extérieur tandis que chez d'autres, rien ne délimite le parenchyme fondamental.

L'examen du chevelu de poils ne m'a pas permis de conclure si ces poils étaient uni ou multicellulaires.

CONCLUSIONS

• L'examen de l'échantillon type de *Grammatopteris Rigolloti* m'a permis de reconnaître les caractères suivants :

Le stipe de cette plante est composé de 3 régions différentes :

1°) Le cylindre central libéro-ligneux formé du bois primaire plein, sans moëlle (éléments ponctués multisériés), d'une couronne de tissus ligneux secondaire (même ornementation que les éléments précédents) et d'un anneau de liber dont on ne distingue aucun détail ;

2°) L'écorce qui se divise en trois zones :

- a) interne, parenchymateuse, avec de nombreuses traces foliaires distribuées suivant le cycle phyllotaxique 2/9 ;
- b) moyenne, sclérifiée, à parois très épaissies ;
- c) externe, parenchymateuse, très réduite entre les pétioles qu'elle unit ;

3°) La gaine de pétioles libres en dehors de l'écorce externe mais qui sont encore coalescents grâce à un enchevêtrement de racines.

Etats successifs de la trace foliaire. — Avant de quitter le cylindre central, la trace foliaire est de forme arrondie ; elle passe ensuite par la forme d'une barre courte et trapue. Après diverses modifications de taille et de forme, elle a finalement l'aspect d'une lame longue et grêle à sa sortie réelle de la tige (= faisceau vasculaire).

Les pointements de protoxylème ne sont pas visibles sur le cylindre ligneux primaire ; sur chaque trace ils sont situés aux coins internes du massif vasculaire. Plus tard, sur les faisceaux foliaires, ils occupent les deux extrémités de la face antérieure de celui-ci par suite de l'allongement de la trace et de la préparation de sorties destinées à des pétioles secondaires.

Je n'ai pas observé de faisceaux destinés à des pétioles secondaires complètement individualisés.

III. — Étude du deuxième échantillon

Planches V à VIII et fig. 1, 2, Pl. IX

Pour l'étude de cet échantillon, je disposais de 3 préparations :

1°) Une section faite par Renault, retrouvée dans la collection Roche par Ch. Bertrand et P. Bertrand et ne montrant bien que le cylindre central.

2°) Deux sections prélevées sur le culot de taille restant qui ne mesurait que 2 centimètres d'épaisseur environ. L'une d'elles a été exécutée par Ragot, l'autre par moi-même.

L'échantillon en question a été figuré par Renault, planche XXXI, fig. 1 et 1 bis de la Flore fossile d'Autun et d'Épinac. Ces figures sont de simples dessins au crayon faits d'après la surface polie.

Préparation de B. Renault

Pl. VIII, fig. 2

La préparation faite par Renault est épaisse et de petites dimensions, aussi ne voit-on que quelques traces autour du cylindre central. Elle est figurée Pl. VIII, fig 2.

Le cylindre central est de forme générale arrondie. Au centre se trouve une zone à très grands éléments en partie détruits représentant probablement la moelle. Autour de cette formation il y a une couronne où les vaisseaux de petit calibre et les éléments d'un diamètre plus gros sont intimement mêlés. Enfin, sur le pourtour de la masse ligneuse, il paraît y avoir une région à éléments plus petits. Il n'y a pas de formation secondaire autour du cylindre ligneux primaire. Le liber n'est pas conservé, c'est à peine si, par hasard, on voit quelques cellules petites à parois minces qui lui appartiennent.

De place en place, sur le pourtour du cylindre ligneux, on remarque des cellules de très petit diamètre et qui, probablement, représentent les éléments du protoxylème du cylindre central. En certaines régions, le protoxylème est

étalé et on peut le suivre sur une grande étendue. Ailleurs, en ρx , il forme un pointement (triangle d'éléments plus petits, à pointe tournée vers l'extérieur). On remarque que, dans ce cas, le protoxylème est situé sensiblement en face d'une extrémité de la trace foliaire sortante. Ces observations permettent de dire que, lorsque le cylindre central est à l'état de repos, le protoxylème est uniformément réparti sur le pourtour du bois primaire, mais, lorsque celui-ci élabore une trace foliaire, on voit les éléments primitifs former des pointements à chaque extrémité du renflement sortant.

Les deux traces visibles sur cette préparation ont la forme de barres trapues, arrondies aux extrémités. Toutes deux montrent les groupes de protoxylème situés en Δ à chaque angle antérieur de la sortie. On remarque que le Δg de la trace située vers le bas de la figure 2, Pl. VIII, est placé en face du pointement ρx du cylindre central. Si le groupe Δg de la trace située vers le haut et à gauche de la même figure n'est pas vraiment en face du ρx correspondant du cylindre central, c'est que cette sortie a été déplacée avant ou pendant la fossilisation par la destruction des tissus avoisinants.

Nota. — On peut remarquer, en plusieurs points de cette préparation, des zones de silice sans structure formant des baies dans le cylindre central. Il ne faut pas confondre ces interruptions avec les fentes observées par Zalessky chez *Chasmatopteris* (1). Elles résultent uniquement d'accidents de fossilisation, c'est-à-dire du retrait.

Etude des 2 préparations exécutées récemment sur le culot de taille

Ces deux sections étant très voisines, il y a tout intérêt à les étudier ensemble, elles se complètent mutuellement. Il y a lieu de remarquer que celle que j'ai exécutée est sensiblement plus épaisse que celle de Ragot. Et cependant, certains détails apparaissent mieux sur celle-là que sur celle-ci. Il est possible que certains tissus soient, en effet, mieux conservés sur la première coupe. D'autre part, il n'est pas douteux, que certains détails apparaissent mieux sur une coupe un peu épaisse que sur une coupe trop mince.

(1) M. ZALESSKY. — *Loc. cit.* 1931.

La section que j'ai faite est retournée par rapport à la section Ragot, il est donc nécessaire d'en prendre l'image symétrique si l'on veut retrouver les différentes parties dans le même ordre que sur celle-ci. Le retrait a eu, sur l'échantillon co-type de Renault, un effet désastreux. Seul le cylindre central est conservé intact. Toutes les autres parties du stipe ont été déplacées les unes par rapport aux autres par de larges plages de silice amorphe. Aussi, doit-on étudier les deux lames minces faites dans cet échantillon, élément par élément, sans trop essayer de raccorder les différentes parties du stipe entre elles. C'est ainsi qu'il est difficile d'établir avec certitude le cycle phyllotaxique des pétioles autour de la tige.

DIFFÉRENTES RÉGIONS DU STIPE

Pl. V.

Le cylindre central *cy* que l'on remarque dans un angle de la préparation est très nettement délimité. Autour de lui se trouve l'écorce dont on voit des lambeaux de *ci*, de *là* et dans laquelle il est difficile de distinguer les trois zones (interne, moyenne et externe) qui ont été reconnues chez le spécimen type.

L'écorce interne *éci* paraît avoir un contour étoilé, mais est plus mince ici que sur l'échantillon type. L'écorce moyenne sclérifiée *écm* est, par contre, plus épaisse et forme un véritable anneau et non une bande étroite. Enfin, on distingue à peine l'écorce externe *éce*.

Sur le côté de la préparation opposé à celui où se trouve le cylindre central il y a trois pétioles dont deux seulement sont entières. L'un *Pd* est décurrent sur la tige, les deux autres *Pl*, sont libres. Enfin, on voit des traces *fv*, isolées au milieu de larges plages de silice amorphe ; elles devaient appartenir à des pétioles dont l'écorce a été complètement détruite par la fossilisation. Une section (section Ragot) faite dans cet échantillon est figurée Pl. V, au grossissement 6 environ.

Remarque. — L'échantillon a été aplati au cours de la fossilisation dans la position que montre la photographie Pl. V. On remarque en effet, que l'écorce est plus épaisse sur les faces latérales du cylindre central ainsi orienté que vers le haut et vers le bas, de celui-ci. Les pétioles sont également aplatis de haut en bas, donc, comme l'écorce, élargis dans le sens latéral.

L'aplatissement qui a eu une influence jusque dans l'écorce interne, joint aux accidents antérieurs à la silification, qui ont détruit les différentes parties peu résistantes du stipe, font qu'il est très difficile de donner une idée exacte de l'aspect de ce stipe. Je vais, néanmoins, essayer de fixer l'ordre phyllotaxique des pétioles autour de la tige.

CYCLE PHYLLOTAXIQUE

La difficulté que l'on éprouve à établir le cycle phyllotaxique de ce stipe est dûe, non seulement aux déformations causées par le retrait et par l'aplatissement signalé plus haut, mais aussi au fait que le cylindre central se trouve à proximité d'un bord de la préparation. En raison de cette situation, on ne voit, sur la section, que la moitié des traces foliaires distribuées autour du cylindre ligneux.

Numérotation des traces foliaires. — Les traces foliaires ont été numérotées d'une façon arbitraire. J'ai pris comme numéro : -1, la dernière trace sortie du cylindre central. Les autres sorties sont notées, en ordre descendant, suivant l'hélice primaire. Il a été tenu compte, pour établir celle-ci, de l'éloignement que peut subir toute trace par un apport de silice amorphe venant s'intercaler entre elle-même et le cylindre central.

Je prends donc, comme origine, la trace qui vient de sortir du cylindre central : elle portera le numéro -1. La sortie -2 a été repoussée par un apport important de silice ; elle a, en outre, été déplacée par l'aplatissement de l'échantillon. Elle devrait occuper une position -2' sur la figure 5 du texte. Il n'y a aucune difficulté à numéroter les traces -3, -4, -5. Ces deux dernières n'ont pas bougé de place, le N° -3 a subi un léger déplacement par rotation de 90° (-3'). Quant à la trace -6, la même masse de silice qui a déplacé -2, joint à l'éloignement par aplatissement, l'a repoussée de façon considérable loin du cylindre central ; elle devrait occuper la position -6', à l'angle gauche de la masse de silice qui se trouve près de là. L'échantillon étant cassé près du cylindre central, on ne peut observer la sortie -7. Par le même phénomène que précédemment, la trace -8 a été repoussée latéralement, sa vraie position devrait être sensiblement sur la même horizontale, mais plus près du cylindre central, en -8' ; -9 n'a subi qu'un léger éloignement, elle est restée sur le même rayon

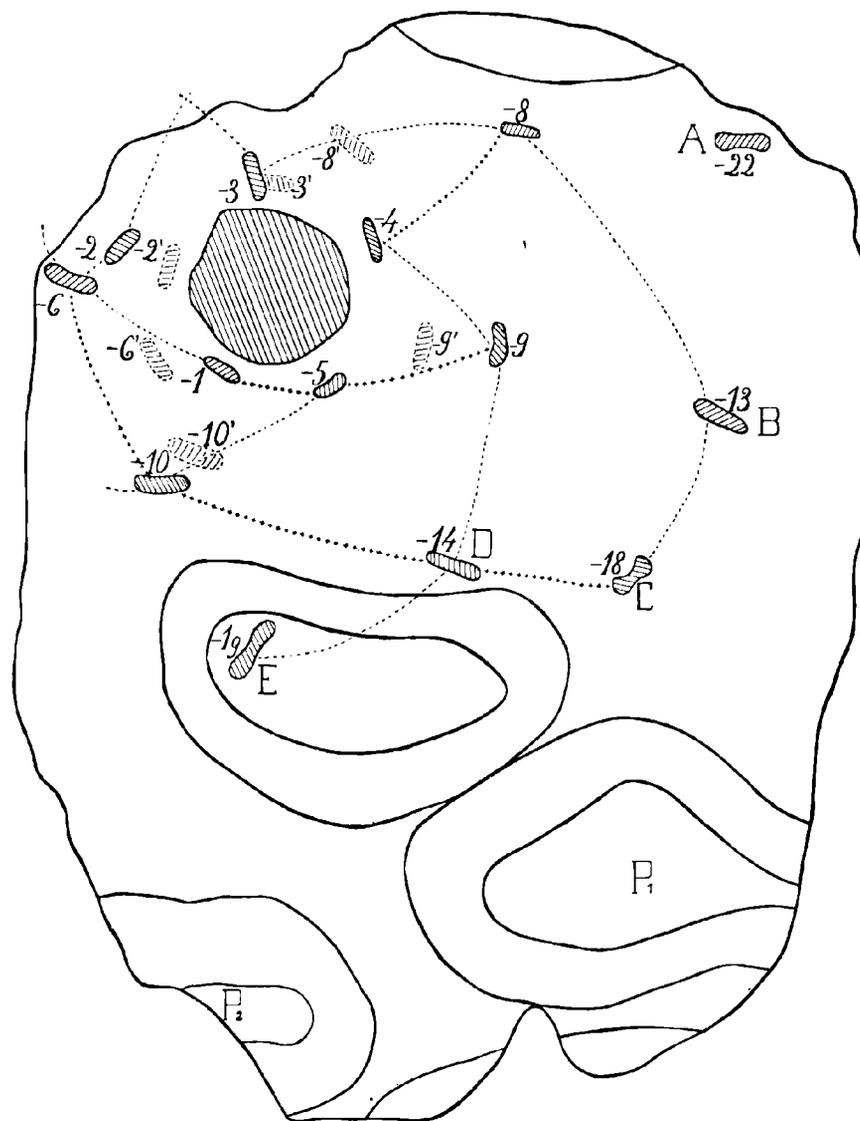


Fig. 5. — *Grammatopteris Rigolloti* B. R.

Dessin schématique, effectué d'après la section Ragot, tirée de l'échantillon cotype, montrant la distribution des traces foliaires dans le stipe. Gr. = 4 environ.

Les traits pointillés indiquent les hélices secondaires dextres ; les traits formés de petites croix les hélices secondaires senestres.

-1 à -6 et -8 à -10 traces foliaires ; A = trace -22 ; B = trace -13 ; C = trace -18 ; D = trace -14 ; E = trace -19 ; P₁ et P₂ = pétioles.

-2', -3', -6', -8', -9', -10', places que devraient occuper respectivement les traces -2, -3, -6, -8, -9, -10.

(-9'). Cette dernière sortie se trouve dans un bras de l'étoile que forme l'écorce interne, c'est-à-dire à la base d'un pétiole s'individualisant dans cette écorce. Le faisceau -10 est situé dans une boucle fermée ou pétiole déjà individualisé. Il est entouré d'écorce sclérifiée conservée, et, par suite, il n'a pas pu être déplacé beaucoup (-10').

J'appellerai pour l'instant, les 5 traces ou faisceaux vasculaires que l'on remarque encore sur la préparation *A, B, C, D, E*. Je reviendrai plus loin sur leur numérotation qui sera facilitée par l'établissement des hélices secondaires.

Détermination du cycle phyllotaxique. — Remarquons que la trace -10 est située sur le même rayon que la trace -1. Nous voyons également que, pour effectuer cette numérotation en ordre descendant, de -1 à -10, il a fallu faire 2 fois le tour de la tige ; 2 représentant le nombre de tours autour de cet organe, et 9 le nombre de traces rencontrées dans ce parcours en ne comptant qu'une trace sur le même rayon, nous voyons que le cycle phyllotaxique des pétioles autour de la tige est $2/9$. Ce cycle pour le deuxième échantillon est donc bien le même que celui établi pour l'échantillon type de *Grammatopteris Rigolloti*.

Certes, cette méthode est toute approximative, et il a fallu faire intervenir les déplacements qu'ont subi les traces foliaires pour établir l'hélice primaire. Mais, si nous remarquons que sur un tour de spire il y a 5 traces autour de la tige, et que les espaces les séparant ne sont pas tous égaux (l'espace -5, -1 est plus petit que les autres), nous arrivons à la conclusion que le cycle phyllotaxique est compris entre $1/4$ et $1/5$ (ou $2/8$ et $2/10$) et la fraction la plus simple comprise entre ces deux termes est encore $2/9$.

On pourrait également établir les hélices secondaires de cette tige (voir fig. 5 du texte) et il y aurait 5 hélices secondaires dextres (indiquées par un trait pointillé) et 4 hélices secondaires senestres (trait formé de petites croix). Les formules établies par Guimaraes Ascensao donnent encore le résultat indiqué ci-dessus.

Numérotation des faisceaux A. B. C. D. E. — Il est facile maintenant de numérotter les faisceaux qui ne l'avaient pas été tout d'abord.

Le faisceau *B* est situé sur le prolongement de l'hélice dextre -3 -8 : il porte donc le numéro -13. Ce faisceau a été déplacé de sa position primitive. La même opération montre que *D*, appartenant aux hélices -2, -6, -10 et -4, -9,

est le faisceau -14 ; C placé à l'intersection des hélices -2, -6... -14 et -3, -8, -13, sera le faisceau -18 ; E, situé sur l'hélice -4, -9, -14 aura le N° -19. Le faisceau A, situé dans le coin, en haut et à droite de la figure 5 du texte (ou Pl. V.) est sur le même rayon que -4 ; ce n'est pas -13 qui est déjà numéroté, donc, selon toute vraisemblance ce sera -22.

Il reste les deux pétioles libres que nous désignerons par les annotations P_1 et P_2 .

STIPE

Fig. 1-2-3-4, Pl. VI et Fig 1, Pl. VIII

Cylindre central. — Les éléments du cylindre central ont été dissociés. Chacun d'eux est séparé de ses voisins par une zone blanchâtre remplie de silice et provenant du retrait des éléments de ce cylindre.

Il a un contour grossièrement arrondi. Si on l'examine de près, on remarque qu'il a la forme d'un polygone de 8 à 10 côtés, un côté sur deux correspondant à la sortie d'une trace foliaire. Je figure ce cylindre au grossissement 15, Pl. VI, fig. 1. (lame mince Ragot) et Pl. VIII, fig. 1 (autre lame mince). Le centre de la masse ligneuse de la tige est moins compact que sur l'échantillon étudié précédemment, il y aurait donc formation d'une moëlle M . Il n'y a pas de tissu secondaire, tout le reste du cylindre central représente par conséquent le bois primaire. Ce dernier n'est pas homogène mais il est formé de gros éléments mêlés à des vaisseaux plus petits et disséminés sans aucun ordre. Sur le pourtour du bois les gros éléments manquent ou sont beaucoup moins abondants. Les vaisseaux formant cet anneau de cellules plus petites ont leurs parois plus épaissies que ceux du voisinage du centre du cylindre ligneux. Ils forment une zone plus sombre sur les photographies Pl. VI et VIII, fig. 1. Enfin les éléments de petite taille sont disséminés sur la périphérie du cylindre central. Ils représentent le protoxylème. En effet, en de nombreux points, on peut apercevoir l'épaississement spiralé qui montre que ces éléments sont bien des trachées.

En outre, de distance en distance, le cylindre ligneux présente des pointements de protoxylème qui font saillie à sa surface, par exemple un ρx et $\rho x'$

(Pl. VI, fig. 1, 2) on peut voir deux de ces pointements situés exactement en face des deux extrémités d'une trace foliaire sortante (trace -3). Plus loin px'' représenterait le pointement gauche d'une autre sortie (Pl. VI, fig. 1).

En définitive, la surface du cylindre ligneux serait normalement tapissée de trachées, mais cette surface trachéenne serait interrompue, c'est-à-dire, présenterait des mailles occupées par le métaxylème des traces sortantes. Les deux cordons trachéens, occupant les deux extrémités d'une trace foliaire en préparation, forment tout d'abord deux pointements faisant saillie à l'extérieur du cylindre central, puis, lorsque la trace s'est détachée du cylindre ligneux, ils se placent aux deux angles et sur le bord interne de la masse sortante.

Il subsiste sur le cylindre central deux pointements trachéens, qui, après le départ de la trace reformeront le manteau trachéen à la surface du cylindre ligneux.

La figure 2, Pl. VI montre les faits que nous venons de signaler relativement à l'émission de la sortie -3.

Il n'y a pas trace de bois secondaire sur le deuxième échantillon de *Grammatopteris Rigolloti*.

La figure 6 du texte montre le cylindre central de *Grammatopteris Rigolloti* (Échantillon cotype), la disposition des groupes de protoxylème autour de celui-ci ainsi que les premières traces avec leurs pôles fondamentaux.

Liber. — Le liber entoure complètement le bois, il est représenté sur cet échantillon par une zone blanchâtre dans laquelle on peut distinguer quelques cellules hexagonales à parois minces, par exemple, en I, fig. 1, Pl. VI.

Ecorce. — L'écorce interne a un contour étoilé. Les branches de l'étoile correspondent à la base décurrente des pétioles. Le mode de formation des pétioles est le même que chez l'échantillon type de *Grammatopteris Rigolloti*. En face d'une trace foliaire il se produit une évagination dans laquelle, peu à peu, entre la trace. Cette évagination se referme du côté du cylindre central, emprisonnant cette trace dans une partie du parenchyme interne qui devient le parenchyme fondamental du pétiole. L'écorce interne de cet échantillon est plus mince que celle de l'échantillon type (comparer la fig. 1, Pl. V. et Pl. I). Elle mesure environ 2 mm. d'épaisseur. De ci, de là, on remarque des

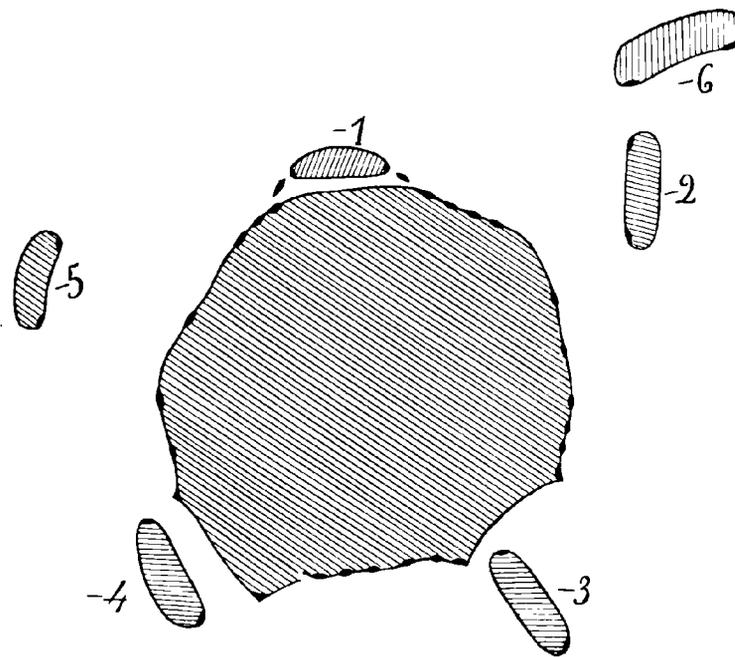


Fig. 6. — *Grammatopteris Rigolloti* B. R.

Partie centrale de la lame mince effectuée par Ragot dans l'échantillon cotype.
Gr. = 10 environ.

Le métaxylème du cylindre central et des traces foliaires est représenté hachuré ;
le protoxylème est figuré par un point noir.

lambeaux d'écorce interne assez bien conservés. Les cellules qui forment ce tissu sont hexagonales larges et assez irrégulières, leurs parois sont minces, c'est un parenchyme cortical (voir *éci*, Pl. VI, fig. 3). De tels points où l'on observe encore des structures sont des exceptions ; presque partout toute structure a disparu. L'écorce moyenne, elle, est plus épaisse que l'écorce interne ; elle mesure 5 mm. environ. Elle est sclérifiée.

PÉTIOLLES

Fig. 5-6, Pl. VI ; Pl. VII et Fig. 3-4, Pl. VIII

On ne voit que 3 pétioles libres ou faiblement adhérents autour de la tige. Ce qui frappe surtout, c'est la dimension considérable de ces pétioles par rapport au cylindre central et même à la tige. Ils acquièrent certainement une très grande taille aussitôt qu'ils sont libres, car les pétioles -10 (englobé dans l'écorce) et -19 (complètement individualisé) sont de tailles très différentes.

On ne peut rien dire du parenchyme interne de ces pétioles car il a complètement disparu. L'écorce est épaisse et sclérifiée. Elle est représentée fig. 3 et 4, Pl. VIII.

Entre les pétioles il y a des radicelles en r , fig. 1, Pl. V, par exemple.

Systeme vasculaire des pétioles

Les traces foliaires observées sur chacune des lames minces exécutées dans le petit échantillon sont au nombre de 14. Deux pétioles ne montrent pas de faisceaux ; ils sont annotés P_1 et P_2 .

Les traces foliaires sont numérotées en ordre descendant de -1 à -10 (-7 manque) ensuite nous avons les sorties -13, -14, -18, -19, -22 numérotées par la méthode indiquée plus haut.

Individualisation des traces foliaires. — L'émission d'une trace foliaire débute par la formation d'un renflement à la surface le cylindre central. C'est ce qu'on voit en O , Pl. VI, fig. 1

Traces situées dans l'écorce interne. — Il y a 6 traces (-1 à -6) situées dans l'écorce interne ; -1 est complètement entourée par du liber, elle a une forme ovale et aplatie. Les groupes trachéens sont situés à chaque extrémité de l'ove du côté antérieur (Pl. VI, fig. 4). Cette trace est schématisée en 1, fig. 7 du texte.

La trace suivante n'est pas à sa place : l'échantillon étant aplati, elle a été repoussée loin du cylindre central. Elle est légèrement incurvée vers l'intérieur, sa forme, en section, est rectangulaire, elle se présente donc comme une barre courte et trapue. La figure 5, Pl. VI montre que les éléments les plus petits sont situés aux angles antérieurs. La section de cette trace étant oblique, on constate au microscope, que ces éléments sont spiralés. Ce sont donc les deux pôles de la sortie.

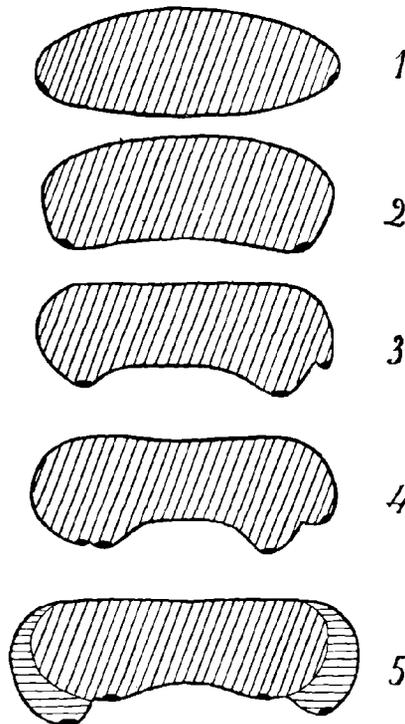


Fig. 7. — *Grammatopteris Rigolloti* B. R.

Dessin schématique montrant les aspects successifs de la trace foliaire.

1, trace foliaire à sa sortie du cylindre central (-1) ; 2, trace située dans l'écorce interne (-2 à -8) ; 3, trace -10 ; 4, trace -18 ; 5, trace -22.

Les groupements de protoxylème sont indiqués par un point noir.

Les traces -3, -4 (fig. 1, Pl. VI), -5 (fig. 1, Pl. VII) et -6 (fig. 6, Pl. VI) ont sensiblement la même forme rectangulaire, tantôt légèrement incurvée tantôt rectiligne. La trace -6 étant coupée obliquement, on voit les ornements spirales des petits vaisseaux situés aux angles antérieurs, tandis que le reste de la sortie est formé par des éléments ponctués à ponctuations multisériées (fig. 6, Pl. VI). L'aspect des traces foliaires situées dans l'écorce interne est schématisé fig. 7 du texte, en 2.

Traces situées dans la partie décurrente des pétioles. — Les traces -8 (fig. 2, Pl. VII), -9 (fig. 3, Pl. VII) et -10 (fig. 4, Pl. VII) sont situées dans les parties décurrentes des pétioles. Leur forme est toujours la même. On distingue dans la moitié droite de la trace -10, deux pointements de protoxylème : le pôle fondamental Δd et le pôle sortant px (fig. 7 du texte, en 3).

Faisceaux des pétioles situés dans l'écorce externe ou adhérents à l'écorce externe. — Cinq pétioles sont dans cette situation : ce sont $B = -13$ (fig. 5, Pl. VII) ; $D = -14$; $C = -18$ (fig. 6, Pl. VII) ; $E = -19$; $A = -22$ (fig. 7, Pl. VII).

L'écorce des pétioles a très souvent disparu et l'on distingue plus ou moins bien les traces foliaires. Chaque faisceau a, en coupe, une forme rectangulaire assez trapue. On remarque sur chacun d'eux, vers les extrémités de la face antérieure du rectangle deux pointements de protoxylème : le pôle fondamental Δ et le pôle sortant px (fig. 7, Pl. VII et fig. 7 du texte en 4).

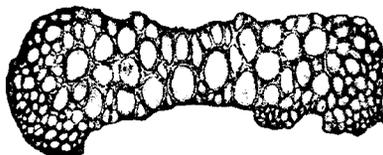
Préparation des sorties destinées aux pétioles secondaires. — Dès le faisceau numéroté -10, on voit les sorties destinées aux pétioles secondaires qui commencent à s'individualiser. Le pôle fondamental se divise en deux, donnant ainsi un pôle fondamental restant et un pôle sortant (px , fig. 4, Pl. VII). Peu après, on voit le métaxylème situé derrière le pôle sortant se développer. Il est constitué par des petits éléments (fig. 5, Pl. VII). Ce métaxylème et le pôle sortant vont former le faisceau destiné au pétiole secondaire.

Le faisceau -22, mieux conservé que les autres, permet de voir la préparation de telles sorties. Il est rectiligne, rectangulaire (barre courte et trapue.) Il montre une bande médiane formée de gros éléments et, sur chaque face latérale du rectangle une sortie encore attachée au faisceau principal (fig. 7, Pl.

VII). Le massif de petits éléments qui occupe chaque extrémité de la barre est le métaxylème destiné au pétiole secondaire. Le pointement trachéen de chacune de ces masses est situé axialement du côté antérieur.

On ne remarque pas de faisceaux à un niveau plus avancé. Mais on voit se dessiner un sinus entre Δ et px : c'est là que se fera la séparation de la masse sortante destinée au pétiole secondaire. La nouvelle trace aura donc, au moment de son individualisation, une forme arrondie avec un pôle unique situé sur sa face antérieure. Malheureusement la préparation ne renferme pas de pétioles secondaires libres.

Le faisceau -22 est schématisé en 5, fig. 7 du texte. Il est en outre représenté, fig 8 du texte, par une photographie silhouettée et retouchée.



F. 8. — *Grammatopteris Rigolloti* B. R.

Trace foliaire -22 ; photographie silhouettée et retouchée. Gr. = 30 environ.

HISTOLOGIE

Fig. 3-4-5, Pl. VIII et 1-2, Pl. IX

Cylindre central. — La conservation du cylindre central du deuxième échantillon est moins bonne que celle de la masse ligneuse de l'échantillon type. Là, les éléments du bois sont disjoints, chaque trachéide étant séparée de ses voisines par une zone blanchâtre amorphe quelquefois très large. Au centre du cylindre ligneux les gros éléments atteignant quelquefois un diamètre de 175μ (moyenne 150) sont très abondants, leurs parois sont minces, ce sont des trachéides parenchymateuses. On trouve, mêlé à ce tissu, un petit nombre d'éléments vasculaires à parois épaisses et de taille beaucoup moindre que les

précédents (30 à 50 μ) Lorsqu'à partir du centre du cylindre ligneux, on va vers l'extérieur de celui-ci, on voit les gros éléments diminuer de fréquence, et, vers le pourtour de la masse ligneuse primaire, il n'y a presque plus que des trachéides d'un diamètre moyen de 50 à 75 μ (voir fig. 1, 2, Pl. VIII).

Ainsi, histologiquement, on pourrait diviser le cylindre ligneux en 2 parties: 1°) une zone intérieure où les gros éléments sont très abondants et parmi lesquels on trouve néanmoins des trachéides ordinaires; 2°) une zone externe où les éléments plus fins dominent.

Le cylindre ligneux de *Grammatopteris Rigolloti* n'est donc pas vraiment homogène.

Métaxylème du cylindre central. — Je ne possède pas de lames minces longitudinales de cet échantillon; les ornements des trachéides sont cependant visibles sur les vaisseaux coupés plus ou moins obliquement par la lame mince. Autant qu'on puisse en juger, tous les éléments du métaxylème du cylindre central ont des ornements constitués par des ponctuations multisériées.

Protoxylème du cylindre central. — Le protoxylème, plus fragile que le reste du cylindre central, a peut-être été détruit en partie au cours de la fossilisation. On voit, néanmoins, par places, de nombreux restes de ce tissu. La figure 1, Pl. IX, représente une partie périphérique du cylindre central de la lame mince Ragot. On voit là un élément de protoxylème *vs*, montrant les éléments spiralés caractéristiques des trachées. La fig. 2, même Planche, montre également un tube spiralé situé à l'extrémité d'un pointement formé d'éléments beaucoup plus gros.

Liber. — Le liber est visible par places au microscope. Il est composé de cellules hexagonales, à parois minces, d'un diamètre moyen de 100 μ .

Ecorce interne. — Il n'y a rien de spécial à dire sur l'écorce interne parenchymateuse, ses caractères sont ceux indiqués pour l'échantillon type.

Ecorce moyenne. — L'écorce moyenne sclérifiée, ou gaine mécanique, n'est pas bien conservée sur le petit échantillon; pourtant, en un point, sa conservation exceptionnelle montre des détails que je n'ai pas encore observés sur l'autre échantillon.

Cette petite portion de l'écorce est diversement colorée, aussi paraît-elle très claire en certains points, tandis qu'en d'autres, les parois sont beaucoup plus sombres. Elle a pourtant la même composition. Elle est représentée fig. 5, Pl. VIII.

Ce qui frappe d'abord dans cette figure, c'est la présence de grosses cellules arrondies représentant autant de tubes sécréteurs. Les éléments scléreux sont arrangés concentriquement autour de chacun d'eux. La couche externe mitoyenne et la couche moyenne de la paroi des fibres scléreuses sont sur une grande partie de la figure 5, très fortement colorées. On ne peut, dans ce cas, les distinguer mais on remarque à l'intérieur de chaque fibre, une zone plus claire épaissie. La lumière interne de la fibre est parfois presque nulle.

En *a*, dans une zone moins fortement colorée par l'hématite, on distingue les trois couches de la paroi des fibres scléreuses avec une netteté parfaite. La couche interne est blanchâtre, limitée par deux traits concentriques noirs, très fins. La zone externe mitoyenne est grisâtre et s'épaissit aux angles où, par places, on voit un méat. La couche moyenne, blanche également, se voit entre les deux zones extrêmes.

Au voisinage du tube sécréteur, les cellules sont hexagonales, aplaties dans le sens tangentiel ; peu à peu, elles reprennent, loin des éléments sécréteurs, leur forme normale d'hexagone régulier.

La conservation insuffisante de cette écorce moyenne ne permet pas d'affirmer qu'elle est composée d'îlots de fibres sclérifiées au milieu d'un parenchyme conjonctif comme l'écorce correspondante de l'échantillon type.

Ecorce des pétioles. — Les figures 3 et 4, Pl. VIII montrent quelques détails de l'écorce des pétioles. Elle est peu sclérifiée ; pourtant par endroits, des zones plus sombres représentant sans doute des groupes d'éléments à parois épaissies. Les zones plus pâles, (fig. 4) seraient constituées par du parenchyme conjonctif.

Faisceaux foliaires. — Les traces foliaires sont formées d'éléments gros et d'éléments fins ; les pointements de protoxylème sont situés aux angles de la face interne. La différenciation ligneuse, d'abord centrifuge, est ensuite tangentielle. Un examen de la trace -6 montre que les éléments fins sont spiralés.

Canaux sécréteurs. — On remarque, comme sur l'échantillon type, de nombreux canaux sécréteurs accompagnant chaque trace foliaire. Les cellules entourant le tube ont ordinairement disparu. Un canal sécréteur apparaît donc en coupe, comme une grosse cellule arrondie (voir fig. 3-4-7, Pl. VII).

RÉSUMÉ

L'étude des 3 lames minces provenant de l'échantillon co-type de Renault peut se résumer ainsi qu'il suit :

On peut distinguer dans le stipe de *Grammatopteris Rigolloti*, 3 régions mais moins nettement que sur l'échantillon type. Ce sont :

- a) le cylindre central ;
- b) l'écorce que l'on peut subdiviser en écorce interne parenchymateuse, écorce moyenne sclérifiée, écorce externe parenchymateuse ;
- c) le manchon de pétioles libres.

Le cycle phyllotaxique difficile à déterminer en raison de la nature de l'échantillon paraît être égal à $2/9$ comme sur le grand échantillon.

Cylindre central. — Il est grossièrement arrondi. La masse ligneuse possède au centre un rudiment de moelle assez mal différenciée. Le cylindre central n'est pas homogène et se compose de grosses et de petites trachéides mêlées. Vers le centre, les gros éléments dominent, tandis que les petits éléments abondent à la périphérie.

Les éléments de protoxylème sont disposés sur le pourtour de cylindre ligneux primaire. Il n'y a pas de bois secondaire.

Traces foliaires. — La première trace foliaire issue du cylindre ligneux est ovale. Ces traces foliaires prennent ensuite la forme de lames courtes et trapues ; elles sont sub-rectangulaires avec un groupe de protoxylème à chaque angle antérieur.

Par division de chaque pôle fondamental et multiplication du métaxylème situé derrière le pôle sortant, il se forme l'ébauche d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

IV. — Comparaison entre l'échantillon type et l'échantillon co-type

Si nous comparons les deux échantillons de *Grammatopteris* que nous possédons, nous voyons que le cylindre central et l'écorce interne ont les mêmes contours. Chez les deux spécimens, les pétioles s'individualisent de la même façon dans l'écorce moyenne ; ils sont décurrents sur l'écorce externe lorsqu'ils se libèrent de la tige. Les pétioles des 2 échantillons avaient la même forme, ils sont maintenant déformés par la fossilisation, mais ils étaient primitivement de contour arrondi. Le protoxylème du cylindre central est mieux visible sur le second échantillon. Les traces foliaires sont distribuées autour des tiges des deux spécimens suivant le cycle phyllotaxique 2/9. Elles subissent la même évolution et les sorties destinées aux pétioles secondaires se préparent de la même façon ; les pointements de protoxylème sont disposés pareillement. Enfin, les parties correspondantes des deux échantillons possèdent la même ornementation.

Tous ces caractères communs montrent qu'on est bien, dans les deux cas, en présence de la même espèce, *Grammatopteris Rigolloti*.

A côté de ces grandes lignes semblables, on relève quelques légères différences dues à ce que les échantillons ne sont pas homologues ou, autrement dit, qu'ils ne proviennent pas du même niveau du stipe.

1°) Le cylindre central de l'échantillon type est plus petit (les 3/4 environ) que celui de l'autre spécimen.

2°) Il y a une couche importante de bois secondaire chez le premier échantillon, tandis qu'il n'y en a pas chez le second.

3°) l'écorce interne du premier spécimen est deux fois plus épaisse que celle du 2° échantillon.

4°) la gaine mécanique de ce dernier est plus importante que chez le premier.

5°) la trace foliaire, sortie depuis 10 fois la fraction 2/9 du cycle phyllotaxique chez le petit échantillon, est au même état que celle qui est sortie depuis 14 intervalles chez l'échantillon type.

6°) le premier pétiole décurrent sur la tige du petit spécimen porte le numéro -19, tandis que l'axe correspondant du grand échantillon serait numéroté -26 si on avait pris la même origine.

Nous voyons, par ces deux dernières remarques, qu'il y a réduction d'épaisseur de la couronne de traces foliaires et de pétioles coalescents autour de la tige chez le petit échantillon de *Grammatopteris*.

7°) Les sorties destinées aux pétioles secondaires commencent à s'individualiser plus vite chez le co-type — où on les voit apparaître dans les traces N° -13 à -22 — que chez l'échantillon type où elles n'apparaissent que dans les pétioles sortis depuis 36 à 41 intervalles du cycle phyllotaxique 2/9.

8°) On doit noter également qu'il y a beaucoup de racines entre les pétioles libres chez le grand échantillon tandis qu'elles paraissent beaucoup plus rares chez l'autre.

Toutes ces observations permettent, je crois, de dire que le petit échantillon appartient à une région située plus haut dans le stipe que le grand échantillon. En effet, à ce niveau supérieur, il n'y a pas encore de bois secondaire ; le manchon de pétioles est forcément plus réduit que vers le bas et, du fait de cette réduction, les pétioles s'individualisent et se divisent plus tôt. De même les racines se raréfient de plus en plus à mesure qu'on s'élève le long du stipe, ce qui explique qu'on en trouve très rarement sur le petit échantillon.

V. — Comparaison des deux espèces : Gr. Baldaufi et Gr. Rigolloti.

Le Grammatopteris Baldaufi a été découvert par Bruno Winckler lors de la construction d'une rue à Hilbersdorf (faubourg de Chemnitz). Ce gisement qui a fourni la plupart, sinon la totalité, des fameux végétaux silicifiés de Chemnitz appartient à l'Autunien comme le gisement correspondant d'Autun qui a livré le *Grammatopteris Rigolloti*. L'échantillon de Winckler fut décrit

pour la première fois en 1916 par Nindel (1) sous le nom de *Tubicaulis* sp. En 1920, le Professeur Beck (2) de Freiberg décrivit le même stipe sous le nom de *Protothamnopteris Baldaufi* ; il le rapprocha des Osmondacées permienes et crût devoir créer pour cette plante le genre *Protothamnopteris*. Mais en 1927 Hirmer (3) reconnut que cette fougère appartenait en réalité au genre *Grammatopteris*, opinion qui fut adoptée par Posthumus (4) dans son catalogue.

C'est à B. Sahni (5) que nous devons la seule description détaillée et précise que nous possédions sur le *Gr. Baldaufi*.

Je n'ai pas vu les échantillons de *Grammatopteris Baldaufi*. Je me servirai, pour la comparaison avec le *Grammatopteris Rigolloti*, uniquement du travail de Sahni qui renferme toutes les indications nécessaires.

Ressemblance macroscopique. — L'aspect général d'une section de *Grammatopteris Rigolloti* est le même que celui des lames minces de *Gr. Baldaufi* décrites et figurées par Sahni (6). Chez ces deux espèces, en effet le cylindre central a la même forme, on y distingue trois sortes d'écorces, les pétioles sont décurrents sur la tige et on a, autour de celle-ci, un épais manchon de pétioles.

Cylindre central. — Sahni a montré (7) que le cylindre central de *Gr. Baldaufi* était hétérogène et formé :

1°) d'une zone centrale composée de trachéides ordinaires et trachéides parenchymateuses mélangées ;

2°) d'une région périphérique constituée par les éléments ordinaires du bois (trachéides normales).

Chez le *Grammatopteris Rigolloti* les trachéides de diverses tailles sont mêlées. Les éléments de grosse taille dominant dans la région centrale, tandis que les trachéides plus fines sont abondantes dans la zone périphérique. Il y a passage insensible d'une zone à l'autre.

(1) F. NINDEL. — Neue Chemnitzer Funde von verkieselten Hölzern und anderen Pflanzenreste 19. *Bericht. D. Naturw. Ges. Chemnitz*, pp. 68. - 74, 1916.

(2) R. BECK. — Ueber *Protothamnopteris Baldaufi* nov. sp einen neuen verkieselten farn aus dem Chemnitzer Rotliegenden. *Abh. Sächs. Akad. Wiss.* XXXVI. N° 5, 1920.

(3) M. HIRMER. — Handb. der Paläobotanik, Band I, 1927.

(4.) O. POSTHUMUS. — Catalogne of fossil fern stems and petioles, 1931.

(5) B. SAHNI. — On a palæozoic tree-fern *Grammatopteris Baldaufi* (Beck) Hirmer. A link between the Zygopterideae and Osmondaceae. *Ann. of Bot.* Vol. XLVI, n° CLXXXIV. Oct. 1932.

(6) SAHNI B. — On a palæozoic tree-fern, *Grammatopteris Baldaufi* (Beck) Hirmer. A link between the Zygopterideae and Osmondaceae *Ann. of Botany*, Vol. XLVI, Pl. XXXV.

(7) SAHNI B. — *Loc. cit.* pages 867,872.

On peut noter quelques autres différences. Il y a chez *Grammatopteris Rigolloti* une couche très nette de bois secondaire qui, d'après Sahni, (1) n'existe pas chez l'espèce allemande.

D'autre part, Sahni note, sur le pourtour de la stèle de *Grammatopteris Baldaufi*, des incisions qu'il rapproche des brèches foliaires particulières aux Osmondacées et correspondant, d'après lui, aux « hiati » décrits par Zalessky chez *Chasmatopteris* (2). On est en droit de se demander si ces incisions ne seraient pas plutôt en relation avec la préparation de traces sortantes du cylindre central. De toutes façons il n'y a pas de « hiati » chez *Gr. Rigolloti* et les seules interruptions existant sur le pourtour du cylindre ligneux limitent un renflement de ce cylindre qui s'en détachera pour former une trace foliaire.

Groupes de protoxylème. — Sahni reconnaît que dans sa description de *Grammatopteris Baldaufi* deux points sont restés douteux : la position des éléments de protoxylème dans la stèle et dans le faisceau foliaire.

Pour cet auteur, le protoxylème de la stèle est constitué par des groupes de petits éléments situés dans la partie centrale du cylindre ligneux. Il n'a, comme argument, que la taille des éléments, et, dit-il, des trachéides étroites se trouvent aussi à la périphérie de la stèle bien que là, elles ne soient pas disposées par groupes.

Chez *Gr. Rigolloti*, comme je l'ai montré (p. 48), les éléments spiralés de protoxylème se trouvent à la périphérie du cylindre ligneux. Sans doute occupe-t-il la même position chez l'échantillon allemand.

Sahni hésite de même à localiser les groupements de protoxylème sur les traces et les faisceaux foliaires. Au sujet d'une trace située près du cylindre central il constate que tout le pourtour du cylindre ligneux est occupé par des éléments étroits ; par ailleurs il admet que dans les faisceaux foliaires les éléments de protoxylème sont placés aux extrémités de la bande ligneuse comme B. Renault les figure chez *Grammatopteris Rigolloti*.

(1) B SAHNI — *Loc. cit.* p. 867.

Beck qui décrit cette plante sous le nom de *Protothamnopteris Baldaufi* en 1920 avait donné la couche externe de bois comme bois secondaire.

(2) M. ZALESSKY. — Structure anatomique du *Chasmatopteris principalis* n. g. et sp., un nouveau représentant des Osmondacées permienes, (*Bull. de l'Ac. des Sc. de l'U. R. S. S.* 1931).

Il ajoute que dans quelques cas, le protoxylème semble former une saillie sur le côté de la trace.

Il ressort de l'étude précédente que chez *Gr. Rigolloti*, les groupements de protoxylème sont situés primitivement aux extrémités de la face interne de la trace foliaire. Puis, la trace évoluant, ils occupent une partie de la surface antérieure vers chaque bout de celle-ci, enfin le groupement unique de chaque demi-trace se divise en deux pointements dont l'un (le plus externe) est destiné à un faisceau d'un pétiole secondaire sortant.

Traces foliaires. — Chez *Grammatopteris Baldaufi*, l'aspect général de la tige rappelle, par le grand nombre de traces foliaires se touchant presque dans l'écorce interne, l'aspect des tiges d'Osmondacées.

Le cycle phyllotaxique de ces axes autour du cylindre central est d'ailleurs, d'après Sahni, voisin de celui des plantes de la famille des Osmondacées, notamment du cycle de son représentant fossile *Thamnopteris* puisqu'il est 5/13.

Chez *Grammatopteris Rigolloti*, les traces sont beaucoup plus éloignées les unes des autres et l'angle de divergence $2/9 \times 360$ beaucoup plus petit. Les traces foliaires ont sensiblement même forme chez ces deux espèces. Elles sont primitivement (dans l'écorce interne, ou dans le bois secondaire) ovales, et paraissent conserver cette forme plus longtemps chez *Gr. Baldaufi*. Leur aspect définitif est celui d'un bâtonnet long et grêle.

Tissu de l'écorce. — On remarque les mêmes caractères dans les tissus de l'écorce interne et moyenne chez chacune de ces deux plantes. Le premier est parenchymateux tandis que le second est sclérifié, cette sclérisation se faisant irrégulièrement, par « îlots scléreux ». Sahni ne signale pas l'existence de tubes sécréteurs dans les trois zones de l'écorce et dans les pétioles tels que j'en ai montré l'existence chez les spécimens d'Autun.

Racines. — On observe des racines uniquement entre les pétioles libres de la gaine chez *Gr. Rigolloti*. Par contre, Sahni, chez *Gr. Baldaufi*, signale des racines allant jusqu'aux traces foliaires situées dans l'écorce interne et accompagnant ainsi les faisceaux comme on en trouve chez les Osmondacées et quelques Zygoptéridées, (*Asterochlæna*).

CHAPITRE QUATRIÈME

Position systématique du *Grammatopteris Rigolloti*

I. — Historique

Renault fait rentrer cette espèce parmi les Botryopteridées, famille unique dans laquelle il range toutes les fougères connues à l'état conservé.

Parmi les plantes de cette famille, c'est des *Zygopteris* qu'il rapproche son *Grammatopteris*, puisqu'il dit, parlant de la trace de ce dernier : « c'est le faisceau vasculaire des *Zygopteris*, débarrassé des deux branches verticales. » [2] (1)

Scott [6], en 1900, divise les Botryopteridées en deux groupes, il range *Grammatopteris* à côté des *Botryopteris*, des *Anachoropteris* et des *Tubicaulis*, dans son second groupe, le premier étant formé par les *Zygopteris* vrais.

En 1907, Kidston et Gwynne Vaughan [7] émettent l'hypothèse que *Gr. Rigolloti* peut, par sa structure, être considéré comme une Osmondacée primitive.

(1) Les nombres entre crochets renvoient à la liste bibliographique relative aux *Grammatopteris* page 10.

M. P. Bertrand [8], en 1909, pense que *Gr. Rigolloti* peut être le stipe d'un *Tubicaulis*. En 1912, le même auteur [9] suggère que le genre *Grammatopteris* est une forme primitive ou réduite d'*Anachropteris*.

Par la suite la plupart des auteurs tels Seward [10], Gothan [11], Bower [12] font rentrer le *Grammatopteris* dans la famille des Botryopteridées de l'ordre des Cœnopteridées.

Scott [13], en 1920, range lui aussi *Grammatopteris* avec *Tubicaulis* et *Botryopteris*. Il le considère comme « un genre étroitement lié aux *Botryopteris* et formant peut être le type le plus simple de la famille » (Botryopteridées). Plus loin, il suggère que les genres *Grammatopteris* et *Tubicaulis* incertae sedis pourraient être le pont qui servirait à réunir les familles des Zygopteridées et des Botryopteridées.

Hirmer [4], en 1927, sépare les genres *Grammatopteris* et *Botryopteris* qui forment la sous-famille des Botryopteridaceæ du *Tubicaulis* (sous-famille des Tubicaulidaceæ).

Sahni, [14] en 1918, reprenant l'hypothèse émise par Kidston et Gwynne-Vaughan, après avoir affirmé qu'un ancêtre commun aux Cœnopteridées et Osmondacées a dû exister, conclut que cette forme primitive pourrait être *Gr. Rigolloti* et cela malgré l'apparition récente du genre *Grammatopteris*.

En 1932, ce même auteur [5], après sa description du *Grammatopteris Baldaufi*, discute longuement des affinités de cette espèce avec les Botryopteridées, les Zygopteridées et les Osmondacées.

Sahni se prononce nettement en faveur du rapprochement des *Grammatopteris* avec les Zygopteridées et les Osmondacées. Il remarque que la structure de la trace foliaire est Zygopteridienne et que celle du cylindre central peut se rapprocher à la fois des *Zygopteris* et des Osmondacées fossiles. Et, pour lui, il y a de plus fortes présomptions à regarder le *Grammatopteris* comme un type Zygopteroïde que comme un genre Osmondacéen. Ce serait, pour cet auteur, une Zygopteridée primitive.

II. — Comparaison du *Gr. Rigolloti* avec les Zygoptéridées.

Il y a lieu de considérer : 1° les traces foliaires ;
2°) le cylindre central de la tige.

1°) Parmi les Zygoptéridées, c'est au *Dineuron* qu'il convient de comparer la trace foliaire de *Grammatopteris Rigolloti*. En effet, chez ces deux genres la lame ligneuse est dépourvue de pièces réceptrices.

La lame ligneuse de *Dineuron ellipticum* possède 2 pôles fondamentaux disposés latéralement. Nous venons de voir que chez le *Grammatopteris Rigolloti* les 2 pôles fondamentaux étaient nettement adaxiaux.

Donc, par sa trace foliaire, *Grammatopteris* diffère essentiellement des Zygoptéridées.

2°) Le cylindre ligneux de *Grammatopteris Rigolloti* peut être comparé au *Botrychioxylon* et au stipe d'*Ankyropteris corrugata* qui tous les deux possèdent du bois secondaire.

Chez *Botrychioxylon* le bois primaire est très réduit et une épaisse couronne de bois secondaire s'est développée, tandis que le bois secondaire de *Grammatopteris Rigolloti* est peu important, mais qu'au contraire le bois primaire est très net.

On voit accidentellement chez *Ankyropteris corrugata* une faible épaisseur de bois secondaire, mais ce stipe diffère essentiellement de celui du *Grammatopteris* car chez cette première espèce les groupes de protoxylème sont internes.

Par conséquent les stipes comme les traces foliaires éloignent le *Grammatopteris Rigolloti* des Zygoptéridées.

III. — Comparaison de *Grammatopteris Rigolloti* avec les Tubicaulidées

Comme les *Tubicaulis*, le *Grammatopteris Rigolloti* a son cylindre central plein et son protoxylème périphérique. Mais tandis que chez ce premier genre

le cylindre est homogène, il est formé de deux zones plus ou moins définies chez le *Grammatopteris*. C'est pourtant dans la forme de la trace foliaire que s'avèrent les différences les plus grandes. La courbure inverse des lames ligneuses de *Tubicaulis* contraste avec forme rectiligne de la trace de *Grammatopteris*. Ces deux plantes diffèrent également par la position des groupements de protoxylème sur les traces foliaires qui sont disposées latéralement chez les *Tubicaulis* tandis qu'ils sont antérieurs chez *Grammatopteris Rigolloti*.

Sahni fait remarquer que chez ces deux genres les ornements du bois sont identiques (*Tubicaulis Berthieri*) mais c'est là un caractère commun à beaucoup d'autres plantes fossiles.

IV. — Comparaison de *Gr. Rigolloti* avec les Botryoptéridées

Le *Grammatopteris Rigolloti* peut être comparé à un *Botryopteris* peu évolué, le *Botryopteris antiqua* par exemple.

Chez cette dernière espèce les traces foliaires ont une différenciation centrifuge et elles ne portent qu'un seul pôle fondamental axial.

Nous avons vu que la différenciation des mêmes organes est centrifuge et tangentielle chez *Grammatopteris* où la lame ligneuse est allongée transversalement et porte 2 pôles fondamentaux adaxiaux. Quant au cylindre central, chez celui de *Botryopteris antiqua* les éléments de protoxylème sont à l'intérieur de la masse ligneuse (bois primaire centrifuge) tandis que ces mêmes éléments sont disposés à la périphérie du cylindre ligneux de *Grammatopteris* (le bois primaire est centripète).

Ces différences éloignent donc *Grammatopteris Rigolloti* des Botryoptéridées.

V. — Comparaison de *Gr. Rigolloti* avec les *Anachoroptéridées*

La comparaison de *Grammatopteris* avec les *Anachoropteris* ne peut être qu'incomplète puisqu'on ne connaît pas le stipe de ces dernières plantes. On doit donc se borner à comparer les traces foliaires entre elles. Elles possèdent d'étroites analogies. En effet :

1°) Les lames ligneuses sont chez ces deux genres allongées transversalement ;

2°) La position et le nombre des pointements fondamentaux de protoxylème est le même chez *Grammatopteris* que chez *Anachoropteris*. De part et d'autre il y a 2 pôles fondamentaux adaxiaux.

3°) Le mode d'émission des sorties destinées aux pétioles secondaires se fait de la même façon chez *Grammatopteris Rigolloti* que chez *Anachoropteris Decaisnei* P. B. = (*A. robusta* nov. nom.)

Certes chez *Anachoropteris* il y a 2 pièces réceptrices allongées postérieurement que le *Grammatopteris* ne possède pas. Ce n'est là qu'un caractère secondaire qui s'explique, soit par réduction puis suppression de ces pièces réceptrices si l'on fait descendre *Grammatopteris* d'*Anachoropteris*, soit par acquisition de ces pièces si l'on admet qu'*Anachoropteris* descend de *Grammatopteris*.

VI. — Conclusions

Nous avons vu par les comparaisons qui précèdent que le *Grammatopteris Rigolloti* s'éloigne nettement des *Zygoptéridées* et des *Tubicaulidées*. Les relations entre *Gr. Rigolloti* et les *Botryopteris* peu évolués sont déjà plus apparentes puisqu'il est relativement facile de faire dériver *Gr. Rigolloti* du *Botryopteris antiqua* par allongement transversal du métaxylème et division du pôle fondamental unique. Ces relations permettent de faire rentrer le *Grammatopteris Rigolloti* parmi les *Botryoptéridales*.

Mais c'est avec les *Anachoropteris* que le *Grammatopteris* présente le plus d'analogies. Les affinités mutuelles de ces deux genres sont si grandes que la lame ligneuse de ce premier genre privée de ses pièces réceptrices est analogue à la trace de *Grammatopteris*.

C'est pourquoi je fais rentrer le *Grammatopteris Rigolloti* dans la famille des Anachoroptéridées (1).

Si nous résumons : Le *Grammatopteris Rigolloti* appartient à l'ordre des Renaultifilicales, au sous-ordre des Inversicaténales, à la famille des Anachoroptéridées (2).

VII. — Relations avec les Osmondacées.

Certains auteurs (Kidston, Gwynne Vaughan, Sahni) ont pensé rapprocher les *Grammatopteris* des Osmondacées.

Nous venons de voir que le *Grammatopteris Rigolloti* rentre dans la famille des Anachoroptéridées, c'est une Inversicaténales. Aussi toute comparaison de cette espèce avec les Osmondacées, revient à traiter des relations des Inversicaténales avec les Osmondacées, ce qui a déjà été fait à propos de *Tubicaulis*. Je remarquerai simplement que le caractère le plus important sur lequel se basait Sahni pour rapprocher *G. Baldaufi* des Osmondacées était les incisions du bois du cylindre ligneux. Or, ces incisions qu'il rapproche des « hiati » n'existent pas chez *G. Rigolloti*. Il n'y a, chez cette espèce que des sinus limitant les traces qui vont se détacher du cylindre central.

Si l'aspect général du stipe de *Grammatopteris* est sensiblement le même que celui des Osmondacées, il n'y a là qu'un phénomène de convergence, c'est-à-dire une somme de caractères communs à toutes les fougères arborescentes (manchon de pétioles, fourreau de racines, etc) aussi bien Osmondacées que Phyllophorales ou Botryoptéridales arborescentes.

(1) Cette position systématique n'est peut être que provisoire car on ne sait pas comment évoluera la trace foliaire de *Grammatopteris Rigolloti* dans des pétioles libres.

(2) La famille des Anachoroptéridées forme avec les Botryoptéridées, le sous-ordre des Botryoptéridales.

VIII. — Diagnose

Grammatopteris Rigolloti B. Renault.

1891. — *Grammatopteris Rigolloti* Renault. *Soc. d'Hist. Nat. d'Autun*, 4^e Bull. p. 362-363 ; Pl. X ; fig. 11-12.
1896. — *Grammatopteris Rigolloti* Renault. Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac p. 45-47.
= *Botryopteris Rigolloti* Atlas (1893) Pl. XXX, fig. 9-10
Pl. XXXI, fig. 1, 1 bis.

Fougère arborescente de petite taille, ayant un manchon de pétioles libres autour du stipe et une tunique de racines aériennes réunissant ces pétioles.

Cylindre central primaire plein ou possédant une moelle et composé de trachéides de grand diamètre et de trachéides de petite taille, à ponctuations multisériées, quelquefois entouré de bois secondaire ayant les mêmes ornements. Anneau de liber autour du bois. Protoxylème disposé à la périphérie du cylindre ligneux primaire. Ecorce avec gaine mécanique sclérifiée très forte, Pétioles à contour circulaire.

Trace foliaire distribuée suivant le cycle phyllotaxique $2/9$, primitivement arrondie ou elliptique, puis prenant la forme d'une barre courte et trapue et finalement acquérant l'aspect d'une lame droite, longue et grêle.

Groupements de protoxylème aux deux angles antérieurs de la lame, puis aux deux extrémités antérieures de celle-ci. Ebauche des traces foliaires des pétioles secondaires rondes ou ovales avec un pointement de protoxylème du côté du stipe (fig. 9 du texte).

Racines bipolaires et uniquement situées dans le manchon de pétioles libres.

Gisement. — Champ de la Justice (1) Autun (d'après l'étiquette).

Etage. — Permien inférieur.

(1) Le champ de la Justice est situé un peu au Nord du hameau des Etangs (Autun), dans la concession de Surmoulin, Etage de Millery. Partie supérieure du Permien inférieur (voir DELAFOND. Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac. Fasc. 1. Stratigraphie. *Études Gîtes Minérales de la France* 1889, page 70).

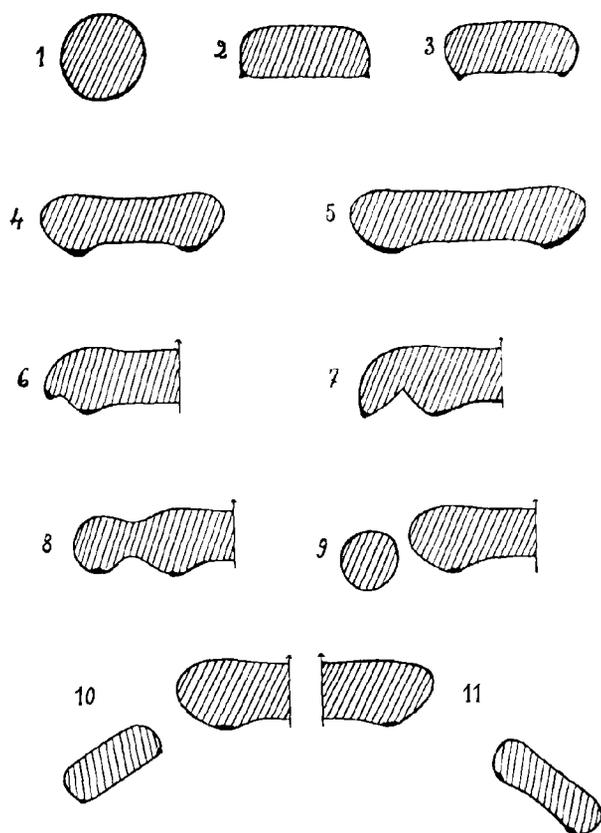


Fig. 9. — *Grammatopteris Rigolloti* B R...

Schéma montrant les aspects successifs d'une trace foliaire et l'émission d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

1 à 7, d'après les lames minces ; 8 à 11, états hypothétiques montrant l'émission d'une sortie. Si notre hypothèse est exacte, le faisceau du pétiole secondaire présenterait les mêmes aspects successifs que la trace issue du cylindre central.

Étude du *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Planches X à XVI

1. — Documents

Je fonde le *Grammatopteris Bertrandi* sur un échantillon portant le numéro 1393 de la collection Roche du Museum d'Histoire Naturelle de Paris. Cet échantillon a été trouvé par Roche dans le gisement d'Esnot (commune de Sommant près d'Autun). C'est un silex noirâtre contenant un grand nombre de pétioles à contours arrondis et assez volumineux.

Age du gisement d'Esnot. — Le gisement d'Esnot est classé par Renault dans le Culm. Il est en réalité Viséen et il est considéré comme sensiblement du même âge que ceux de Burnt-Island (Ecosse) et de Glätzisch-Falkenberg (Silésie).

Parmi les fougères on a trouvé les espèces suivantes : *Cardiopteris frondosa*, *Diplolabis Ræmeri*, *Dineuron pteroides*, *Botryopteris antiqua*, dans le gisement d'Esnot. (1)

Préparations. — Autant que l'on puisse en juger, l'échantillon mesurait 14 mm. d'épaisseur et, au maximum, 4 cm. $\frac{1}{2}$ suivant sa plus grande longueur. Sur les indications de Ch. E. Bertrand il a été scié parallèlement aux pétioles.

(1) RENAULT B. — Bassin houiller d'Autun et d'Epinaç, page 503, 504.

Sur chacun des deux fragments obtenus, on a prélevé deux préparations perpendiculaires aux pétioles. Ce sont, sur l'un d'eux, les préparations 2421, T₁, 2421, T₂ et, sur l'autre, 2421, T₃ et 2421, T₄.

J'ai retrouvé dans la collection Ch. Bertrand les deux culots de taille correspondant aux deux morceaux. J'ai utilisé le fragment N° 1 à la confection d'une 5^e préparation numérotée 2421, T₅.

Je me suis servi dans l'étude qui suit des préparations 2421, T₂, T₃, T₄, et T₅. La section 2421, T₁ ne montre aucun pétiole bien conservé.

Les figures 10 et 11 du texte sont destinées à montrer la position relative des 4 sections 2421, T₂, T₃, T₄, et T₅, les unes par rapport aux autres. On voit que T₂ et T₄ d'une part, ont été pratiquées sensiblement au même niveau, de même que T₃ et T₅ d'autre part.

On a donc la relation suivante :



Le culot de taille restant du fragment N° 2 se raccorde très facilement à la section N° 2421, T₄.

Sur nos croquis 10 et 11 du texte, nous avons numéroté arbitrairement les principaux pétioles, c'est-à-dire ceux que nous avons pu suivre d'une préparation sur l'autre. Cette numérotation a l'avantage de permettre de désigner avec précision ceux de ces pétioles, qui, en raison de leur meilleur état de conservation nous ont fourni les éléments de la présente étude.

Parmi ces pétioles nous avons reconnu divers ordres : les plus gros, P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆, P₇, P₈, P₉, P₁₀ et p₅ sont évidemment des pétioles primaires.

Les pétioles suivants p₁, p₂, p₃, p₄, p₆, p₇, p₈, p₉, p₁₀, p₁₁, d'un calibre nettement plus petit, sont des pétioles secondaires.

Enfin, nous considérerons les N° p₁₃, p₁₄, comme des pétioles tertiaires. Nous examinerons d'abord les gros pétioles.

Nous avons à considérer dans chaque pétiole le faisceau ou méristèle qui occupe le centre de l'organe, un peu plus rapproché toutefois du bord antérieur, et les tissus corticaux : épiderme, écorce, tissu fondamental.

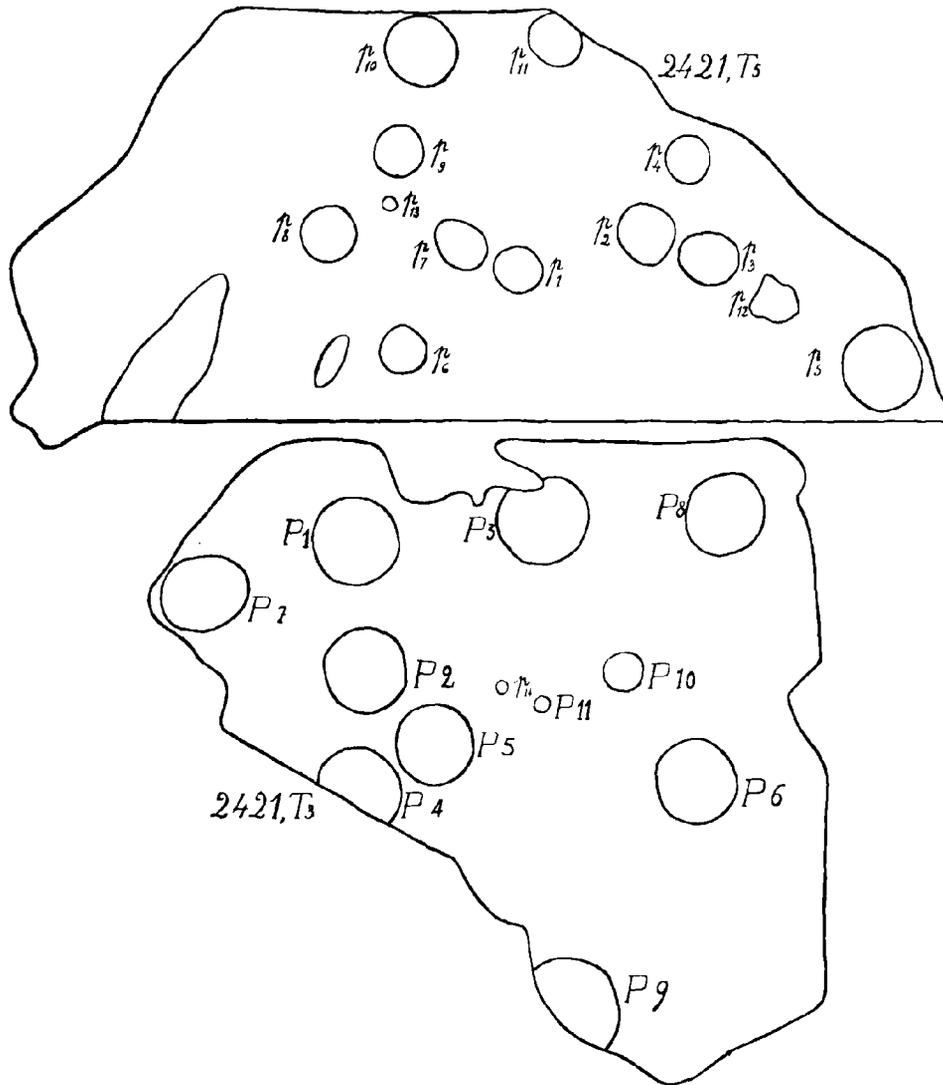


Fig. 10. — *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Dessin schématique montrant le raccord des lames minces 2421, T₃ et 2421, T₅,
Gr. = 3 environ.

P_1 à P_9 et p_5 = pétioles primaires ; p_1 à p_4 et p_6 à p_{12} = pétioles secondaires ;
 p_{13} et p_{14} = pétioles tertiaires.

II. — Description des pétioles

PÉTIOLÉS PRIMAIRES

Tissus corticaux. — Ces tissus comprennent :

- 1°) l'épiderme ;
- 2°) la zone scléreuse à petites cellules dont les parois sont très épaissies;
- 3°) une zone interne à parois moins épaissies entourant le faisceau, c'est le parenchyme.

Épiderme. — L'épiderme est formé d'une rangée de cellules très régulières hexagonales et allongées dans le sens tangentiel. Les parois de ces cellules sont épaissies, mais l'épaississement est plus important du côté extérieur où s'est déposée une épaisse couche de cutine. Cet épiderme est bien visible sur chacun des pétioles figurés Pl. X et XI, on l'observe cependant avec une particulière netteté en *ep*, fig. 1, et *1 b*, Pl. XII et XIII. Sur ces deux dernières figures, la cavité de la cellule est noirâtre tandis que la cutine forme une zone blanchâtre, ce qui souligne encore ce dépôt.

Zone scléreuse à petites cellules très épaissies. — Immédiatement sous l'épiderme, on a une couche formée de tissu sclérifié épaisse de 7 à 8 rangées de fibres à parois très épaissies. Dans maintes cellules, la cavité est devenue presque nulle. Très souvent, cette zone paraît blanchâtre sur les photographies par suite de l'épaississement des parois des fibres (*P*₁, fig. 2, *P*₆, fig. 3, Pl. X; *P'*₆, fig. 2, *p*₅, fig. 3, Pl. XI ainsi que fig. 1, Pl. XII en *ts*) Ainsi, on la distingue facilement du parenchyme fondamental dont le fond est noirâtre.

Les fibres sclérifiées ont toutes une allure hexagonale très irrégulière. Cette couronne de tissu scléreux représente la gaine mécanique du pétiole.

Parenchyme fondamental. — A l'intérieur de la gaine scléreuse on a le tissu fondamental.

Tantôt ce tissu est très nettement parenchymateux (fig. 1, Pl. XII, par exemple) tantôt il se sclérifie à la fois dans sa zone externe, au voisinage de la gaine mécanique, et, dans sa région interne à proximité du faisceau (fig. 1, Pl. XIII et XIV).

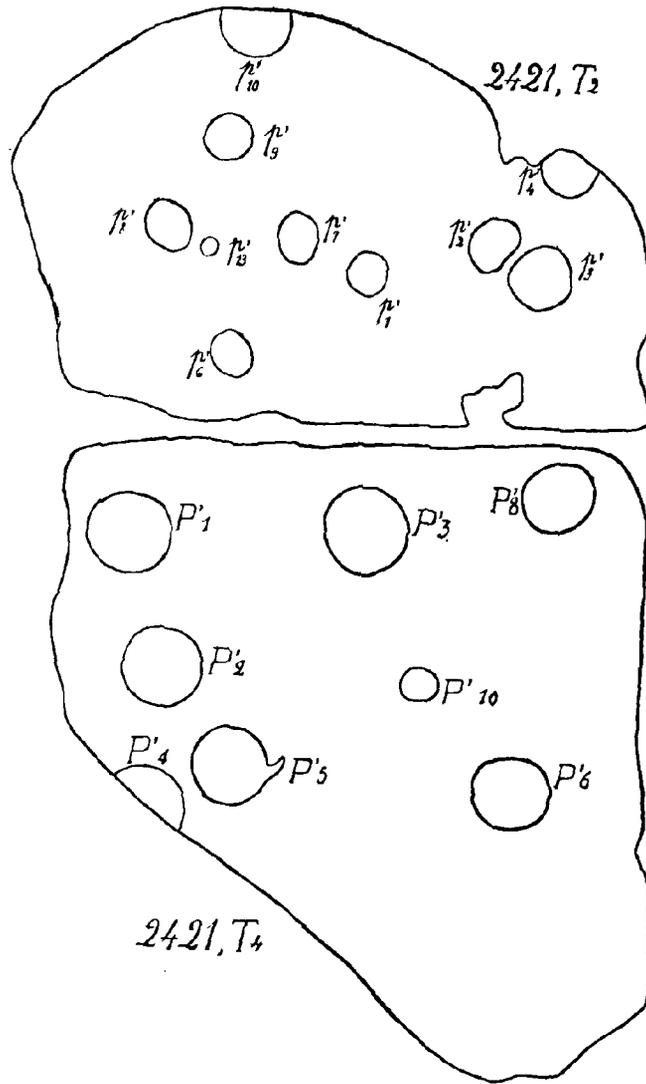


Fig. 11. — *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Dessin schématique montrant le raccord des lames minces 2421, T₂ et 2421, T₄.
Gr. = 3 environ.

Les pétioles sont désignés par les lettres P' et p', ils correspondent aux pétioles P et p ayant le même indice.

Il y aurait alors formation de 3 zones dans le tissu fondamental : 1°, une zone externe formée d'éléments hexagonaux à parois épaissies ; 2°, une zone moyenne où de gros éléments ayant sans doute un rôle sécréteur voisinent avec des cellules plus petites (parois des cellules relativement minces) ;

3°) Une zone interne composée de petits éléments sclérifiés.

Faisceau. — Le faisceau comprend : l'endoderme, le péricycle et la masse libéro-ligneuse (voir figure 12 du texte).

Il est situé dans le plan médian antéro-postérieur du pétiole et légèrement plus près du bord inférieur que du bord supérieur. Sa forme est ovale ; il est allongé transversalement.

Endoderme. — L'endoderme est souvent difficile à délimiter ; il est souligné naturellement en blanc, figure 1 et 1 a, Pl. XII.

L'endoderme est formé d'une rangée de cellules (*end.* fig. 1 a, Pl. XII) allongées dans le sens tangentiel. D'autres fois il y a passage insensible du parenchyme à cellules aplaties et à parois épaissies à l'endoderme (fig. 1 a Pl. XIII).

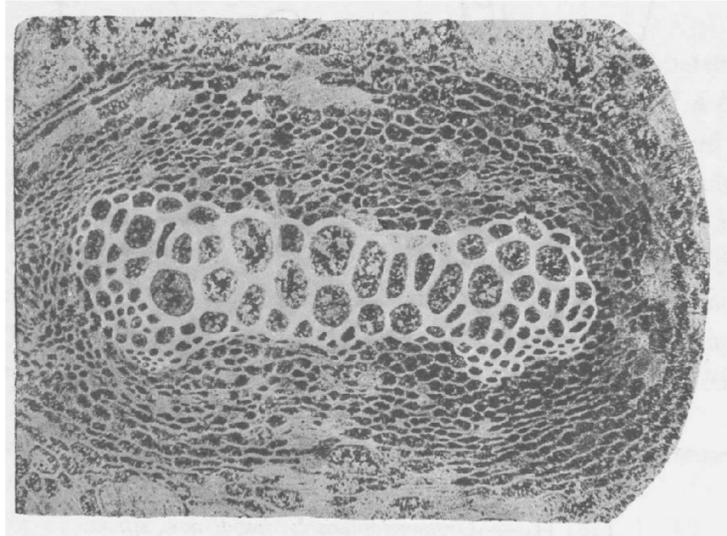


Fig. 12. — *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Photographie retouchée montrant l'ensemble du faisceau foliaire d'un pétiole primaire. Gr. = 80 environ.

Péricycle. — A l'intérieur de l'endoderme se trouve une zone épaisse de 4 à 5 rangées de cellules et qui représente le péricycle. Souvent il est en partie détruit par suite du peu d'épaississement de ces cellules. Il est alors désarticulé (fig. 1 a, Pl. XIII) à la façon des éléments ligneux au premier stade de désarticulation dans les charbons. Parfois, comme sur la figure 1 a, Pl. XV, il est bien conservé et apparaît formé de cellules hexagonales assez régulières.

Masse libéro-ligneuse. — a) *liber.* Le liber entoure complètement le bois; il est formé de cellules de petite taille et à parois assez minces, irrégulières, tantôt hexagonales (fig. 1 a, Pl. XIII), tantôt allongées tangentiellement et acuminées à chaque extrémité (fig. 1 a, Pl. XV).

On distingue assez facilement le liber du péricycle :

1°) par la forme moins régulière de ses cellules ;

2°) par la taille même des cellules, plus petites dans le liber que dans le péricycle.

Le liber est continu mais irrégulièrement épais sur le pourtour du bois. Il est plus développé sur la face postérieure du faisceau que sur la face antérieure. De même les deux extrémités de la masse ligneuse sont coiffées d'une couche plus épaisse de liber.

b) *Bois.* — Le bois est formé de grosses trachéides et de trachées ; les trachées occupent une position adaxiale. Les cellules qui composent le bois ont leurs parois très épaisses et sont de taille de plus en plus grande à mesure que l'on approche de la partie médiane du faisceau. La différenciation ligneuse est donc centrifuge et tangentielle.

Remarque. — Le pétiole de *Grammatopteris Bertrandi* constitué ainsi que je viens de le montrer possède, la disposition des pointements de protoxylème mise à part, d'étroites analogies avec un pétiole de fougère actuelle réduit à une stèle unique.

Dimensions des cellules constituant les différents tissus. — Ces dimensions sont exprimées en μ .

		Dimensions extrêmes	moyennes	
Epiderme			75 x 50	
Cellules scléreuses		20 à 40	30	
Parenchyme fondamental	} Zone ext.	75 à 80	80	
		Zone moy.	150 à 200	175
		Zone int.	80 à 100	90
Endoderme		80 à 100	90	
Péricycle		40 à 50	45	
Liber		10 à 25	20	
Trachéïdes		25 à 125	75	
Trachées.		10 à 25	20	

Organisation du système vasculaire. — Le faisceau ligneux a la forme d'une barre rectiligne épaisse et trapue (fig. 1 a, Pl. XII, XIII, XIV, XV). Lorsqu'il n'émet pas de sorties destinées aux pétioles secondaires, il possède deux groupes de protoxylème situés adaxialement, c'est-à-dire, du côté antérieur vers chaque extrémité de la masse ligneuse. Ces groupes forment un pointement, ce sont les pôles fondamentaux. Sur les divers pétioles de *Grammatopteris Bertrandii* que je figure, on voit rarement le faisceau à l'état de repos complet, mais on peut examiner tantôt une extrémité, tantôt l'autre où l'on retrouve la structure que je viens de décrire (fig. 1 a, Pl. XIII, côté gauche un seul pôle) (fig. 1 a, Pl. XIV, côté droit, un seul pôle fondamental). Le faisceau secondaire p_s (fig. 6, Pl. XVI) est cependant en cet état. La figure 13 du texte montre l'ensemble du système vasculaire du pétiole P_3 ; les éléments du bois sont représentés par un double trait.

Ramifications. — Lorsque la masse ligneuse entre en activité, les pointements de protoxylème situés à chaque extrémité du côté antérieur se divisent l'un après l'autre et ainsi on a, à chaque extrémité du côté antérieur du faisceau, deux pôles, savoir :

un pôle fondamental du côté médian.

un pôle sortant du côté extérieur (fig. 1 a, Pl. XII).

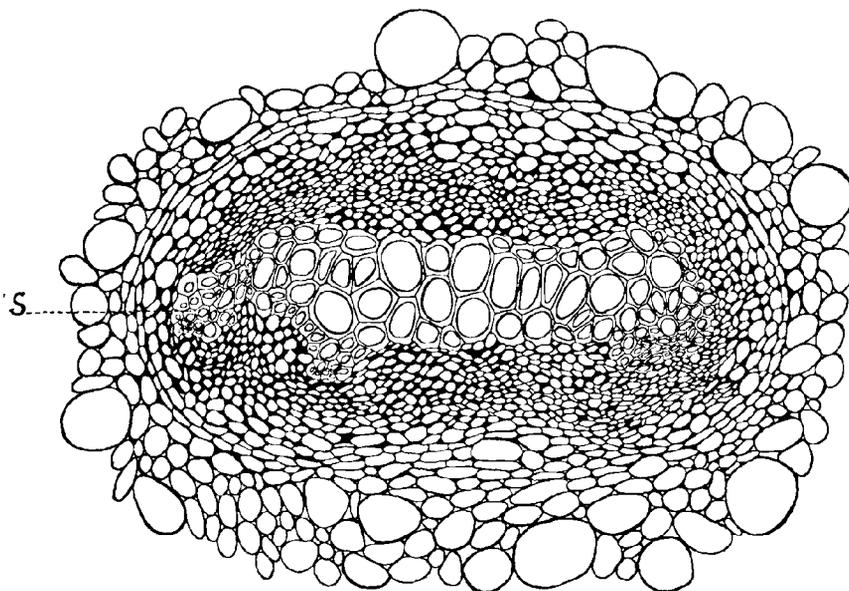


Fig. 13. — *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Méristèle du pétiole primaire P_3 . Dessin schématique. Gr. = 75 environ.

Le bois est indiqué par trait double. La couronne de cellules allongées tangentiellement représente l'endoderme. Entre le bois et l'endoderme se trouve le liber et le péricycle.

S, sortie adjacente au faisceau principal.

Le pôle fondamental est encore nettement adaxial tandis que le pôle sortant prend une position latérale extérieure (px , fig. 1 *a*, Pl. XII et XIII).

Préparation des sorties destinées aux pétioles secondaires. — Après la division d'un pôle fondamental, le métaxylème situé derrière le pôle sortant se développe, tandis qu'il se forme un sinus entre les deux pôles du demi faisceau. Ce sinus dirigé en direction antéro-postérieure grandit et séparera une partie du métaxylème avec le pôle sortant de la masse principale du faisceau (fig. 1 *a*, Pl. XV en S). Cette masse sortante a une forme ovale, allongée dans le sens antéro-postérieur, elle possède un pôle unique. Le plan de symétrie de cette sortie fait, avec le plan de symétrie du faisceau principal, un angle de 60° à 80° .

La figure 14 du texte est une photographie retouchée, montrant une sortie à gauche du faisceau principal.

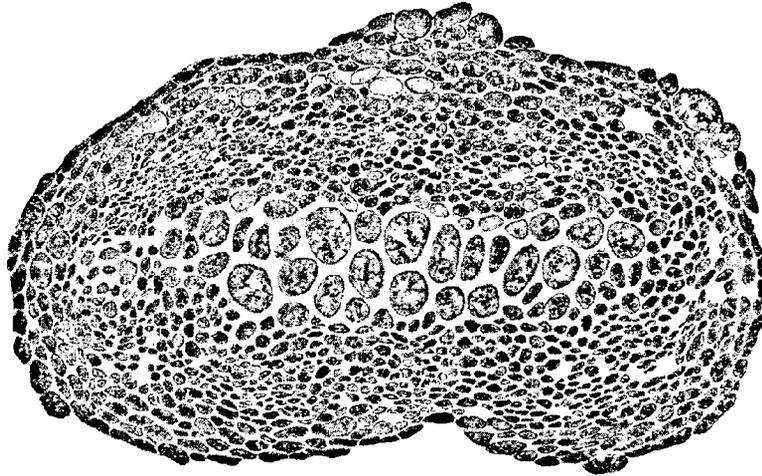


Fig. 14. — *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Photographie retouchée, du faisceau foliaire du pétiole primaire P_3 , montrant une sortie à gauche.

Emission des masses sortantes destinées aux pétioles secondaires. — Après son individualisation, la sortie S traverse le péricycle (texte fig. 15, en a et fig. 16, en a et b) et l'endoderme (texte, fig. 16, en c et fig. 15, en b) enfin le parenchyme fondamental (texte, fig. 15, en c et d) et le sclérenchyme (texte fig. 14, en a et b) sous forme d'une petite masse arrondie. Elle chemine dans ces tissus suivant un plan faisant un angle de 60° à 80° avec le faisceau principal.

Les figures 1 a , Pl. XIII et 1 a , Pl. XIV représentant les sections P_2 et P'_2 sont 2 coupes successives d'un même pétiole. On peut suivre sur ces figures la division des pointements du proxylème et l'élaboration d'une sortie. P_2 se place en dessous de P'_2 . On voit, fig. 1 a , Pl. XIII que Δg n'est pas en activité tandis que Δd vient de donner px : De chaque côté du faisceau nous ne voyons aucune sortie dans le parenchyme fondamental. Si nous examinons la coupe supérieure P'_2 (fig. 1 et 1 a , Pl. XIV), nous remarquons que la masse sortante qui s'individualisait en P_2 a déjà parcouru le péricycle et se trouve en S dans le parenchyme fondamental du côté droit du pétiole. Elle se trouve en avant par rapport à la ligne passant par le faisceau et perpendiculaire au plan de symétrie du pétiole. Cette sortie n'est donc pas vraiment parallèle à la pièce mère, mais fait, avec elle un angle dont nous avons indiqué la valeur.

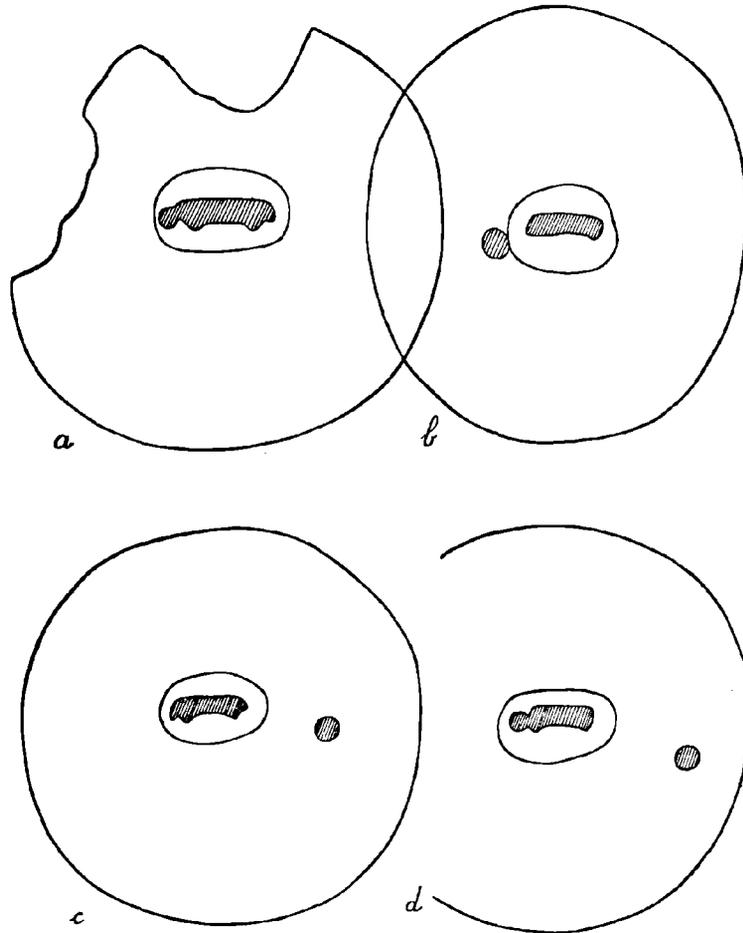


Fig. 15. — *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Schémas de sections de pétioles. Gr. = 14 environ.

a. pétiole P_3 , sortie adjacente au faisceau principal ; b, pétiole P'_6 ; c. pétiole P_2 ; d, pétiole P_6 . Ces trois pétioles montrent une sortie occupant diverses positions dans le parenchyme fondamental.

On distingue peu de chose dans cette masse sortante sinon qu'elle est constituée par un petit nombre de trachéïdes de petite taille coupées obliquement et isolées au milieu du parenchyme fondamental.

Les sorties se faisant alternativement d'un côté et de l'autre, on peut en déduire que les pétioles secondaires avaient une disposition alterne de chaque côté du pétiole primaire.

La disposition de la sortie par rapport au faisceau vasculaire du pétiole primaire est indiqué par le schéma *d*, fig. 15 du texte.

PÉTIOLÉS SECONDAIRES

Les pétioles secondaires présentent la même organisation que les pétioles primaires mais ils sont de plus petite taille (comparez fig. 17 du texte *a* et *b*). Leurs faisceaux foliaires sortants s'individualisent de la même façon et les sorties suivent le même trajet.

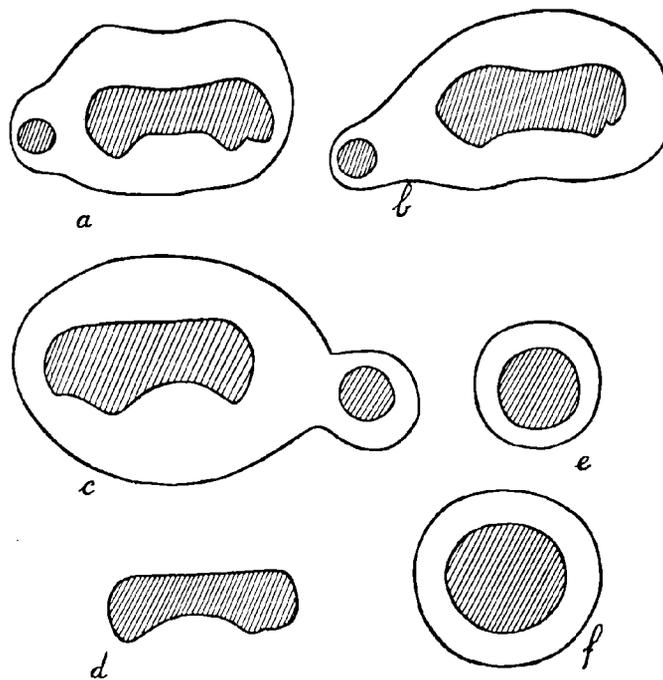


Fig. 16. — *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Schémas de section de la méristèle de divers pétioles. Gr. = 45 environ.

a, pétiole p'_4 ; *b*, pétiole p'_2 ; *c*, pétiole p'_3 ; *d*, pétiole p_9 ; *e*, pétiole p_{14} ; *f*, pétiole p_{18} .

Le pétiole P_{10} est figuré Pl. XV, fig. 2, il mesure environ 2 mm. de diamètre. Ses caractères sont ceux des pétioles primaires. On remarque, sur le côté gauche de la figure 2, Pl. XV, adaxialement par rapport au faisceau, la base des pétioles tertiaires coupés longitudinalement. Peut-être a-t-on en ce point les nervures d'une feuille dont le limbe aurait disparu. De toute façon, ce sont les ultimes ramifications de la fronde. Je les ai désignées sur la figure par les lettres n , n_1 , n_2 .

Le faisceau du pétiole p'_2 , (fig. 1, Pl. X) montre une sortie encore adjacente à la masse principale du côté gauche; p'_3 , fig. 2, Pl. XVI montre un état de ce faisceau sortant un peu plus avancé.

Le pétiole secondaire p'_4 (fig. 3, 3 a, Pl. XVI) est mieux conservé. L'endoderme est souligné par un dépôt noirâtre. On distingue très bien les pointements fondamentaux Δg et Δd dans le faisceau principal. En outre, un

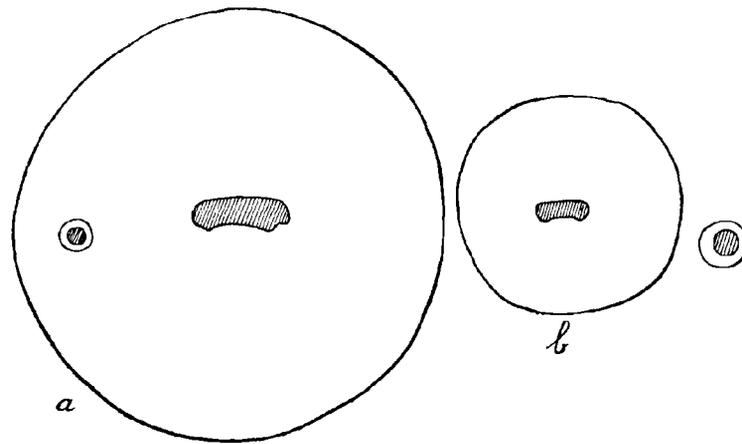


Fig. 17. — *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp.

Schémas de sections de pétioles. Gr. = 14 environ.

a, pétiole primaire P'_3 ;

b, pétiole secondaire p'_6 et pétiole tertiaire qui en est issu.

pointement sortant p_x est situé du côté droit et on distingue une sortie individualisée S , à gauche. Le pétiole p'_3 (fig. 3, Pl. XV) coupé un peu obliquement permet de voir les ornements des trachéides qui sont scalariformes.

La figure 18 du texte est une photographie retouchée de la méristèle du pétiole secondaire p'_4 .

PÉTIOLÉS TERTIAIRES

Ce sont les pétioles p_{13} et p_{14} dont le diamètre est 0 mm. 3 environ ; ils sont figurés Pl. XIV, fig. 3 et 4. Leur forme est arrondie. Le faisceau est sensiblement rond et on n'y distingue pas de pointements de protoxylème. Ce faisceau est entouré par le liber, l'endoderme et le parenchyme fondamental formant autant de couches concentriques. L'épiderme cutinisé manque (texte, fig. 16, en e et f).

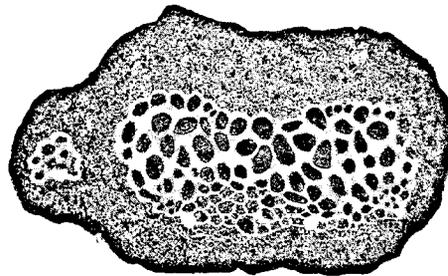


Fig. 18. — *Grammatopteris Bertrandii* nov. sp.
Photographie, retouchée, du pétiole secondaire p'_4 .

III. — Conclusions

Le *Grammatopteris Bertrandi* est représenté par des pétioles primaires à section transversale très sensiblement circulaire. Il renferme un seul faisceau de position sub-centrale, plus rapproché de la face antérieure.

La lame ligneuse nous offre une section transversale rectangulaire, faiblement arrondie à ses deux extrémités. Elle est pourvue de 2 pointements de protoxylème (pôles fondamentaux) occupant les deux coins de sa face antérieure, donc situés exactement comme chez le *Gr. Rigolloti*. L'émission des masses sortantes destinées aux pétioles secondaires est identique à ce que nous avons observé chez la première espèce.

Par les caractères de son système vasculaire le *Gr. Bertrandi* se place donc indiscutablement dans le genre *Grammatopteris*. Malgré leur contour circulaire, ces rachis offrent un plan de symétrie bilatérale très net perpendiculaire à la lame ligneuse.

L'étude détaillée du faisceau et de sa gaine nous a permis de souligner les étroites analogies histologiques qu'il présente avec les faisceaux des fougères actuelles.

Nous avons pu, par ailleurs, décrire des rachis secondaires et même tertiaires faisant partie indubitablement des ramifications de la même fronde.

IV. — Comparaison du *Grammatopteris* d'Esnot avec le *Grammatopteris Rigolloti*

La comparaison du *Grammatopteris* d'Esnot avec le *Grammatopteris Rigolloti* est nécessairement imparfaite, puisque du premier nous ne connaissons que des pétioles détachés et rien du stipe alors que du second nous ne connaissons que la partie inférieure des pétioles en relation avec le stipe.

Néanmoins, on peut faire les observations suivantes :

- 1°) les pétioles avaient une forme cylindrique chez les deux espèces ;
- 2°) les caractères du faisceau pétiolaire sont identiques de part et d'autre : même forme du faisceau rectiligne et allongé tangentiellement, même situation

des pointements de protoxylème, même mode d'émission des faisceaux destinés aux pétioles secondaires.

L'espèce d'Esnost en raison de la structure de ses pétioles paraît donc très voisine du *G. Rigolloti* et doit être classée dans le même genre, au moins provisoirement parce qu'après tout nous ne savons pas si dans leurs régions supérieures les pétioles de *G. Rigolloti* conservent la même structure.

Entre *G. Rigolloti* et *G. Bertrandi* on relève les différences suivantes :

1°) les pétioles de *G. Rigolloti* sont de taille beaucoup plus grande que ceux du *Grammatopteris* d'Esnost ; ils mesurent 1 cm. environ chez la première espèce tandis qu'ils atteignent au plus 4 mm. chez la seconde.

2°) les dimensions de la masse ligneuse de chacune de ces plantes sont en rapport avec le diamètre des pétioles, néanmoins le faisceau pétioleaire du *Grammatopteris* d'Esnost est plus trapu, moins allongé que celui du *G. Rigolloti*.

3°) enfin la gaine mécanique du pétiole est uniformément sclérifiée chez l'espèce d'Esnost tandis qu'elle est hétérogène chez *G. Rigolloti* où elle est composée d'îlots fibreux noyés dans un parenchyme conjonctif, et, cette dernière différence est certainement d'ordre spécifique.

On voit donc, par ce qui précède, que l'espèce d'Esnost est différente du *G. Rigolloti*. Je suis heureux de la dédier à mon maître, M. le Professeur Bertrand.

V. — Diagnose

Grammatopteris Bertrandi nov. sp.

Pétioles à sections transversales arrondies.

Faisceau pétioleaire allongé transversalement, trapu et épais.

Pôles fondamentaux adaxiaux (1 pôle à chaque extrémité antérieure) Sorties destinées aux pétioles secondaires, de forme arrondie lorsqu'elles se libèrent de la masse principale et s'individualisant par division du pôle fondamental et prolifération du métaxylème situé derrière.

DEUXIEME PARTIE

ÉTUDE
DU
GENRE ANACHOROPTERIS

- I. — Historique.
- II. — Caractères généraux du genre *Anachoropteris*.
- III. — Principaux groupes d'*Anachoropteris*.
- IV. — Groupe de l'*Anachoropteris robusta*.
- V. — Groupe de l'*Anachoropteris involuta*.
- VI. — Groupe de l'*Anachoropteris Williamsoni*.
- VII. — Relations probables des différentes espèces d'*Anachoropteris* entre elles.
- VIII. — Notion de retardement dans la structure des régions nodales.
- IX. — Clef dichotomique pour la détermination des espèces rentrant dans la famille des Anachoroptéridées et étudiées dans le présent travail.

CHAPITRE PREMIER

Historique

Le genre *Anachoropteris* fut créé par Corda en 1867 pour des pétioles de Fougères du terrain houiller de Bohême [1] (1). Cet auteur rangea les *Anachoropteris* dans la famille des Rhachioptéridées qu'il avait fondée pour recevoir certains *pétioles* ou *rachis* de Fougères fossiles. Il décrivit et figura *A. pulchra* et *A. rotundata*. Ces deux espèces proviennent des Sphérosidérites de Radnitz, c'est-à-dire de la partie supérieure du Westphalien C. (2). Le genre *Anachoropteris*, bien représenté par d'excellents dessins est ainsi très nettement caractérisé.

Au sujet du mémoire de Corda, je dois faire remarquer tout de suite que :

1°) *A. rotundata* représente, selon moi, un pétiole secondaire d'*A. pulchra* ;

2°) le *Calopteris dubia*, classé par Corda dans la famille des Rachioptéridées, appartient au même *Anachoropteris*, comme l'a montré Kubart [2] ;

3°) le *Chorionopteris gleichenioides* (fragments de frondes fructifiées),

(1) Les nombres entre crochets renvoient à l'index bibliographique, relatif aux *Anachoropteris* pages 89-90.

(2) W.-J. JONGMANS. — Congrès pour l'étude de la stratigraphie du Carbonifère dans les différents centres houillers de l'Europe. *Congrès de Stratigraphie Carbonifère*, Heerlen, 7-10 Juin 1927.

classé par Corda dans la famille des Gleichéniacées appartient encore, d'après Kubart, à l'*A. pulchra*.

4°) le *Selenopteris radnicensis* de Corda comprend deux sortes d'objets. L'un (fig. 5, Pl. LIII) est vraisemblablement un pétiole de *Grammatopteris* sp, mais l'objet représenté fig. 4, Pl. LIII du Mémoire de Corda est un pétiole d'*Anachoropteris*. Il me paraît appartenir à une espèce voisine de l'*A. Gilloti* que je décris plus loin et qui provient du Stéphanien de Grand' Croix. C'est l'*Anachoropteris radnicensis*.

En 1868, Renault [3] annonça la découverte d'*A. pulchra* dans « le terrain houiller supérieur d'Autun », c'est-à-dire dans le Permien. L'espèce figurée par cet auteur est en réalité différente de *A. pulchra* : elle sera décrite plus loin sous le nom de *A. gigas*.

En 1869, B. Renault [4] décrit sous le nom d'*Anachoropteris Decaisnei* un stipe et un pétiole silicifiés provenant du Permien d'Autun. Le stipe en question appartient, en réalité, à un *Ankyropteris* (probablement *A. scandens* Stenzel). Il est représenté fig. 1 à 4, Pl. X et fig. 5, 6 et 8, Pl. XI du mémoire de Renault.

Quant au pétiole qui a été figuré d'une manière très imparfaite par Renault, fig. 7, Pl. XI de son mémoire, c'est bien un *Anachoropteris*, mais c'est tout à fait par hasard qu'il se trouve accolé au stipe d'*Ankyropteris*. A notre avis, il s'agit ici d'un pétiole secondaire auquel nous conserverons le nom d'*A. Decaisnei*.

En 1878, Renault [5] décrit de nouveau *Anachoropteris pulchra* et *A. Decaisnei* d'après les mêmes échantillons et sans plus amples détails. Les figures accompagnant le texte sont les mêmes que dans les publications précédentes. Mais ici, Renault signale certaines analogies entre les pétioles d'*Anachoropteris* et ceux des Osmondacées.

Enfin, en 1896, dans son mémoire général sur la « Flore du Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac », le même auteur [6] figure, une fois de plus, son stipe d'« *A. Decaisnei* » (= *Ankyropteris* cf. *scandens*). En outre, il fait rentrer dans le genre *Anachoropteris* le *Zygopteris elliptica* qui est un pétiole secondaire d'*Etapteris Lacattei*, comme l'a montré P. Bertrand (1).

(1) P. BERTRAND. — Etudes sur la fronde des Zygotéridées. Lille, 1909, pages 209-210.

Dans ce travail, Renault contrairement aux idées qu'il avait émises précédemment, signale certaines différences entre les *Anachoropteris* et les Osmondacées (*Todea*). En effet, il dit, parlant de ces dernières : « les masses trachéennes d'où partent les cordons qui vont aux subdivisions de la feuille ne sont plus alors placées sur la partie convexe du cordon, comme chez les *Anachoropteris*, mais sur le bord relevé. »

Il décrit le liber « formé de parenchyme libérien mou et de cellules grillagées. » L'écorce offre, dit-il « une assise intérieure de cellules à parois « minces, un tissu creusé de nombreuses lacunes représentant sans doute les restes « de cellules à gomme et une assise extérieure d'éléments fins allongés « sclérifiés. »

En 1874, Williamson [7] découvrit, dans les coal-balls du Westphalien inférieur d'Angleterre (= Westphalien A) un stipe d'*Ankyropteris* qu'il identifia avec la tige d'*Anachoropteris Decaisnei* de Renault, commettant la même erreur que ce dernier.

En 1879, le même auteur [8] décrit, sous le nom de *Rachiopteris gleiche*, un véritable *Anachoropteris* provenant, lui aussi, d'un niveau marin du Westphalien A. Williamson ne le figure que par un seul dessin, assez imparfait, mais permettant de voir qu'on est bien en présence d'une espèce nouvelle.

Félix [9], en 1886 décrit un *Anachoropteris* de Westphalie (Westphalien A.) Il le rapporte au *Rachiopteris rotundata* Corda. En outre, il a montré que le *Rachiopteris gleiche* de Williamson est identique à l'*Anachoropteris rotundata* de Corda et que l'appellation de l'auteur anglais provient d'une confusion de numéro de figure dans la liste des espèces accompagnant les planches de Corda.

Koopmans [16] a montré, récemment, que le *R. gleiche* Williamson et le *R. rotundata* Félix étaient différents de l'*A. rotundata* de Corda et devaient rentrer dans une espèce nouvelle *A. Williamsoni* Koopmans.

En 1904, Ch. Eg. Bertrand et F. Cornaille [10] énoncent les caractéristiques des traces foliaires anachoroptéridiennes (et non tubicaules). Après avoir reconnu que la masse libéro-ligneuse des *Anachoropteris* est une « chaîne binaire continue à courbure inverse » ces auteurs disent : quand les demi-arcs « antérieurs sont très longs comme chez *A. pulchra*, *A. Decaisnei*, ils s'enroulent « lent en spirales à courbure inverse. ».

Plus loin, parlant des ramifications ils ajoutent :

« chez *A. Decaisnei*, la sortie est de suite un divergeant fermé avec liber intérieur ou à œil ouvert. »

En 1909, P. Bertrand [11] dans ses Etudes sur la fronde des Zygotéri-dées, décrit et figure sous le nom d'*A. Decaisnei*, un pétiole qui appartient en réalité à une espèce différente de l'*Anachoropteris* figuré par Renault et doit, par conséquent, recevoir un nom nouveau.

D'ailleurs, l'échantillon de Renault provient du Permien d'Autun tandis que l'*Anachoropteris* décrit par P. Bertrand provient de Combrigolles près Grand'Croix dans le Bassin de St-Etienne, il est donc d'âge Stéphanien. Nous avons certainement affaire à 2 espèces différentes. Il convient de conserver le nom d'*A. Decaisnei* pour l'espèce de Renault.

Nous décrirons plus loin l'*A. Decaisnei* P. B. sous le nom de *A. robusta* nov. nom.

En 1911, M. P. Bertrand [12] a figuré, une 2^{me} fois, le même *Anachoropteris* sous la désignation d'*A. cf. Decaisnei*.

Kubart, [2] en 1916, révisé l'*Anachoropteris pulchra* de Corda, d'après des matériaux provenant des Sphérosidérites de Radnitz (Westphalien C.). Il établit que le *Calopteris dubia* Corda appartient à l'*A. pulchra* et que le *Chorionopteris gleichenioides* représente en réalité les fructifications de cette dernière espèce.

En 1924, A. Carpentier [13] figure un *Anachoropteris* trouvé dans un silex de Grand'Croix (Stéphanien moyen) et le rapporte à l'*A. Decaisnei* Renault, en se basant sur la description donnée par P. Bertrand, de cette espèce.

En 1932, cet auteur [14] figure, une 2^{me} fois, le même *Anachoropteris* d'après le même échantillon et sans nom spécifique. Il le rapproche simplement de l'*A. Decaisnei* Renault « par comparaison avec les figures données par P. Bertrand. »

Je crois que cet échantillon se rapporte bien à l'*A. Decaisnei* P. B. (= *A. robusta* nov. nom).

Koopmans, [15], en 1926, signale la présence d'*A. rotundata* dans un niveau marin du Westphalien A des mines domaniales du Limbourg hollandais.

En 1929, [16] il figure et décrit cet *Anachoropteris* sous un nom nouveau : *A. Williamsoni*. Il montre que les formes trouvées en Angleterre et en Allema-

gne et figurées sous le nom de *Rachiopteris gleiche* par Williamson; d'*Anachoropteris rotundata* par Scott (non *A. rotundata* Corda), de *Rhachiopteris rotundata* par Félix et d'*A. pulchra* par Hirmer (non *A. pulchra* Corda) doivent être rapportées à la même espèce.

En 1933, Koopmans, [17] dans une note préliminaire signale la présence d'*A. Williamsoni* et d'un *Anachoropteris* sp. dans le même niveau marin d'Aegir (= Rimbart) des mines domaniales du Limbourg hollandais, donc à la partie supérieure du Westphalien B.

Enfin, Hoskins, [18], en 1930, annonce la découverte du genre *Anachoropteris* en Amérique et décrit l'*A. involuta* nov. sp. Cet échantillon provient de la Mac Leansboro formation équivalent approximatif du Conemaugh supérieur, il est donc d'âge Stéphanien.

Tout récemment, en 1935, Graham [19] a décrit et figuré, sous le nom d'*A. clavata*, un pétiole provenant de la Mac Leansboro formation (Upper Conemaugh = Stéphanien).

Je crois qu'il s'agit d'un pétiole secondaire ou tertiaire d'*A. involuta* qui est connu dans la même formation.

Dans ses « Studies » D. H. Scott [20] a publié en 1920 une excellente reproduction photographique d'*A. rotundata* (= *A. pulchra*) d'après un échantillon du Westphalien. Il s'agit, en réalité, d'*A. Williamsoni* ainsi que l'a fait remarquer Koopmans.

Hirmer, [21] en 1927, reproduit la figure donnée par Scott en lui conservant le nom d'*A. pulchra* Corda ; il considère d'autre part l'*A. Decaisnei* figuré par P. Bertrand comme une simple forme du même *A. pulchra*.

En résumé :

I. — Une certaine confusion n'a pas cessé de régner au sujet des *Anachoropteris*.

II. — Le genre *Anachoropteris* est connu depuis le Westphalien A. (Allemagne, Angleterre, Limbourg Hollandais) jusqu'au Permien (France : Autun). Il paraît n'avoir jamais été signalé dans le Culm (Dinantien).

III. — Les espèces suivantes sont connues d'une façon plus ou moins satisfaisantes :

1°) *A. pulchra* Corda d'après Corda, Kubart ;

= *A. rotundata* (= pétiole secondaire d'*A. pulchra*) Corda du Westphalien C ;

2°) *A. pulchra* Renault = *A. gigas* nov. nom du Permien ;

3°) *A. Decaisnei* Renault (pro parte) du Permien ;

4°) *A. Decaisnei* P. Bertrand = *A. robusta* nov. nom. du Stéphanien ;

5°) *A. Williamsoni* Koopmans = *Rachiopteris gleiche* Williamson ;
= *Rachiopteris rotundata* Félix ;
= *A. rotundata* Scott,
= *A. pulchra* Hirmer, du Westphalien A et B ;

6°) *A. involuta*, Hoskins du Stéphanien ;

7°) *A. radnicensis* (= *Selenopteris radnicensis* Corda (pro parte) du Westphalien C, confer : *Anachoropteris Gilloti* nov. sp. du Stéphanien.

Comme on le voit par ce qui précède, les *Anachoropteris* (*A. Decaisnei* R. = *A. gigas* nov. nom). du Bassin d'Autun n'ont fait l'objet que de notes ayant un caractère préliminaire. Quant à ceux, provenant du fameux gisement de Grand' Croix, ils étaient restés complètement inexploités à l'exception du seul *A. Decaisnei* P. B. (= *A. robusta* Corsin).

Les *Anachoropteris* du terrain houiller et permien du Centre de la France méritaient donc une investigation nouvelle. Leur étude fera l'objet des pages qui suivent. A mon grand regret je n'ai pas retrouvé de préparations se rapportant à l'*A. Decaisnei* Renault qui restera ainsi une espèce mal définie.

II. — Bibliographie relative aux *Anachoropteris* (1)

1. A.-J. CORDA. — *Flora protogea*. Beiträge zur flora der Vorwelt, Berlin, 1867.
2. B. KUBART. — Ein Beitrag zur Kenntniss von *Anachoropteris pulchra* Corda. *Denks. d. K. Ak. d. Wissenschaften, Wien. Math. Nat. Klasse*, Bd. 93, 1916.
3. B. RENAULT. — Sur un pétiole de fougère fossile du terrain houiller supérieur d'Autun l'*Anachoropteris pulchra*. *Ann. Sc. Nat*, 5^e Série, T. IX, 1868.
4. B. RENAULT. — Etude de quelques végétaux silicifiés des environs d'Autun. *Ann. Sc. Nat*, 5^e Série, 1869.
5. B. RENAULT. — Recherches sur la structure et les affinités botaniques des végétaux silicifiés recueillis aux environs d'Autun et de Saint-Etienne. *Publications de la Société Eduéenne*, 1878.
6. B. RENAULT. — Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinaç, Flore fossile. *Etude des gîtes minéraux de la France*, 1896.
7. W.-C. WILLIAMSON. — On the organization of the fossil Plants of the Coal Measures Part VI, Ferns, 1874.
8. W.-C. WILLIAMSON. — On the organization of the fossil Plants of the Coal Measures Part IX, 1879.
9. J. FELIX. — Untersuchungen über den inneren Bau westfälischen Carbon Pflanzen *Abh. der k. geol. Land*, Bd VII, H. 3, T. 3, 1886.
10. Ch.-Eg. BERTRAND et F. CORNAILLE. — Les caractéristiques des traces foliaires tubicales ou anachoroptéridienne. *C. R. Ac. Sc*, T. CXXXIX, p. 346-348, 1904.
11. P. BERTRAND. — Etudes sur la fronde des Zygotéridées. Lille, 1909.
12. P. BERTRAND. — L'Etude anatomique des fougères anciennes. *Progressus rei botanicae*, 1911.
13. A. CARPENTIER. — Sur les végétaux à structure conservée d'un silex permien. *Revue générale de Botanique*, T. XXXVI, 1924.
14. A. CARPENTIER. — Etude de végétaux à structure conservée, *Mém. et Travaux de la Faculté Catholique de Lille*, 1932.
15. W.-J. KOOPMANS. — Voorlooping verslag over het onderzoek der Dolomitknollen iut Domaniale mijn. *Géol. Bureau voor het Nederlansche mijngebiet, Jaarverslag*, 1926.

(1) Les numéros d'ordre précédant les différentes indications bibliographiques correspondent à ceux qui, dans l'historique, sont placés entre crochets.

16. W.-J. KOOPMANS. — Researches on the flora of the coal-balls from the « Fine-frau-Nebenbank » horizon in the province of Limbourg (The Netherlands). *Geol. Bureau voor het Nederlandsche Mijngebiet*, 1929.
 17. W.-J. KOOPMANS. — Researches on the flora of the coalballs from the « Aegir » horizon in the province of Limbourg (The Netherlands). *Géol. bureau*, Heerlen *Jaaverslag* 1933, (1934).
 18. J.-H. HOSKINS. — Contribution to the coal measure flora of Illinois. *The American midland Naturalist*, 1930.
 19. R. GRAHAM. — Pensylvanian flora of Illinois as revealed in coal-balls. *The Botanical Gazette*, vol. 97, N° 1, Sept. 1935
 20. D.-H. SCOTT. — Studies in fossil Botany (3° Ed.), 1920, page 352, fig. 158.
 21. M. HIRMER. — Handbuch der Paläobotanick. 1927, p. 540, fig. 660-661.
-

Caractères généraux du genre *Anachoropteris*

1867. — *Anachoropteris pulchra* Corda, *Flora protogaea*, Beiträge zur Flora der Vorwelt ; Pl. LVI.

Les caractères généraux du genre *Anachoropteris* sont les suivants :

1°) les pétioles sont parcourus par un faisceau vasculaire unique.

2°) l'arc vasculaire (= faisceau pétioilaire = stèle foliaire = méristèle) a dans son ensemble une courbure inverse ; il a la forme d'un C couché, convexe du côté antérieur (*adaxial*), concave du côté postérieur (*abaxial*) Il comprend : une lame ligneuse médiane, allongée horizontalement (*lame médiane antérieure*) et deux arcs latéraux (*arcs récepteurs*) dirigés vers l'arrière, c'est-à-dire vers le bas, et plus ou moins recourbés ou enroulés vers le plan médian.

3°) la lame ligneuse médiane est parcourue sur sa face adaxiale par 2 cordons de protoxylème qui en occupent les 2 arêtes latérales antérieures. En section transversale on a 2 pôles fondamentaux (Δ) occupant les deux extrémités antérieures de la lame médiane.

4°) les cordons sortants de protoxylème sont émis aux dépens des pôles fondamentaux ; ils s'élèvent obliquement le long du bord externe antérieur, c'est-à-dire le long de la base des arcs latéraux.

5°) les sorties s'individualisent latéralement, c'est-à-dire sur les flancs (régions d'insertion) des arcs récepteurs. Elles sont plus ou moins parallèles au faisceau principal.

Chaque sortie comprend 2 parties d'origine différente :

a) des éléments de protoxylème (pôle sortant), émis, comme il a été dit ci-dessus, aux dépens d'un pôle fondamental Δ .

b) un massif de métaxylème détaché du métaxylème de l'arc récepteur correspondant.

Terminologie. — (voir fig. 19, ci-contre) Pour la commodité des descriptions ultérieures, il est indispensable de préciser dès maintenant la composition des arcs récepteurs ou arcs latéraux.

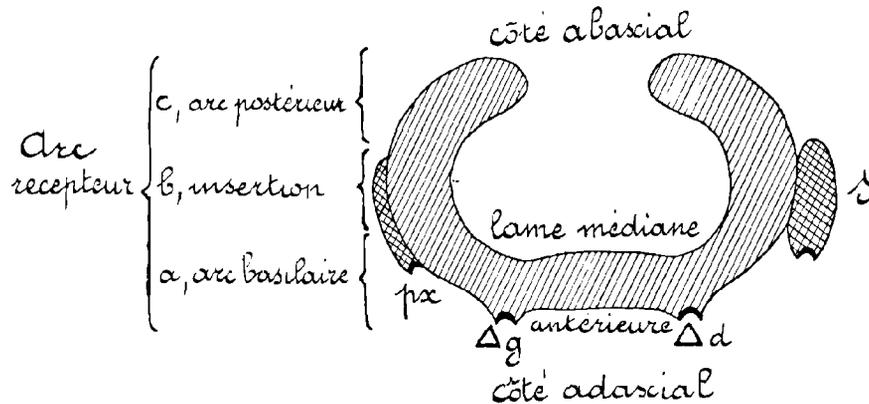


Fig. 19. — *Anachoropteris robusta* nov. nom.
Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire.

Nous appellerons : *régions d'insertion*, les régions de l'arc vasculaire d'où se détachent les sorties (*out going, pinna traces*) destinées aux pétioles secondaires. Dès lors chaque arc récepteur, outre la région d'insertion, comprend 2 autres parties : un *segment* ou *arc basilaire antérieur* compris entre l'insertion et le pôle fondamental correspondant et un *arc postérieur* plus ou moins recourbé, situé au delà de l'insertion (1).

(1) N. B. — Dans la terminologie employée antérieurement par M. P. Bertrand : *Apolaire médiane* = lame médiane antérieure. *Pièce réceptrice* désigne tantôt l'arc récepteur tout entier, tantôt seulement : l'arc postérieur plus la région d'insertion.

CHAPITRE TROISIEME

Principaux groupes d'*Anachoropteris*

Je distingue 3 groupes parmi les *Anachoropteris* :

1. — Le groupe de l'*Anachoropteris robusta* Corsin (ex. *A. Decaisnei* P. B),
2. — Le groupe de l'*Anachoropteris involuta* Hoskins,
3. — Le groupe de l'*Anachoropteris Williamsoni* Koopmans.

1. — Les espèces du groupe de l'*Anachoropteris robusta* sont caractérisées par leur lame ligneuse uniformément épaisse, formée d'une lame médiane et de 2 arcs récepteurs plus ou moins recourbés vers le plan médian, mais non enroulés.

Les sorties destinées aux pétioles d'ordre supérieur s'effectuent, sous forme d'une masse de bois pleine, par épaissement latéral du métaxylème de la région d'insertion.

On distingue, dans ce groupe, les espèces suivantes :

- A. robusta* nov. nom.,
- A. Pauteti* nov. sp.,
- A. circularis* nov. sp.,
- A. Gilloti* nov. sp.,
- A. radnicensis* Corda.

2. — Les *Anachoropteris* du groupe de l'*A. involuta* sont caractérisés (1) par leur lame ligneuse grêle composée d'une lame médiane antérieure, de deux arcs récepteurs enroulés en arrière vers le plan médian et dessinant en section transversale plus d'un tour de spire.

Les sorties s'effectuent, par évagination aux dépens des régions d'insertion et des arcs récepteurs, sous forme d'une boucle ou masse ligneuse annulaire.

Dans ce groupe rentrent les espèces suivantes :

A. involuta Hoskins,

A. gigas nov. nom.,

A. pulchra Corda (= *A. rotundata* Corda).

A. ovata nov. sp.

3. — Les espèces du groupe de l'*Anachoropteris Williamsoni* ont les caractères suivants : la lame ligneuse est grêle, elle est constituée par une lame médiane antérieure et 2 arcs récepteurs enroulés en arrière vers le plan médian, mais ne dessinant pas en section transversale un tour de spire complet.

Les sorties se font, par évagination aux dépens de la région d'insertion, sous forme d'une masse pleine. Le mode d'individualisation de la pièce sortante est donc intermédiaire en quelque sorte entre ceux des deux premiers groupes.

On connaît dans ce groupe (2) :

A. Williamsoni Koopmans,

A. sp. cf. Williamsoni Koopmans.

Plan de l'étude des Anachoropteris. — J'étudierai, successivement, les espèces rentrant dans chacun des deux premiers groupes d'après des échantillons provenant du Stéphanien des environs de St-Etienne (Grand' Croix, Combrigolles) ou du Permien des environs d'Autun. Incidemment je serai conduit à figurer et à décrire brièvement des échantillons originaires de Westphalie et d'Angleterre et appartenant à l'*Anachoropteris Williamsoni*.

(1) Ces caractères sont ceux des pétioles primaires.

(2) Si l'on s'en rapporte à la figure donnée par Renault, c'est dans ce groupe que rentrerait l'*Anachoropteris Decaisnei* Renault.

CHAPITRE QUATRIEME

Groupe de l'*Anachoropteris robusta*

I. — *Anachoropteris robusta* nov. nom.

Planches XVII et XVIII

1909. *Anachoropteris Decaisnei* P. Bertrand, Etudes sur la fronde des Zygoptéridées, fig. 108, Pl. XV.
1911. *Anachoropteris* cf *Decaisnei* P. Bertrand, Progressus rei Botanicae, page 230, fig. 24.
1924. *Anachoropteris Decaisnei* Carpentier, Revue générale de Botanique T. XXXVI, p. 241, Pl. VI, fig. 2 et 3.
1932. *Anachoropteris* sp. Carpentier, Mémoires et travaux des Facultés Catholiques de Lille, fasc. XL, Pl. VI, fig. 1-2.

Diagnose. — *Pétiole primaire* ayant, en section transversale, un contour ovale allongé tangentiellement et muni d'une gouttière sur la face antérieure ; faisceau vasculaire d'épaisseur uniforme, ayant l'aspect d'un C. s'inscrivant dans un contour ovale ; lame ligneuse médiane antérieure rectiligne munie de 2 pôles fondamentaux en forme de cupules ; arcs récepteurs recourbés en crosses.

Sorties destinées aux pétioles secondaires émises latéralement, ayant au moment de leur émission un contour ovale allongé verticalement, et pourvues d'un pôle fondamental antérieur unique.

Ecorce comprenant 2 zones : une zone externe formée de fibres scléreuses, une zone interne parenchymateuse. Au centre, pilier médian scléreux :

Pétioles secondaires ayant même forme que le pétiole primaire ; faisceau vasculaire presque identique à celui du pétiole primaire, mais arcs postérieurs moins recourbés, pôles fondamentaux moins nettement en forme de cupules ; sorties plus rapprochées de la face antérieure.

Documents. — L'espèce en question est fondée sur des sections de la collection Montessus-Renault. Ces préparations proviennent de 3 échantillons différents dont, à ma connaissance, il ne reste pas de culot de taille. Ce sont :

1°) la préparation 76/26, montrant une section transversale et une section longitudinale du même pétiole ;

2°) les sections 76/99, 76/100 et 76/101 parmi lesquelles 76/99 est une section longitudinale, tandis que les autres sont des sections transversales ;

3°) la section 76/86.

Gisement et âge des échantillons. — D'après les notes manuscrites, de C. E. Bertrand et d'après les étiquettes accompagnant les préparations, les échantillons d'*A. robusta* proviennent de Combrigolles près de Grand-Croix (bassin houiller de Saint-Etienne). On sait que l'horizon des végétaux silicifiés de Grand-Croix est situé vers le bas de l'étage intermédiaire de Grand-Eury, c'est-à-dire à la base du Stéphanien moyen.

Remarque. — Cette espèce a été figurée incidemment et décrite sommairement, en 1909 par P. Bertrand dans ses études sur la fronde des Zygopteridées, sous le nom d'*A. Decaisnei* (Atlas Pl. XV, fig. 108).

Ce nom ne peut pas être conservé car Renault a rangé sous cette désignation 2 plantes différentes trouvées associées dans un même silex du Permien d'Autun :

1°) un stipe d'*Ankyropteris scandens* ;

2°) un pétiole d'*Anachoropteris* dont les caractères diffèrent de ceux de la plante que j'étudie ici.

C'est pourquoi je propose de désigner l'*A. Decaisnei* P. B., non Renault, du Stéphanien sous le nom d'*A. robusta* nov. nom.

PÉTIOLLES

Dimensions des pétioles. — Le pétiole type d'*Anachoropteris robusta* (section 76/26) a ses tissus périphériques partiellement détruits, il est donc difficile d'en donner les dimensions exactes. Etant données les dimensions de la lame ligneuse (5 mm. × 3 mm.), on peut penser qu'il mesurait environ 10 mm. de largeur sur 6 mm. de hauteur. C'est certainement un pétiole primaire.

Le second pétiole (sections 76/100-101) mesure environ 6 à 7 mm. de largeur sur 3 mm. 1/2 à 4 mm. de hauteur. C'est vraisemblablement une section du sommet d'un rachis primaire.

Les dimensions du troisième échantillon (section 76/86) sont environ 5 mm. sur 3 mm. Cette section provient probablement d'un rachis secondaire.

Rachis primaire. Section 76/26

Pl. XVII, fig. 1, 1 a, 1 b, 1 c, 2.

Forme générale. — Le rachis primaire a, en section transversale, un contour ovale. Il est allongé tangentiellement et possède une gouttière large et peu profonde sur sa face antérieure.

Epiderme. — L'épiderme a complètement disparu sur les portions restantes de l'écorce.

Ecorce. — L'écorce (fig. 1. et 2, Pl. XVII) comprend 3 zones distinctes :

- 1°) une zone scléreuse externe *ts* ;
- 2°) un parenchyme fondamental externe hétérogène *tfe* ;
- 3°) un parenchyme fondamental interne homogène *tfi*.

Gaine scléreuse. — Les tissus les plus extérieurs de cette zone sont composés de fibres scléreuses de très petit diamètre et à cavité interne très réduite.

Vers l'intérieur le diamètre de ces fibres augmente, leur épaisseur diminue et il y a passage à un tissu formé de cellules courtes à parois épaissies. Puis les cellules plus grosses se mêlent aux éléments plus petits et on passe insensiblement au parenchyme fondamental externe. Cette zone est représentée en *ts*, fig. 2, Pl. XVII.

Parenchyme fondamental externe. — Il est constitué par de grosses cellules à contour arrondi, mêlées à des éléments plus petits ; il est donc hétérogène. Ce tissu est représenté en *tfe*, fig. 2, Pl. XVII.

Parenchyme fondamental interne. — Sur tout le pourtour de la stèle se trouve une zone relativement épaisse de parenchyme uniformément constitué de petites cellules allongées tangentiellement et à contour ovale (*tfi*, fig. 1 c., Pl. XVII).

Endoderme. — L'endoderme est souligné par un filet mince et noirâtre (*End.* fig. 1, Pl. XVII).

La masse libéro-ligneuse est séparée de l'endoderme par une zone où toute structure a disparu, c'est probablement l'emplacement du péricycle et du liber.

Liber. — Des lambeaux de liber restent çà et là accolés au faisceau ligneux. Ils sont notés *l*, fig. 1 *a* et 1 *b.*, Pl. XVII. Quelques tubes criblés sont visibles en *tc*, fig. 1 *a*, même Planche.

Les éléments plus petits du liber sont allongés tangentiellement et n'ont pas un contour hexagonal comme les trachéides du bois dont on les distingue facilement. En raison du dépôt noirâtre qui obscurcit ces tissus, ils ne peuvent pas être décrits plus en détail.

Le liber entourait complètement la masse ligneuse.

Lame ligneuse. — 1°) *Métaxylème.* — La lame ligneuse d'*A. robusta* est épaisse. Elle est composée de nombreuses rangées de trachéides polygonales sensiblement toutes de même taille, sauf sur les faces latérales et antérieure, où elle est bordée d'une rangée d'éléments de petite taille (fig. 1, Pl. XVII et fig. 20 du texte).

Elle comprend : *a*) une lame ligneuse médiane rectiligne et relativement longue ;

b) deux arcs récepteurs recourbés en forme de crochets.

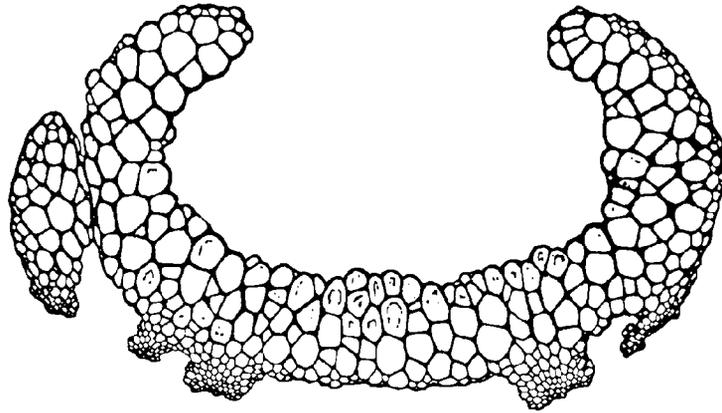


Fig. 20. — *Anachoropteris robusta* nov. nom.

Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire. Photographie retouchée. Gr. = 15 environ.

2°) *Protoxylème*. — La lame médiane est pourvue d'un pôle fondamental en forme de cupule à chacune de ses extrémités du côté antérieur (adaxial) Δd et Δg , fig. 1, Pl. XVII).

Sur les arcs récepteurs on voit les pôles sortants px à des niveaux différents suivant la position du cordon de protoxylème sortant dans son trajet entre le pôle fondamental et la région d'insertion (px , fig. 1, Pl. XVII) Cette lame ligneuse est schématisée fig. 21 du texte.

Emission des pôles sortants. — Les pôles fondamentaux d'*A. robusta* sont constamment en voie de division. Si l'on examine alternativement la gau-

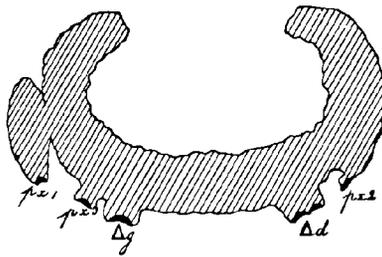


Fig. 21 — *Anachoropteris robusta* nov. nom.

Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire.

Section transversale. Gr. = 10 environ.

Δg et Δd , pôles fondamentaux ;

px_1 , px_2 , px_3 , pôles sortants.

che et la droite de l'axe vasculaire, on peut aisément relever les états successifs d'un pôle sortant (= cordon de protoxylème destiné à la sortie). Examinons les fig. 1, 1 *a* et 1 *b*, Pl. XVII. Le pôle fondamental Δg (fig. 1 *a*) est inactif. La cupule Δd (fig. 1 *b*) au contraire vient de se diviser et d'émettre une cupule sortante. Revenons du côté gauche, fig. 1 *a* : un pôle sortant px_3 est situé sur le bord externe du segment basilaire. Un état encore plus avancé est visible en px_2 à droite du pôle Δd (fig. 1 *b*) ; à ce niveau le cordon de protoxylème sortant se présente à nous sous l'état qui précède immédiatement l'individualisation de la pièce sortante.

On voit donc que le cordon polaire sortant, émis aux dépens du pôle fondamental, s'écarte progressivement de ce dernier en suivant le bord externe de l'arc récepteur, jusqu'à ce qu'il ait atteint un niveau précis situé au tiers ou au quart antérieur de cet arc. C'est exactement à ce niveau, et en arrière de ce point, que nous trouvons la région d'insertion, c'est-à-dire la région où la pièce sortante va s'individualiser.

Elaboration et émission de la pièce sortante. — Dès que le cordon polaire sortant a atteint la région latérale, le métaxylème situé immédiatement en arrière commence à s'épaissir. On voit d'abord une mince couche de petits éléments, qui tapissent la face d'insertion de l'arc récepteur ; Cette couche s'épaissit progressivement. Puis la pièce sortante comprenant une masse de métaxylème et le pôle px_1 situé sur son bord antérieur, se détache de l'arc récepteur, à ce niveau, elle a une forme ovale ; son grand axe est allongé dans le sens antéro-postérieur.

En s'élevant et en s'éloignant, vers la face latérale du pétiole, elle s'arrondit, puis redevient ovale, mais cette fois son grand axe est allongé horizontalement.

Enfin, la masse ligneuse se creuse en arrière et prend la forme d'un arc à courbure inverse. Simultanément, le pôle antérieur, qui jusque là était demeuré unique, se divise et donne les deux pôles fondamentaux. La pièce sortante a au total sensiblement la même forme et la même organisation que l'arc vasculaire dont elle est issue.

En dernière analyse, les sorties sont émises latéralement, alternativement à droite et à gauche et, comme on le voit par les figures de la Pl. XVII, elles sont sensiblement parallèles à la méristèle dont elles se détachent.

Pilier médian. — La concavité postérieure du faisceau vasculaire d'*Anachoropteris robusta* est remplie par un tissu à cellules hexagonales dont les parois sont épaissies. Il s'agit d'éléments courts qui se sclérifient. Ces éléments forment un véritable pilier longitudinal renflé sur sa face antérieure (fig. 1, Pl. XVII).

Section longitudinale. — La section 76/26 montre une coupe longitudinale d'*Anachoropteris robusta* prise dans le même échantillon qui a fourni la coupe transversale. Je ne la figurerai pas, elle est trop épaisse et par suite peu photogénique. Elle a été effectuée dans un plan perpendiculaire au plan de symétrie de la lame ligneuse. Elle passe en dessous de la lame médiane et coupe les deux arcs récepteurs et le tissu sclérifié du pilier médian. Un examen microscopique montre que les éléments du métaxylème des arcs récepteurs ont leurs parois ornées de ponctuations aréolées multisériées. Ces ponctuations sont très petites, elles alternent d'une rangée à l'autre.

Le tissu du pilier médian est formé par des éléments courts à parois moyennement épaissies.

Echantillon 76/100-101

Section du sommet d'un pétiole primaire

Pl. XVIII, fig. 1

Les sections d'*Anachoropteris* que montrent les préparations 76/100 et 76/101 ont les mêmes caractères que celle qui vient d'être étudiée, mais elles sont beaucoup plus petites. Elles appartiennent probablement au sommet d'un rachis primaire. L'une de ces préparations (76/100) est figurée Pl. XVIII, fig. 1.

Tissus extérieurs. — La gaine scléreuse est bien visible sur la face antérieure du pétiole ; à sa périphérie elle est composée de fibres scléreuses *ts*. Le parenchyme fondamental est mieux représenté que sur l'échantillon type. Il se divise nettement en deux zones :

1°) une zone externe formée de grosses cellules mêlées à des éléments de petite taille (*tfe*).

2°) une zone interne homogène constituée par des cellules toutes de même taille et allongées tangentiellement (*ffi*).

Lame ligneuse et sortie. — La lame ligneuse est identique à celle du pétiole type. La sortie s'individualise plus près de l'angle latéral-antérieur. On voit, figure 1, Pl. XVIII, une sortie plus élargie que celle que nous avons vue précédemment et chez laquelle les éléments de protoxylème sont déjà étalés sur la face antérieure, prélude de la division du pôle jusqu'alors unique.

Section longitudinale. — *Lame mince 76/99.* — La section longitudinale 76/99 provient de l'échantillon qui a donné en section transversale les préparations 76/100 et 76/101. Elle est perpendiculaire au plan de symétrie de la masse ligneuse et passe par la lame ligneuse médiane qu'elle coupe suivant son grand axe.

L'examen de cette section montre que la gaine scléreuse est bien formée de fibres très étroites et allongées. Ces fibres passent à des cellules plus courtes à parois épaissies. Enfin, on rencontre le parenchyme fondamental formé d'éléments guère plus haut que larges.

Le métaxylème est orné de ponctuations aréolées multisériées très petites.

Pétiole secondaire. Lame mince 76/86

Pl. XVIII, fig. 2, 2 *a*, 2 *b*, et 2 *c*.

Je considère le pétiole, figuré Pl. XVIII, fig. 2, comme un pétiole secondaire pour les raisons suivantes :

- 1°) les arcs récepteurs sont moins recourbés que chez le faisceau du pétiole primaire ;
- 2°) les pôles fondamentaux ne sont plus nettement en forme de cupule ;
- 3°) les sorties sont émises plus près de la face antérieure.

Forme générale. — En section transversale, le pétiole se présente avec un contour ovale et avec une profonde dépression sur la face antérieure (fig. 2. Pl. XVIII).

Tissus extérieurs. — Ils comprennent : l'épiderme, la gaine scléreuse, le parenchyme fondamental externe, le parenchyme fondamental interne. La gaine sclérifiée est très nette sur tout le pourtour du pétiole, elle est composée de fibres très fines. Cette zone paraît noirâtre sur la photographie fig. 2, Pl. XVIII. Les grosses cellules du parenchyme fondamental externe se raréfiant lorsqu'on va vers l'intérieur pour disparaître complètement au voisinage de la stèle, il y a passage insensible du tissu fondamental externe au tissu fondamental interne.

Arc vasculaire. — Les arcs récepteurs sont moins allongés en arrière que ceux des pétioles primaires ; ils sont également moins recourbés vers le plan médian où ils se terminent par une pointe. Les pôles ne sont plus nettement en forme de cupules (fig. 2, Pl. XVIII).

L'arc vasculaire nous montre deux états de la sortie qui n'avaient pas été observés jusqu'ici :

1°) L'état où le métaxylème sortant forme une bande étroite sur la région d'insertion (*m*, à gauche de l'arc récepteur, fig. 2).

2°) l'état présenté par la sortie *S* quand elle est plongée dans le parenchyme fondamental du pétiole.

Sorties. — Sur la section 76/86, la sortie a un contour ovale avec grand axe perpendiculaire au plan médian (fig. 2, Pl. XVIII).

Parcours de la sortie. — Le trajet que suivra la sortie après s'être détachée de l'arc récepteur est situé dans un plan faisant un angle de 45° à 60° environ avec le plan de symétrie de la lame ligneuse principale (*S*, fig. 2, Pl. XVIII). La sortie est donc émise dans l'angle latéro-antérieur et son parcours est plus oblique que dans le pétiole primaire.

Individualisation du pétiole tertiaire. — La fig. 2, Pl. XVIII montre le mode d'individualisation d'un pétiole tertiaire. Entre la sortie et la lame ligneuse principale, on voit 2 massifs de fibres scléreuses qui pointent vers l'intérieur allant à la rencontre l'un de l'autre. Ils tendent à séparer du pétiole principal une partie du parenchyme fondamental enveloppant la pièce sortante. Le pétiole tertiaire se détachera dans l'angle latéro-antérieur du pétiole secondaire. Sa forme est d'abord arrondie, puis allongée dans le sens droite-gauche.

Synonymie. — L'*A. robusta* est identique à l'*Anachropteris* décrit et figuré par M. A. Carpentier d'après un échantillon provenant de Grand' Croix (1).

Les photographies données par cet auteur montrent :

- 1°) la même organisation générale de la lame ligneuse ;
- 2°) le même mode d'individualisation des cordons polaires sortants et des sorties ;
- 3°) les mêmes détails histologiques.

Cet échantillon représente probablement un pétiole primaire.

RÉSUMÉ D'ANACHROPTERIS ROBUSTA

De l'étude précédente, nous retiendrons les résultats suivants : quelque soit l'ordre des pétioles,

- 1°) la section transversale du rachis conserve la même forme ;
- 2°) l'écorce offre la même structure ;
- 3°) la composition de l'arc vasculaire (= *lame médiane antérieure* + *arcs récepteurs*) et sa forme générale sont sensiblement les mêmes. On constate seulement sur les pétioles secondaires et tertiaires une réduction des arcs postérieurs recourbés vers le plan médian ;
- 4°) l'émission des pôles sortants, le mode d'émission et d'élaboration de la sortie demeurent les mêmes. La sortie se détache toujours sous forme d'une *masse de bois pleine (protostèle à pôle antérieur)* (2) et c'est seulement plus haut qu'elle revêt la courbure inverse.

(1) CARPENTIER. — Sur les végétaux à structure conservée d'un silex permien. *Revue Gén. de Bot.* T. XXXVI (1924) p. 241. Pl. VI, fig. 2-3.

A. CARPENTIER. — Etude des végétaux à structure conservée. *Mém. et Trav. de la Faculté Catholique de Lille*, Pl. XI, fig. 1-2.

(2) Ou protostèle structure endarque, offrant à ce niveau exactement la même structure que le faisceau pétioleaire de *Botryopteris antiqua*. Ce qui nous conduit une fois de plus à penser que *B. antiqua* est extrêmement voisin de la souche commune des Inversicétales (voir ci-après Considérations phylogénétiques).

II. — *Anachoropteris Pauteti* nov. sp.

Planches XIX et XX.

Diagnose. — Pétioles à section transversale sub-rectangulaire, munis sur leur face antérieure d'une gouttière peu profonde et très large.

Faisceau petit par rapport au volume du pétiole. Arc vasculaire offrant dans son ensemble la même forme que chez *A. robusta*, mais légèrement ondulé sur son bord externe et sur son bord interne, donc d'épaisseur moins uniforme que chez *A. robusta*.

Lame médiane antérieure courte, rectiligne ou légèrement concave du côté adaxial. Arcs récepteurs, dirigés verticalement, très peu arqués à leur extrémité, légèrement renflés au-delà de la région d'insertion. Segments basilaires antérieurs légèrement plus minces que les autres parties de la lame ligneuse.

Sorties insérées, comme chez *A. robusta*, sur le bord latéral externe des arcs récepteurs et émises sous forme d'une masse de bois pleine ovale, allongées verticalement, à pôle antérieur (= protostèle à pôle endarque).

Ecorce comprenant :

- 1°) une gaine scléreuse peu développée ;
- 2°) un parenchyme fondamental homogène.

Documents. — Cette espèce est fondée sur un échantillon portant le N° 1731 de la collection P. Bertrand. C'était un silex gris noirâtre de la grosseur du poing, renfermant un pétiole d'*Anachoropteris* noyé au milieu de divers débris végétaux et qui pouvait être suivi sur une longueur de 7 à 8 centimètres.

Quatre sections pratiquées dans le silex coupent transversalement le pétiole en question. Elles sont numérotées 1731, I, T₁ ; 1731, I, T₂ ; 1731, III, T₆ et 1731, III, T₇. En outre une coupe radiale 1731, III, R₅ montre un rachis plus petit que celui qu'on voit sur les coupes transversales. Il appartient certainement à la même plante et représente une ramification du rachis primaire. Malheureusement il est en fort mauvais état.

Parmi les culots de taille, 2 fragments montrent encore l'*Anachoropteris* en question : ils mesurent respectivement 35 mm. et 15 mm. suivant la longueur du pétiole.

Orientation et position relative des sections figurées. — Il y a lieu de remarquer que les sections T₁ et T₂, prélevées sur le fragment N° 1 sont retournées par rapport aux sections T₆ et T₇. Il faut donc, lorsqu'on examine les fig. 3 Pl. XIX (T₁) et 1, Pl. XX (T₂), avoir la précaution de les inverser par la pensée pour faire une comparaison correcte avec les sections T₆ et T₇.

C'est la section T₇ qui est la plus basse (fig. 1, Pl. XIX). Viennent ensuite en ordre ascendant : T₆, T₁ et enfin T₂. — T₂ est la section la plus élevée.

Gisement et âge de l'échantillon. — Le silex qui renferme *A. Pauteti* provient de Grand-Croix, c'est-à-dire de la base du Stéphaniens moyen. C'est le même gisement qui a fourni *A. robusta*.

PÉTIOLE PRIMAIRE

Sections 1731, T₁, T₂, T₆ et T₇

Dimensions et forme générale. — Ce pétiole mesure environ 4 mm. de largeur totale sur 3 mm. de hauteur. Il a un contour sub-rectangulaire en coupe transversale (fig. 1, Pl. XIX). La gouttière située sur le bord antérieur est très large (elle occupe presque toute la largeur de l'axe), mais peu profonde.

On y distingue : l'épiderme, la gaine mécanique scléreuse, une petite partie du parenchyme fondamental conservée près du sclérenchyme et, au milieu, l'arc ligneux (fig. 1, Pl. XIX), entouré d'une masse de silice sans structure.

Epiderme. — Il est constitué par une couche de cellules très petites, allongées tangentiellement.

Gaine mécanique scléreuse. — On ne distingue bien les fibres scléreuses que sur la face antérieure du pétiole, surtout au fond de la gouttière médiane (fig. 1, Pl. XIX et XX). Dans cette région, les fibres sont de très petite taille et leurs parois sont très épaissies. Cette zone paraît noirâtre sur chacune des photographies qui la représentent.

Ailleurs il n'y a que des éléments courts à parois épaisses. Vers l'intérieur, l'épaisseur des parois diminue progressivement et ces éléments passent insensiblement à ceux du parenchyme fondamental (fig. 1 c, Pl. XIX).

Parenchyme fondamental. — Il n'en reste qu'une petite bordure le long du tissu scléreux (fig. 1, Pl. XIX et XX). Ce tissu paraît sensiblement homogène ; ses éléments peuvent atteindre une grande taille.

Masse ligneuse. — La masse ligneuse d'*Anachoropteris Pauteti* est petite par rapport au volume du pétiole. En coupe transversale, elle ne mesure que 1 mm. 1/2 environ de largeur sur à peine 1 mm. de hauteur. Elle n'occupe guère ainsi plus du 1/3 des dimensions linéaires transversales du pétiole. Son contour général et sub-rectangulaire, son aspect est celui d'un croissant.

1°) *Métaxylème.* — Il comprend :

a) une lame médiane uniformément épaisse, tantôt rectiligne, tantôt faiblement incurvée et concave en avant. Cette lame est constituée par un petit nombre de grosses trachéides (2 à 3 rangées), et elle est bordée sur son bord adaxial de quelques éléments plus petits ;

b) deux arcs récepteurs, plus épais que la lame médiane, allongés verticalement, peu recourbés vers le plan médian et légèrement renflés en arrière. Les trachéides constituant les arcs récepteurs sont larges sauf sur le bord latéral externe où il y a une rangée d'éléments de petit calibre.

2°) *Protoxylème.* — Les deux pôles fondamentaux : Δd et Δg fig. 1, 2, 3, Pl. XIX et 1, Pl. XX sont très nettement en forme de cupules.

Le faisceau foliaire d'*A. Pauteti* est schématisé fig. 22 du texte.

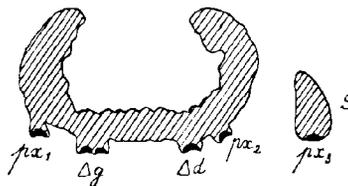


Fig. 22. — *Anachoropteris Pauteti* nov. sp.

Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire.

Section transversale. Gr. = 20 environ.

Δg , Δd , pôles fondamentaux ;

px_1 , px_2 , px_3 , pôles sortants ;

S , sortie.

Emission des pôles sortants. — L'émission des pôles sortants a lieu alternativement à droite et à gauche de la lame ligneuse principale.

Cette émission s'effectue de la manière suivante :

Les figures 1 et 1 b, Pl. XIX (section T₇) montrent que du côté droit le protoxylème est étalé sur tout l'angle antérieur du faisceau. A ce niveau, on ne distingue pas de cupules (Δd , fig. 1 b, Pl. XIX). A un niveau plus élevé (section T₆) on voit fig. 2, Pl. XIX, toujours du même côté, deux groupes de petits éléments séparés par un léger sinus. Il y a là, en plus du pôle fondamental Δ , le pôle sortant px . Plus haut encore (section T₁) le pôle sortant s'est éloigné de Δd (fig. 3, Pl. XIX).

Enfin, sur la section T₂, le cordon de protoxylème sortant px , a atteint la région d'insertion (voir : px , à gauche de Δd , fig. 1, Pl. XX) ; à partir de ce niveau, le métaxylème destiné à la sortie va s'élaborer peu à peu en arrière de px et sur le bord latéral externe de l'arc récepteur (c'est-à-dire sur la région d'insertion de l'arc récepteur).

Individualisation du métaxylème destiné à la sortie. — Les détails de ce phénomène s'observent sur les fig. 1, 1 a, 2 et 3, Pl. XIX et sur les fig. 1 à 5, Pl. XX.

Sur la section transversale T₇ (fig. 1 et 1 a, Pl. XIX) le côté gauche (px) est à un état plus avancé que le côté droit. Les petits éléments en arrière de px marquent très nettement la région d'insertion, c'est-à-dire la base d'insertion de la pièce sortante (voir fig. 23 du texte).

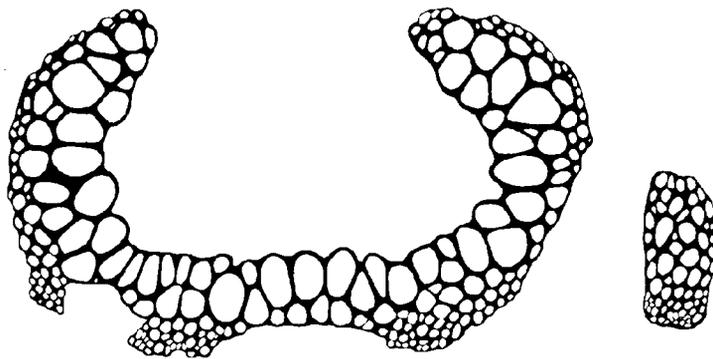


Fig. 23. — *Anachoropteris Pauteti* nov. sp.
Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire.
Photographie retouchée. Gr. = 45 environ.

Plus haut, cette masse de métaxylème à petits éléments augmente de volume (fig. 1 et 2, Pl. XX) ; les trachéides qui la composent augmentent aussi de calibre. La pièce sortante achève ainsi de s'individualiser.

Sortie. — Les quatre préparations T_7 , T_6 , T_2 , T_1 , coupent la même pièce sortante S à peu près transversalement ; nous avons noté les 4 sections de la sortie respectivement S_1 , S_2 , S_3 , S_4 , en suivant l'ordre ascendant.

S_1 (fig. 1 et 1 *b*, Pl. XIX) est détachée de l'arc récepteur depuis peu de temps. Elle a une forme grossièrement ovale ; elle comprend un pôle unique antérieur et une masse de métaxylème allongée verticalement.

En S_2 (fig. 2, Pl. XIX et 4, Pl. XX) on voit que la face antérieure de cette même sortie s'est élargie. Cet élargissement se manifeste plus encore en S_3 (fig. 3, Pl. XIX et 5, Pl. XX) où le pôle paraît déjà s'être divisé. Enfin les figures 1 et 1 *a*, Pl. XX montrent qu'à ce niveau, la pièce sortante a été brisée en deux fragments par un accident de glissement.

Plus haut, la sortie continue à s'élargir à mesure qu'elle s'éloigne de la méristèle ; elle prend d'abord une forme arrondie, puis ovale à grand axe perpendiculaire au plan médian. Il ne lui reste qu'à se creuser sur la face postérieure pour réaliser un arc vasculaire identique au faisceau principal.

La pièce sortante est émise presque latéralement et elle reste sensiblement parallèle à la méristèle du rachis primaire.

Ornements du bois. — Les grosses trachéides sont pourvues de ponctuations aréolées multisériées (fig. 2-3, Pl. XX), tandis que les petits éléments, voisins des trachées, sont ornés d'épaississements scalariformes (Δd , Δg et px , fig. 2-3, Pl. XX).

Rapports et différences. — Le pétiole qui vient d'être décrit est certainement un pétiole primaire. Il est évidemment très voisin d'*A. robusta* puisque ses caractères généraux sont les mêmes. En particulier l'arc ligneux épais et en forme de croissant est presque pareil à celui d'*A. robusta*.

A. Pauteti se distingue cependant par les caractères suivants :

- 1°) contour sub-rectangulaire du pétiole en section transversale ;
- 2°) bord externe et bord interne de la lame ligneuse légèrement, mais nettement ondulés ;

- 3°) faisceau plus petit par rapport au volume du pétiole, que chez *A. robusta* ;
- 4° écorce moins sclérifiée, composée d'éléments à parois plus minces ;
- 5°) sorties successives plus rapprochées les unes des autres.

PÉTIOLE SECONDAIRE

Section 1731, III, R₃

Il s'agit du petit pétiole rencontré par la préparation 1731, III, R₃. La conservation de cet organe étant défectueuse, je ne le figurerai pas.

Dimensions et forme générale. — Ce pétiole mesure 2 mm. environ de largeur, il est coupé obliquement dans le sens antéro-postérieur. Le faisceau n'a pas 1 millimètre de largeur ; il s'inscrit approximativement dans un rectangle.

On distingue dans cette section : l'épiderme, la gaine scléreuse, le parenchyme fondamental et le faisceau.

Epiderme. — L'épiderme est formé d'une rangée de cellules de petite taille, allongées tangentiellement.

Gaine scléreuse. — La gaine scléreuse, très réduite, est composée d'une couche de 2 à 3 rangées de fibres à parois épaisses.

Parenchyme fondamental. — Il n'est pas homogène, mais formé de grosses cellules mêlées à d'autres plus petites.

Faisceau. — On distingue sur le pourtour : l'endoderme souligné par un dépôt noirâtre.

La masse ligneuse s'inscrit dans un rectangle, ses éléments les plus petits sont situés aux deux angles antérieurs. Le reste du faisceau est composé de grosses trachéïdes.

III. Anachoropteris circularis nov. sp.

Planche XXXI, fig. 3.

Diagnose. — Pétiole ayant en section transversale un contour circulaire, sans gouttière sur la face antérieure ;

Faisceau ligneux s'inscrivant dans un cercle et comprenant :

1°) une lame ligneuse médiane courte et uniformément épaisse ;

2°) deux arcs récepteurs, de même épaisseur que la lame médiane, très allongés en arrière et peu recourbés vers le plan médian ;

Ecorce constituée par une gaine scléreuse épaisse et un parenchyme fondamental homogène ;

Sortie émise, latéralement, sous forme d'une masse ovale pleine à pôle endarque.

Documents. — Cette espèce est fondée sur un pétiole dont je ne possède qu'une seule lame mince, c'est la section N° 77/6 de la collection Renault. Je n'en connais pas le culot de taille.

Gisement. — Cette espèce provient du Permien d'Autun.

PÉTIOLE

Forme et dimensions du pétiole. — Le pétiole a un contour arrondi, sans gouttière du côté antérieur et mesure environ 7 mm. de diamètre.

On y distingue : 1°) L'épiderme ; 2° la gaine scléreuse ; 3° le parenchyme fondamental ; 4° la lame ligneuse.

Epiderme. — L'épiderme est fortement cutinisé.

Gaine scléreuse. — Elle est assez épaisse, formée de très petits éléments fibreux.

Parenchyme fondamental. — Il comprend deux zones :

1°) Une zone externe homogène, c'est-à-dire formée de cellules toutes de même taille et de diamètre assez faible ;

2°) Une zone interne également homogène, mais où les éléments, beaucoup plus petits, sont allongés tangentiellement.

Lame ligneuse. — La lame ligneuse est sub-centrale, plus rapprochée du bord postérieur que du bord antérieur ; elle a la forme d'un anneau circulaire ouvert en arrière. Elle comprend :

1°) une lame horizontale médiane, courte, uniformément épaisse, constituée par un petit nombre de rangées de cellules (3 à 4) et munie d'un pôle fondamental à chacune de ses extrémités antérieures ;

2°) deux arcs récepteurs, peu recourbés et très allongés. Chaque arc récepteur présente un pôle sortant sur son bord externe antérieur.

Cette trace est schématisée fig. 24 du texte.

Emission des pôles sortants et individualisation de la sortie. — L'émission des pôles sortants a lieu de la même façon que chez *A. robusta*. La sortie est émise latéralement ; au moment de son individualisation elle est ovale avec grand axe vertical.

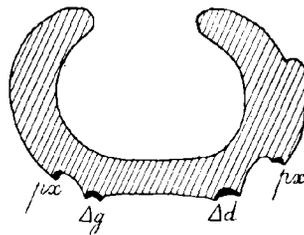


Fig. 24. — *Anachoropteris circularis* nov. sp.

Dessin schématique du faisceau foliaire d'un pétiole primaire.

Section transversale. Gr. = 8 environ.

Δg et Δd , pôles fondamentaux ;

px , pôles sortants.

Rapports et différences. — La lame ligneuse d'*A. circularis* offre beaucoup d'analogies avec celle d'*A. robusta*.

On relève cependant les différences suivantes :

- 1°) elle s'inscrit dans un cercle et non dans une ellipse ;
- 2°) la lame médiane antérieure est plus courte ;
- 3°) les arcs récepteurs sont plus allongés que chez *A. robusta*.

Le pétiole lui-même a une section circulaire et non ovale comme chez cette dernière espèce et il ne possède pas de gouttière sur la face antérieure. Enfin, le parenchyme fondamental est homogène, tandis que chez *A. robusta*, il est hétérogène.

IV. — *Anachoropteris Gilloti*. nov. sp.

Planche XXI

Diagnose. — Pétiole ayant, en section transversale, un contour arrondi avec une gouttière légèrement indiquée sur la face antérieure ;

Faisceau ligneux à contour général rectangulaire faiblement concave sur son bord abaxial, constitué par :

- 1°) une lame ligneuse centrale courte et épaisse,
- 2°) deux renflements récepteurs, formant comme deux petites bosses faiblement saillantes en arrière.

Sortie émise, latéralement, sous forme d'une masse ovale allongée verticalement.

Ecorce comprenant une gaine mécanique scléreuse épaisse et un parenchyme fondamental hétérogène.

Documents. — La description de cette espèce est basée sur 4 sections provenant d'un même échantillon, dont on ne connaît pas le culot de taille. Ces

préparations font partie de la collection Roche. Elles appartenait à un lot de 11 préparations étiquetées *Grammatopteris Rigolloti* (voir note infra-paginale 1, page 9). L'une d'elles portait le numéro B, 34, les autres n'étaient pas numérotées. Je les appellerai C, 34, D, 34 et E, 34.

Origine. — D'après C. Eg. Bertrand (1) l'*Anachoropteris* en question est originaire de Grand' Croix (base du Stéphanien moyen).

Ordre de superposition des sections. — La section la plus basse du pétiole est numérotée B, 34 (fig. 2, Pl. XXI). Les autres sections se placent dans l'ordre ascendant suivant : C, 34, (fig. 3, Pl. XXI), D, 34 (fig. 1, Pl. XXI) et E, 34 (fig. 4, Pl. XXI). Les sections B, 34 et C, 34 ont été retournées lors de leur exécution. Aussi faut-il, par la pensée, inverser les figures 2 et 3, Pl. XXI pour les comparer aux figures 1 et 4, même Planche.

PÉTIOLE

Dimensions et forme générale. — Le pétiole d'*A. Gilloti* mesure environ 8 mm. de diamètre. Sa section transversale est sensiblement circulaire (fig. 1, Pl. XXI).

Il est muni d'une faible dépression ou gouttière sur la face antérieure. On y distingue les zones suivantes :

1°) la gaine scléreuse ; 2°) le parenchyme fondamental ; 3°) le faisceau libéro-ligneux.

Gaine scléreuse. — Cette gaine scléreuse, relativement épaisse, est plus développée sur la face antérieure du pétiole que sur les autres faces.

Elle se compose : d'une mince couche de fibres scléreuses à la périphérie du pétiole, et, vers l'intérieur, d'une zone importante d'éléments courts à parois épaissies. Sur la face antérieure, une bande de fibres scléreuses s'intercale entre cette dernière zone et le parenchyme fondamental.

Parenchyme fondamental. — Le parenchyme fondamental est composé d'éléments de taille moyenne, associés à de grandes cellules. Les plus petits

(1) C.-Eg. BERTRAND et P. BERTRAND. — Le *Tubicaulis Berthieri* sp. nov. *Soc. d'Hist. Nat. d'Autun*, T. 24, 1911, p. 45.

éléments ont leur paroi épaissie, surtout sur la face antérieure. Vers l'intérieur les cellules redeviennent petites, toutes de même taille et ont tendance à s'allonger tangentiellement (fig. 1, Pl. XXI).

Liber. — Le liber est partiellement représenté par la zone noirâtre qui entoure le faisceau ligneux. On y distingue encore des traces de cellules (fig. 1, 2, 3, 4, Pl. XXI).

Lame ligneuse. — Elle occupe une position sub-centrale dans le pétiole. Elle comprend :

1°) une lame centrale courte, épaisse, trapue, constituée par de grosses trachéides et pourvue à chacun de ses angles antérieurs d'un pôle fondamental (Δg et Δd) ;

2°) deux renflements récepteurs (fig. 1a, Pl. XXI), ou bosses réceptrices.

Les pôles sortants (px) sont situés sur le bord ou sur le coin antérieur des renflements récepteurs.

La lame ligneuse d'*A. Gilloti* est schématisée fig. 25 du texte.

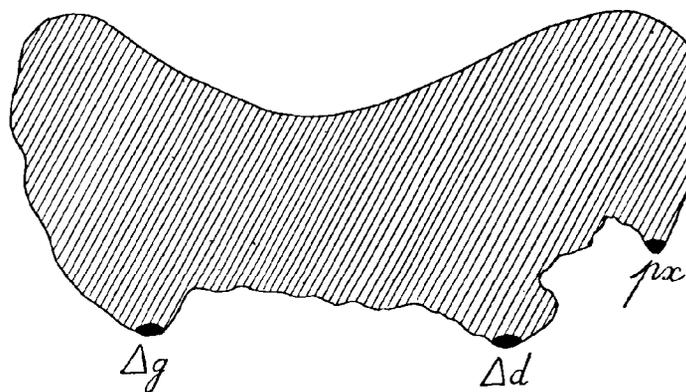


Fig. 25. — *Anachoropteris Gilloti* nov. sp.

Dessin schématique du faisceau foliaire d'un pétiole primaire.

Section transversale. Gr. = 60 environ.

Δg et Δd , pôles fondamentaux ;

px , pôle sortant.

Emission des pôles sortants. — Tout d'abord le pôle fondamental se divise (voir Δd , fig. 2, Pl. XXI) ; à ce moment les éléments trachéens occupent tout l'angle latéral antérieur du faisceau foliaire. Plus haut, (fig. 3, Pl. XXI) on a 2 pointements distincts : Δd et px , séparés par un léger sinus. Plus haut encore (fig. 1 et 1 a, Pl. XXI), le pôle sortant px forme un pointement séparé du pôle fondamental Δd par un large sinus ; un massif de métaxylème largement adhérent au renflement récepteur commence à s'individualiser en arrière de px ; il est bien caractérisé par ses trachéides plus petites. Enfin, sur la section *E*, 34, qui est la plus élevée (Pl. XXI, fig. 4), une masse sortante *S* se détache de la région d'insertion, c'est-à-dire de l'extrémité droite du faisceau. Elle a un contour ovale, très allongé verticalement.

L'émission des pièces sortantes est rigoureusement latérale. Les régions d'insertion sont donc situées exactement aux deux extrémités droite et gauche du faisceau foliaire (voir fig. 26, du texte, côté droit).

POSITION SYSTÉMATIQUE D'*ANACHOROPTERIS* GILLOTI

Ce qui nous frappe, dans le pétiole d'*A. Gilloti*, c'est qu'il ne ressemble pas du tout aux pétioles d'*A. robusta* et d'*A. Pauteti* décrits précédemment.

Au lieu de 2 arcs latéraux bien développés, on a seulement : 2 bosses faiblement saillantes pointant en arrière, inclinées au maximum à 30 ou 45° sur la lame médiane antérieure. Celle-ci est épaisse et courte.

A première vue, ce faisceau rappelle celui de *Grammatopteris Bertrandi*

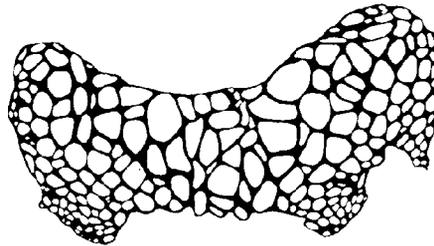


Fig. 26. — *Anachoropteris Gilloti* nov. sp.
Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire.
Photographie retouchée. Gr. = 30 environ.

dont il diffère simplement par ses 2 bosses réceptrices, alors que chez *G. Bertrandi* rien ne fait saillie et que la masse ligneuse toute entière a, en section transversale, la forme d'un rectangle.

Cependant, c'est bien des *Anachoropteris* du groupe *robusta* que nous devons rapprocher *A. Gilloti*, car précisément, dans les 2 bosses réceptrices, nous retrouvons tous les éléments des 2 arcs récepteurs d'*A. robusta* : ce sont effectivement 2 arcs récepteurs rudimentaires et les pièces sortantes sont émises en définitive comme chez *A. robusta* et chez *A. Pauteti*. C'est une protostèle à pôle endarque qui se détache de la région d'insertion.

Relations d'A. Gilloti avec les Grammatopteris. — Les observations précédentes nous dispensent d'insister. Il est clair que si *A. Gilloti* est bien un *Anachoropteris*, il est cependant peu éloigné des *Grammatopteris* du type *G. Bertrandi*. En ce qui nous concerne, il nous paraît évident que cette espèce occupe une position intermédiaire entre les genres *Anachoropteris* et les *Grammatopteris*.

V. — *Anachoropteris radnicensis* Corda

1867. — *Selenopteris radnicensis* (pro parte) Corda, Flora der Vorwelt page 84, fig. 4, Pl. LIII.

Sous le nom de *Selenopteris radnicensis*, Corda figure 2 espèces représentées respectivement par les figures 4, et 5, Pl. LIII de la Flora der Vorwelt.

La figure 4, montre un faisceau foliaire comparable à celui d'*A. Gilloti*. Comme chez cette espèce la lame ligneuse médiane est courte et trapue ; elle est munie de deux renflements récepteurs très courts. Mais le pétiole d'*Anachoropteris radnicensis* diffère d'*A. Gilloti* par les caractères suivants :

1°) Le renflement récepteur est acuminé en arrière au lieu d'être arrondi comme chez *A. Gilloti* ;

2°) la zone scléreuse (zone externe du tissu cortical) est moins épaisse chez *A. radnicensis* que chez *A. Gilloti*.

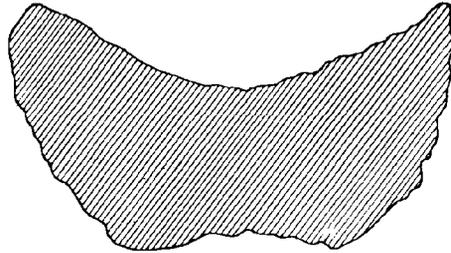


Fig. 27. — *Anachoropteris radnicensis* Corda.

Schéma, de la trace foliaire, calqué sur la fig. 4, Pl. LIII, de la Flora der Vorwelt de Corda. Les pôles fondamentaux ne sont pas indiqués par cet auteur. Ils sont certainement situés aux deux angles adaxiaux de la lame médiane. Gr. = 30 environ.

Quant au pétiole figuré en 5 dans l'ouvrage de Corda, son faisceau vasculaire n'est pas dessiné avec assez de précision pour permettre une détermination rigoureuse. Néanmoins ce pétiole paraît appartenir à un *Grammatopteris* sp. (cf. *G. Bertrandi* Corsin).

C'est sur la figure 4, Pl. LIII de la Flora des Vorwelt que je fonde l'*Anachoropteris radnicensis*. Il provient des sphérosidérites de Radnitz, c'est-à-dire du Westphalien C. Son faisceau foliaire est schématisé fig. 27 du texte.



CHAPITRE CINQUIÈME

Groupe de l'*Anachoropteris involuta*

Les *Anachoropteris* du groupe de l'*involuta* sont caractérisés, de la manière la plus nette, par les 2 arcs basilaires fortement incurvés, concaves sur leur bord externe, qui occupent les 2 angles antérieurs du faisceau pétiolaire. A ce caractère extrêmement frappant, il faut ajouter : la lame médiane antérieure relativement longue et les 2 arcs postérieurs enroulés en spirale.

Chaque arc basilaire s'articule, en quelque sorte, d'une part avec la lame ligneuse antérieure, d'autre part avec la pointe antérieure de l'arc postérieur. Cette 2^e articulation marque rigoureusement l'emplacement de la région d'insertion : C'est en cet endroit que la boucle sortante va s'individualiser aux dépens de l'arc vasculaire.

Toutes les parties de la méristèle des *Anachoropteris* du type de l'*involuta* sont donc remarquablement différenciées, spécialisées. Mais bien entendu, c'est le mode d'émission des cordons de protoxylème sortants et l'individualisation des sorties qui montrent réellement toute l'importance et toute la signification de cette spécialisation.

I. — *Anachoropteris involuta* Hoskins

Planches XXII à XXIX

1930. — *Anachoropteris involuta* Hoskins, Contribution to the coal measures flora of the Illinois. *The american midland naturalist*, Vol. XII, N° 5, Pl. III, fig. 5.

Diagnose. — *Pétioles primaires* ayant, en section transversale, un contour trapézoïdal à coins arrondis, munis, sur leur face antérieure, d'une gouttière adaxiale large et peu profonde.

Faisceau vasculaire grêle. Lame médiane antérieure allongée, plus épaisse vers le milieu qu'aux extrémités, sensiblement rectiligne. Arcs récepteurs extrêmement développés et différenciés. Segments basilaires relativement courts, d'épaisseur uniforme, incurvés, concaves sur leur bord externe ; très apparents, ces deux petits arcs constituent les deux coins antérieurs de l'arc vasculaire.

À leur suite : régions d'insertion à peu près de même épaisseur que les segments basilaires, mais se continuant en arrière par 2 arcs postérieurs plus épais, enroulés l'un vers l'autre et décrivant plus d'un tour de spire.

Pièce sortante émise latéralement, par évagination de la région marginale, se détachant sous forme d'une boucle ouverte du côté postérieur et prenant dans le pétiole secondaire successivement la forme d'un U, puis d'un grand C couché.

Ecorce composée d'un épiderme, d'une couche assimilatrice, d'une zone scléreuse et d'un parenchyme fondamental hétérogène.

Deux ahlébies, l'une postérieure, l'autre antérieure, à la base des pétioles secondaires.

Pétioles secondaires. — Section transversale semblable à celle des pétioles primaires. Faisceau offrant la même organisation que ci-dessus, mais arcs récepteurs moins enroulés ; arcs postérieurs ne dessinant pas un tour de spire complet.

Emission des sorties sous forme de masse annulaire.

Pétioles tertiaires. — Faisceau moins développé, avec arcs récepteurs simplement recourbés vers le plan médian.

Sortie destinée au pétiole quaternaire émise sous forme d'une masse ligneusc pleine et plus rapprochée de la face antérieure de l'arc vasculaire.

Faisceaux des *ramifications ultimes* n'ayant plus qu'un pôle fondamental médian.

Documents. — L'étude de l'*Anachoropteris involuta* Hoskins que nous présentons ci-après, est basée sur les documents suivants :

1°) Une série de préparations anciennes provenant de la collection Montessus-Renault et dont on ne connaît pas de culot de taille ; Ce sont :

a) les sections 80/52, 80/53, 80/54, 80/55, provenant d'un même échantillon ; (1^{er} échantillon) les 3 premières (52, 53, 54) sont des sections transversales la 4^e (55) est une section longitudinale.

La position respective de chacune de ces préparations dans le pétiole considéré est donnée par le schéma, fig. 28 du texte. 80/52 est placée vers le bas, 80/53 est la section supérieure tandis que 80/54 se trouve entre les deux sections précédentes.

b) Les préparations 80/61 et 80/63 tirées d'un *deuxième échantillon*. Ce sont encore des sections transversales ; 80/61 doit se placer au dessous de 80/63 mais à une assez grande distance.

2°) Un certain nombre d'échantillons nouveaux de la collection M. Hovelacque :

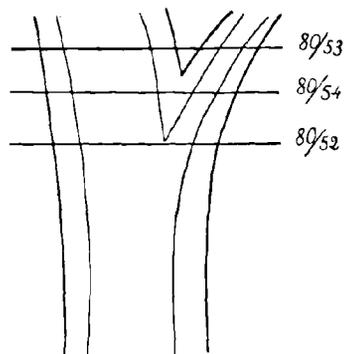


Fig. 28. — Schéma indiquant la position respective des lames minces 80/52, 80/53, 80/54, exécutées dans un rachis d'*Anachoropteris involuta*.

a) 3° échantillon d'*A. involuta*. — C'était un silex long de 12 cm. environ, large de 6 à 7 cm. et épais de 4 cm. Il montrait, à l'une de ses extrémités, un fragment de rachis d'*Anachoropteris* sur une longueur de 1 à 2 cm. Ce silex a été débité complètement, on en a tiré II lames minces ; parmi celles-ci, 5 renferment des *Anachoropteris*, savoir :

Les 2 sections exécutées perpendiculairement à l'organe visible (1704, II b, T₉ et 1704, II b, T₁₀) ;

Les deux sections exécutées dans le même plan que ces dernières, mais sur le côté de celles-ci (1704, II a, T₆ et 1704, II a, T₇) ;

Une section perpendiculaire aux précédentes et située dans la même région (1704, II b, H₈)

Les rachis rencontrés par les différentes sections ne sont pas tous de même taille ; T₉ et T₁₀ coupent un gros rachis de 6 mm. de largeur tandis que les axes coupés par T₆, T₇, et H₈ n'ont que 2 mm. suivant la même dimension.

Bien que nous n'ayons pas vu les connexions entre ces organes, il est fort probable qu'ils appartiennent à une même plante. Je considérerai le gros rachis comme étant d'ordre 1, tandis que les petits seront d'ordre 2.

b) 4° échantillon. — C'était un silex mesurant environ 4 cm. de côté et montrant sur une face un fragment de rachis d'*Anachoropteris*. Ce rachis a été coupé par deux sections transversales 1705, I, T₁ et 1705, I, T₂. Il s'agit d'un gros pétiole sans doute un pétiole primaire (6 mm. de largeur).

c) 5° échantillon. — Il a été prélevé sur ce silex de petite taille 2 sections (1710, I T₁ et 1710, I, T₂) coupant un rachis d'*Anachoropteris*.

d) 6° échantillon. — Dans ce silex trois sections ont été taillées (1989, T₁, 1989, T₂ et 1989, T₃). Elles montrent un pétiole de forte taille.

e) 7° échantillon. — Cet échantillon a fourni deux sections (1919, I et 1919, II) montrant des rachis d'ordre 2 et 3 que je rattache encore à *Anachoropteris involuta*.

Gisement. — Les préparations anciennes ont été prélevées sur des silex trouvés à Combrigolles près de Grand' Croix. Les silex de la collection M. Hovelacque proviennent également de Grand' Croix, c'est-à-dire de la base du Stéphanien moyen.

Ordre de description. — J'étudierai successivement : les rachis primaires

et leurs sorties ; les rachis secondaires et leurs sorties ; enfin les pétioles tertiaires et les ramifications ultimes. Les sortie hâtives que l'on trouve à la base des pétioles secondaires feront l'objet d'un chapitre spécial.

PÉTIOLLES PRIMAIRES

Je considère les pétioles coupés par les lames minces 1989, T₁, T₂, T₃ ; 1704, T₉ et T₁₀ ; 80/52-55 ; 1705, T₁ et T₂ comme étant des pétioles primaires. Ils mesurent 6 mm. à 8 mm. de largeur sur 3 à 4 mm. de hauteur. De même les rachis rencontrés par les sections 1710, T₁ et T₂ ; 80/61-63 sont considérés comme de même ordre que les précédents malgré leurs dimensions beaucoup plus petites (4mm. de largeur). Ils appartiennent sans doute à des régions situées plus haut dans la fronde.

Echantillon princeps

Sixième échantillon, n° 1989, Sections T₁, T₂ et T₃

Planche XXII.

Je considère le pétiole figuré d'après l'échantillon 1989 comme l'un des plus typiques d'*Anachoropteris involuta* :

- 1°) parce qu'il est très bien conservé ;
- 2°) qu'il a gardé sa forme primitive et aucune des parties qui le constituent n'a subi d'altération ou de déplacement.

Dimensions et forme générale du pétiole en section transversale. — Ce pétiole mesure environ 7 mm. de largeur sur 4 mm. d'épaisseur. La section transversale est sub-trapèzoïdale (fig. 1, Pl. XXII) avec 4 angles arrondis, la face postérieure est convexe, les deux faces latérales présentent chacune une petite dépression, tandis que la face antérieure est concave.

Le pétiole d'*Anachoropteris involuta* possède donc une gouttière large et peu profonde à sa face antérieure.

Histologie. — On peut distinguer sur la section transversale les tissus suivants :

1°) l'épiderme, 2°) un tissu assimilateur, 3°) la gaine scléreuse externe, 4°) le parenchyme fondamental, 5°) la lame libéro-ligneuse, 6°) le pilier scléreux interne.

Epiderme. — L'épiderme est très net, notamment fig. 1 et 1 c, Pl. XXII en *ep*. Il est formé de petites cellules allongées tangentiellement, à lumière très réduite, recouvertes extérieurement d'une mince couche de cutine. Cet épiderme forme autour du pétiole une bordure blanchâtre.

Tissu assimilateur. — Immédiatement sous l'épiderme, on trouve une zone très peu importante d'éléments de petite taille et à parois relativement minces, c'est le tissu assimilateur (*ta*, fig. 1 c, Pl. XXII).

Gaine scléreuse. — La gaine scléreuse est assez mince, elle est plus développée sur la face antérieure et sur les faces latérales que sur la face postérieure. Au voisinage de la couche assimilatrice, elle est formée de fibres à cavité interne presque nulle (*ts*, fig. 1 c, Pl. XXII). Cette zone de fibres scléreuses apparaît comme une couronne sombre entourant le pétiole (fig. 1, Pl. XXII). Sur la face postérieure, il y a très peu de fibres.

A l'intérieur de cette zone, il y a des éléments courts à parois très épaissies (*tfe*, fig. 1 c, Pl. XXII), dont la taille augmente progressivement vers l'intérieur. Ce tissu passe insensiblement au parenchyme fondamental.

Parenchyme fondamental. — Il est formé de grosses cellules mêlées à des éléments de taille plus petite (*tfi*, fig. 1 c, Pl. XXII). Leurs parois sont relativement minces. Vers l'intérieur les grosses cellules disparaissent et on a une zone à éléments tous de même taille, allongés tangentiellement, (fig. 1 c, Pl. XXII).

Faisceau vasculaire. — Le faisceau est très gros par rapport au volume du pétiole. Il occupe plus de la moitié de l'épaisseur et plus de la moitié de la largeur de celui-ci. Il est placé sensiblement en son milieu. Son caractère le plus important est d'être grêle et très enroulé à ses extrémités. Dans son ensemble, le faisceau possède un grand axe droite-gauche et un petit axe à peine supérieur à la moitié du grand axe.

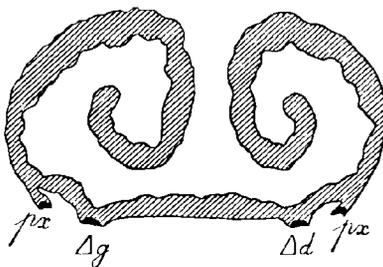


Fig. 29. — *Anachoropteris involuta* Hoskins.

Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire (6^e échantillon)

Section transversale. Gr. = 13 environ.

Δg et Δd, pôles fondamentaux

vx, pôles sortants.

L'arc vasculaire s'inscrit donc dans un contour ovale, étiré horizontalement. Il est schématisé fig. 29 du texte.

Métaxylème. — Le métaxylème se compose seulement de deux à trois couches de trachéides de gros calibre ; tout le long du bord externe et sur sa face antérieure l'arc ligneux est complété par quelques éléments, beaucoup plus petits, qui comblent les intervalles entre les grosses trachéides et égalisent la courbe. (voir fig. 30 du texte).

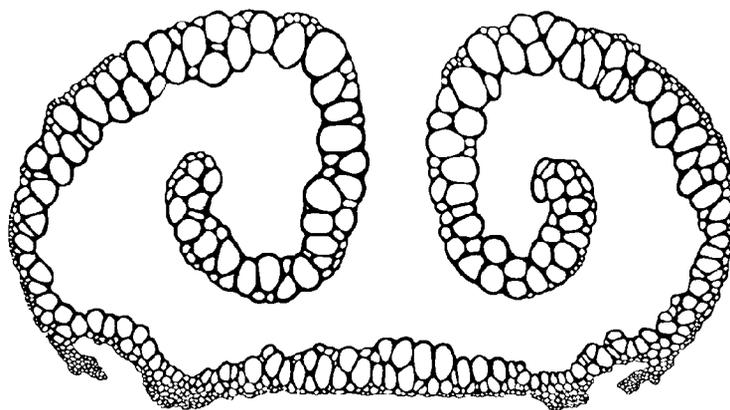


Fig. 30. — *Anachoropteris involuta* Hoskins.

Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire. Photographie retouchée. Gr. = 22 environ.

Variations d'épaisseur de l'arc vasculaire. — Très mince dans la région des pôles Δ la lame ligneuse médiane antérieure s'épaissit fortement en son milieu, tandis que les trachéides qui la constituent augmentent de taille. Il en est de même des arcs postérieurs qui sont plus épais que les autres parties de l'arc vasculaire et constitués par le plus grosses trachéides. Au contraire les régions d'insertion convexes et les arcs basilaires concaves sont les parties les plus minces de l'arc vasculaire et sont constitués par des trachéides d'un calibre plus faible.

Cordons de protoxylème. — En section transversale, les pôles fondamentaux Δg et Δd se présentent sous forme de cupules.

Chaque arc récepteur est également pourvu d'un pôle en cupule qui occupe l'extrémité antérieure d'une saillie constituée par des trachéides très petites. Mais ici nous avons affaire à des pôles sortants px et les saillies qui les portent nous indiquent clairement l'emplacement des régions d'insertion.

Emission des cordons de protoxylème sortant. — Pour atteindre la région d'insertion le cordon sortant de protoxylème px , issu d'un pôle fondamental Δ suit un trajet oblique, qui sur la section transversale se projetterait exactement suivant la corde qui sous-tend l'arc basilaire antérieur. Une section transversale convenable peut donc couper le cordon px au milieu de son trajet, complètement isolé en apparence du métaxylème de l'arc basilaire (fig. 1 *a* et 1 *b*, Pl. XXII).

Liber. — Le liber entourait complètement la lame ligneuse, il en reste quelques petits lambeaux de ci, de là, aussi bien à son intérieur que dans les régions extérieures. On peut l'examiner en *l*, fig. 1, 1 *a*, 1 *b*, Pl. XXII, sur la face postérieure de la lame médiane ainsi qu'au voisinage des pôles Δg et px correspondant (*l*, fig. 1 *a*, Pl. XXII). Il est formé de cellules à parois minces, hexagonales et assez irrégulières. Ces caractères permettent de le distinguer de la couche de petites cellules, régulièrement hexagonales, qui bordent la lame ligneuse vers l'extérieur.

Pilier scléreux médian. — Enfin, il existe, à l'intérieur de la masse libéro-ligneuse, une région rattachée par sa partie inférieure au parenchyme fondamental. Cette région a la forme d'un T renversé.

On distingue dans ce T le pilier médian *P* et les bras. La base du pilier médian est parenchymateuse et formée des mêmes cellules ovoïdes qui composent le parenchyme interne, dont elle n'est que le prolongement.

La partie supérieure élargie de ce pilier, ainsi que les deux bras enroulés, est formée de sclérenchyme (*tsi*, fig. 1 *a*, Pl. XXII). Cette masse centrale de fibres scléreuses est néanmoins bordée de quelques rangées de cellules parenchymateuses, sur tout son pourtour (*p*, fig. 1 *a*, Pl. XXII).

Troisième échantillon

Echantillon 1704. — Sections T_9 et T_{10}

Planche XXIII, fig. 1, 2

Dimensions du pétiole. — La section transversale mesure 8 mm. suivant son grand axe, et 4 mm. suivant son axe vertical. Le contour est subtrapézoïdal comme précédemment.

Le pétiole coupé par les sections 1704, T_9 et T_{10} offre exactement les mêmes caractères que notre échantillon princeps. Même disposition générale, même structure des différents tissus. Ce qui le rend particulièrement intéressant, c'est qu'il permet d'étudier l'individualisation des arcs sortants destinés aux pétioles secondaires. Les deux sections T_9 et T_{10} étant très voisines l'une de l'autre, montrent, à cet égard, à peu près les mêmes faits ; cependant on peut reconnaître que T_{10} (fig. 1 Pl. XXIII) est la plus élevée des deux, car la brèche *a*, ouverte à gauche dans l'arc vasculaire est un peu plus forte.

Nous examinerons successivement : l'émission des cordons de protoxylème destinés aux sorties, puis l'individualisation des sorties.

Emission des pôles sortants. — La lame médiane antérieure et nettement délimitée par les pôles fondamentaux Δg et Δd Entre les pôles Δ et les régions d'insertion, on peut voir des cordons de protoxylème sortants, coupés à divers niveaux. C'est ainsi que du côté gauche, px_3 est situé à mi-chemin entre Δg et la région d'insertion (fig. 1 et 2, Pl. XXIII). Du côté droit au contraire, px_2 a déjà atteint la languette de métaxylème qui se forme à ce niveau et qui marque l'extrême base de l'insertion de la sortie. Enfin du côté gauche px_1 fait partie d'une boucle sortante qui achève de s'individualiser (fig. 1 et 2, Pl. XXIII).

On voit donc que : suivant le niveau où il est coupé, le cordon de protoxylème sortant px , occupe toutes les positions le long de la corde qui soutient l'arc basilaire antérieur.

Emission des sorties destinées aux pétioles secondaires. — Au niveau de l'émission des sorties, l'arc vasculaire subit des modifications profondes dans ses régions latérales.

Tout d'abord, sur le côté droit de la section T_{10} (fig. 1, Pl. XXIII), une languette saillante, pourvue d'un pôle px_2 à son extrémité antérieure marque l'emplacement de l'insertion. L'épaississement de cette languette, constituée par des trachéides de petit calibre, est le premier indice de l'émission d'une sortie.

La sortie du côté gauche est beaucoup plus avancée. Ici, toute la région d'insertion de l'arc vasculaire s'est dilatée, formant hernie vers l'extérieur. Un massif compact de petites trachéides, avec le pôle sortant px_1 occupe la pointe antérieure de la hernie, c'est-à-dire de la boucle sortante. Sur sa droite, l'arc sortant est en parfaite continuité avec l'arc basilaire qu'il semble prolonger, grâce à une incurvation ; mais sur sa gauche, il s'est ouvert en b et s'est séparé de l'arc postérieur de la méristèle. Dans la concavité de l'arc sortant s'enfonce une apophyse du pilier scléreux médian.

A ce niveau (côté gauche de la fig. 1, Pl. XXIII) l'extrémité de l'arc postérieur et l'arc basilaire antérieur s'incurvent en formant 2 petits arcs convexes tournés l'un vers l'autre.

A un niveau plus élevé que celui de nos préparations T_9 et T_{10} , on verrait la soudure s'opérer entre ces deux petits axes convexes. En d'autres termes : l'arc postérieur et l'arc basilaire antérieur se soudent, l'un à l'autre par leur bord interne, et, ferment ainsi la brèche a , ouverte dans l'arc vasculaire par le départ de la sortie.

Simultanément, l'arc sortant achèvera de s'individualiser :

1°) en recevant un petit tronçon détaché de l'arc postérieur, tronçon qui constituera l'arc postérieur droit de la sortie ;

2°) en se détachant de l'arc basilaire. (Voir figure 31 du texte ci-contre).

Etat final. — En a' (fig. 2, Pl. XXIII) un point très aminci, marque le sommet de la brèche, ouverte dans l'arc vasculaire par le départ d'une sortie, qui s'est échappée beaucoup plus bas.

De la description précédente, il faut retenir les faits suivants :

1°) Pour émettre la sortie destinée à un pétiole secondaire, toute la région

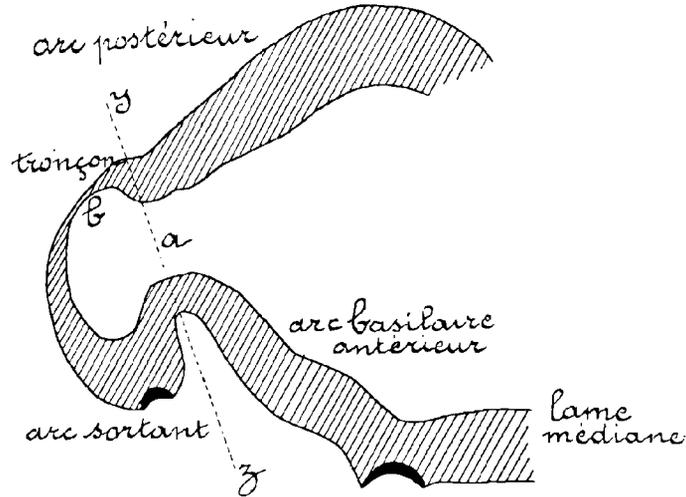


Fig. 31. — *Anachoropteris involuta* Hoskins

Dessin schématique indiquant le mode d'insertion de la sortie destinée à un pétiole secondaire.

yz, région où se fera la séparation des 2 faisceaux,

b, région de rupture de l'arc vasculaire = brèche.

a, région où l'arc récepteur se ressoude après l'émission de la sortie.

d'insertion de l'arc vasculaire (côté gauche de la fig. 1, Pl. XXIII) se plisse et se dilate faisant hernie vers l'extérieur. La boucle (1) ainsi formée s'ouvre bientôt en arrière dans la région b, puis plus haut se détache de l'arc vasculaire par une coupure qui s'effectuera suivant la ligne yz au moment (2) même où l'arc postérieur et l'arc basilaire antérieur se ressouderont l'un à l'autre par leur bord interne et fermeront ainsi la brèche foliaire.

2°) Au moment de sa libération l'arc sortant a la forme d'un C ou d'un U largement ouvert en arrière, épais dans sa région antérieure et amincie à ses extrémités. Son plan de symétrie est sensiblement parallèle à celui de la méristèle qui lui a donné naissance.

3°) L'arc postérieur et l'arc basilaire antérieur jouent sensiblement des rôles complémentaires dans l'élaboration de la sortie. Le premier fournit en gros les 2 arcs postérieurs de la stèle sortante, le second fournit de même toute

(1) La boucle, c'est-à-dire la poche ainsi formée, se fend bientôt dans sa région postérieure.

(2) Au moment, c'est-à-dire : au niveau.

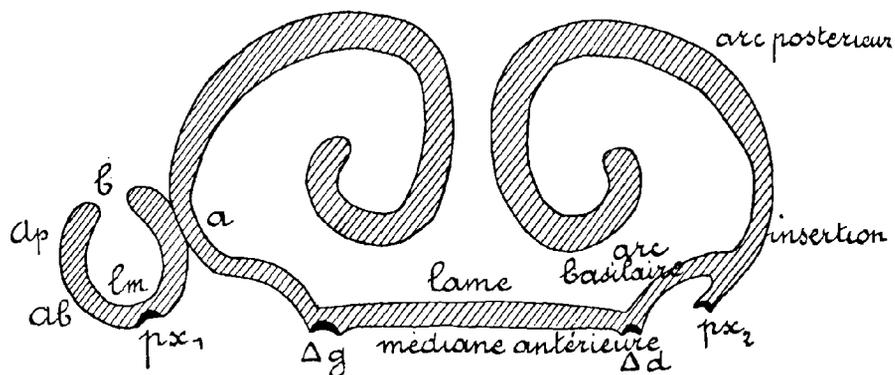


Fig. 32 — *Anachoropteris involuta* Hoskins.

Dessin schématique d'un faisceau vasculaire et de la sortie qui en est issue.
Ap, arc postérieur,
Ab, arc basilaire,
lm, lame médiane antérieure,
b, brèche,
a, région où l'arc récepteur se ressoude après émission de la sortie.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux,
 px_1 , px_2 , pôles sortants.

la partie antérieure de l'*U*, à l'exception des cordons de protoxylème issus du pôle Δ . C'est ce phénomène que M. P. Bertrand a qualifié d'édification homologue ou parallèle. (voir fig. 32 du texte).

Premier échantillon

Echantillon 80 Montessus-Renault. — Sections 52, 53, 54, 55.

Planches XXIV à XXVII

Dimensions. — Ce pétiole en section transversale mesure 6 mm. suivant son axe vertical.

Comme les 2 précédents, il appartient incontestablement à l'*A. involuta* Hoskins : par ses caractères histologiques et par l'organisation de sa méristèle.

Il nous intéresse particulièrement parce qu'un pétiole secondaire est inséré sur son flanc droit et va nous permettre de suivre les transformations de la stèle sortante jusqu'au niveau de séparation des deux organes.

Accidents de fossilisation. — Divers accidents dûs surtout à la pourriture altèrent l'aspect normal de la méristèle. D'abord une cassure en biseau affecte

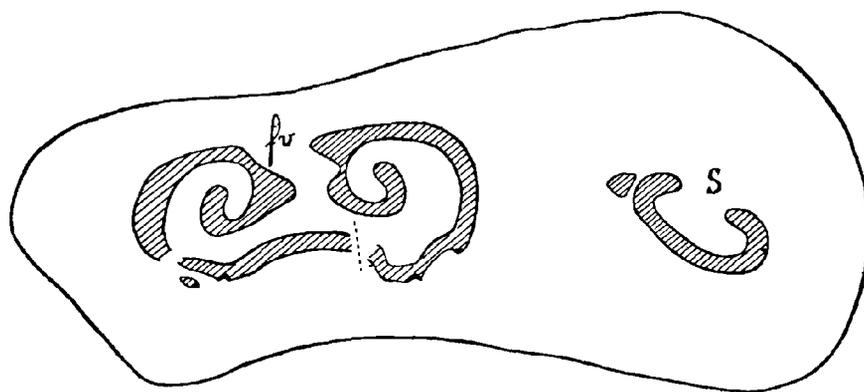


Fig. 33. — *Anachoropteris involuta* Hoskins.

Dessin schématique de la lame mince 80/54 (1^{er} échantillon) Gr. = 10 environ.
fv, faisceau vasculaire du pétiole primaire,
S, arc vasculaire du pétiole secondaire.

la lame ligneuse antérieure et la double sur une certaine étendue (Section 80/52; fig. 1, Pl. XXIV). Ensuite les arcs récepteurs sont, de leur côté, plus ou moins effondrés en raison de la rupture de la base de la partie médiane du T scléreux; celui-ci s'est couché horizontalement (fig. 1, 2, et 3, Pl. XXIV). Enfin, sur la section 52 (fig. 1, Pl. XXIV) le flanc gauche de l'arc récepteur simule une boucle sortante : c'est là le résultat d'un écrasement local dont on ne voit plus trace sur la section suivante (section 80/54 ; fig. 2, Pl. XXIV) (Pour les accidents de fossilisation voir aussi le schéma fig. 33 du texte).

Evolution de la stèle sortante depuis sa libération jusqu'au niveau où le pétiole secondaire se sépare complètement du pétiole primaire. Nous décrirons particulièrement trois états ou stades, présentés en section transversale par la stèle sortante. Ces 3 états s'observent respectivement sur les 3 sections : 80/52, 80/54 et 80/53, énumérées suivant l'ordre ascendant (Pl. XXIV).

Comme on le voit la section la plus élevée (80/53) est inversée par rapport aux 2 autres.

Stade I. (fig. 1, Pl. XXIV). — Avec la section 80/52, nous retrouvons la stèle sortante au niveau précis où elle vient de se détacher de la méristèle. Elle a exactement la forme d'un C, épais, à contour presque circulaire ; les pointes du C, c'est-à-dire les sommets des arcs postérieurs sont

à ce moment encore très rapprochés l'un de l'autre. La face antérieure du C est plate et l'on y distingue plus ou moins nettement les 2 pôles fondamentaux (fig. 2, Pl. XXVI).

Notons enfin que l'axe de symétrie de la stèle sortante fait, à ce moment, un angle de 20 à 30° avec celui de la méristèle.

Stade II. (Fig. 2, Pl. XXIV). — Sur la section 80/54, la stèle sortante s'est éloignée. Elle est déjà dans la base même du pétiole secondaire, car une bande de tissus scléreux, différencié suivant la ligne *yz* marque nettement la ligne de séparation des deux pétioles.

A ce niveau la stèle sortante s'inscrit non plus dans un contour circulaire, mais dans une ellipse à grand axe droite-gauche, ce qui est dû en partie à l'obliquité de la section. Toute la partie antérieure de la stèle sortante est relativement mince, mais les arcs postérieurs sont épais et renflés. (voir fig. 1 et 1 *a*, Pl. XXVI).

Stade III. (fig. 3, Pl. XXIV). — La section 80/53 passe très près du niveau de séparation. Le pétiole secondaire est coupé obliquement et son arc vasculaire est en très mauvais état.

Observations histologiques complémentaires. — Dans la concavité de la stèle sortante fig. 2, Pl. XXVI, il y a un massif arrondi de tissu scléreux, à parois peu épaissies.

Au niveau de la section 80/54 (fig. 1 et 1 *a*, Pl. XXVI) ce massif s'est allongé dans le sens droite gauche. En outre à ce même niveau la stèle est entourée par du liber *l* qui forme une zone noirâtre autour de la masse ligneuse (fig. 1 *a*, Pl. XXVI).

Quelques aspects du tissu scléreux constituant le fond de l'aisselle entre les deux pétioles ont été figurés Pl. XXV, fig. 2. Un certain nombre de fibres sont coupées obliquement ou plus ou moins longitudinalement.

Insertion du pétiole secondaire sur le pétiole primaire. — Au niveau de la section 80/52 (fig. 1, Pl. XXIV et 2, Pl. XXVI) la stèle sortante s'enveloppe d'un anneau de tissu fondamental qui l'accompagnera plus haut dans le pétiole secondaire.

A un niveau supérieur (section 80/54), fig. 2, Pl. XXIV et 1, Pl. XXVI, il se forme, entre les 2 pétioles, 2 pointes de tissu scléreux allant vers l'intérieur à la rencontre l'une de l'autre. Cette zone de tissu scléreux reformera

la gaine mécanique du pétiole primaire. Elle contribuera de même à compléter la gaine mécanique du pétiole secondaire.

Quatrième échantillon
Echantillon 1705. — Sections T₁ et T₂

Planche XXVIII, fig. 3

Forme et dimensions du pétiole. — Si l'on fait abstraction du renflement provoqué par la sortie, ce pétiole est encore sub-trapézoïdal. Il mesure 7 mm. de largeur sur 4 mm. d'épaisseur.

Lame ligneuse et tissus extérieurs. — La lame ligneuse est identique à celle de notre échantillon princeps. La zone de tissu scléreux externe est assez réduite sur ce spécimen.

Sortie. — Une stèle sortante s'est détachée du côté droit de la lame ligneuse, elle est déjà entourée par le parenchyme fondamental. Elle a la forme d'un grand C, Son axe ferait un angle de plus de 45° avec celui de la méristèle. L'une des sections (T₂) tirée de l'échantillon 1705 est figurée Pl. XXVIII, fig. 3.

Cet état s'intercalerait entre les stades I et II observés sur le 1^{er} échantillon.

Cinquième échantillon
Echantillon 1710. — Sections T₁ et T₂

Planche XXVIII, fig. 4

Les sections 1710 T₁ et T₂ coupent un demi-pétiole primaire d'*Anachoropteris involuta*.

Ce pétiole étant coupé obliquement, il est difficile d'en indiquer la forme et d'évaluer ses dimensions.

Du côté gauche, on voit une stèle sortante assez volumineuse. Elle a encore un contour circulaire qui nous apparaît un peu ovale en raison de l'obliquité. Elle a exactement la même organisation que la stèle sortante décrite sous le stade I, observé sur l'échantillon N° 1.

Nous avons figuré seulement la section 1710, T₁ (fig. 4 Pl. XXVIII). L'arc vasculaire S émet 2 masses sortantes, qui correspondent aux ahlébies antérieures et postérieures signalées sur le 1^{er} échantillon.

Deuxième échantillon
Echantillon 80/61-63. — Sections 61 et 63.

Planche XXVIII, fig. 1, 2.

L'échantillon 80/61-63 montre un pétiole beaucoup plus petit que ceux qui ont été étudiés précédemment. Ses caractères sont encore ceux de l'*A. involuta*, mais moins accusés. Cet échantillon appartient certainement à une région d'un pétiole primaire située vers le sommet de la fronde.

Dimensions et forme générale du pétiole. — Ce pétiole mesure environ 4 mm. suivant son axe droite-gauche et 2 mm. 1/2 suivant son axe vertical.

Tissus extérieurs et pilier médian. — Les tissus extérieurs sont les mêmes que sur les gros pétioles décrits précédemment, mais leur importance relative est moindre. Il y a très peu de fibres scléreuses sur le pourtour du pétiole ; le parenchyme fondamental est hétérogène.

Quant au pilier médian, il est très développé et formé d'éléments courts à parois épaissies.

Lame ligneuse. — On distingue dans l'arc vasculaire les 3 régions que nous avons vues précédemment, mais les arcs récepteurs sont moins enroulés vers le plan médian.

Sortie. — Un pétiole secondaire est sur le point de se détacher du pétiole principal. La masse ligneuse sortante à la forme d'un grand C couché (fig. 2, Pl. XXVIII ; section 80/63).

Synonymie. — Les pétioles primaires, décrits ci-dessus, sont en tous points comparables à l'échantillon d'*Anachoropteris involuta* décrit par Hoskins (1) et provenant de l'étage de Conemaugh du Pensylvanien (= Stéphanien Inférieur).

- On retrouve chez l'échantillon américain et chez les nôtres :
- 1°) même dimensions et même forme générale des pétioles ;
 - 2°) même forme de la lame ligneuse ;
 - 3°) même tissus extérieurs.

(1) J. H. HOSKINS. — Contribution to the coal measure Flora of Illinois ; *The American Midland Naturalist*, p. 156-157, fig. 5, Pl. III.

RÉSUMÉ

Pour résumer les observations précédentes, nous avons établi (fig. 34 et 35 du texte) une série de schémas destinés à représenter en section transversale et en perspective cavalière, les états successifs de la stèle sortante, réduite à sa partie ligneuse. La méristèle du pétiole primaire est également supposée réduite à sa partie ligneuse.

Nous avons distingué une série de niveaux numérotés 1 à 8.

Sur le schéma N° 1, on voit l'émission des cordons de protoxylème sortants px , aux dépens des cordons polaires fondamentaux Δ qui parcourent les arêtes adaxiales de la lame ligneuse antérieure. Le trajet des cordons px entre Δ et la région d'insertion, c'est-à-dire entre les 2 extrémités de l'arc basilaire correspondant, est ainsi rendu très visible.

Les schémas suivants 2 à 8 montrent comment le boursoufflement latéral de la méristèle (c'est-à-dire de la région d'insertion) détermine la formation d'une poche latérale, qui très tôt s'ouvre en arrière : c'est la stèle sortante. Les cavités internes des deux stèles communiquent largement et les tissus scléreux qui les occupent sont en parfaite continuité. Comme nous l'avons vu (2^{me} échantillon) le pilier scléreux médian de la stèle sortante se présente comme une simple apophyse de celui de la méristèle du pétiole primaire.

Au total, la stèle sortante a, comme la méristèle initiale, une forme tubulaire à contour ovale en section transversale, fendue en arrière suivant une bande longitudinale occupée par un pilier scléreux (1).

Les 2 stèles se raccordent de manière que leurs différentes parties se mettent en rapport avec les régions homologues de l'autre stèle :

- arc postérieur avec arc postérieur,
- arc antérieur avec arc basilaire antérieur,
- cordon de protoxylème avec pôle Δ .

L'axe longitudinal de la stèle sortante, c'est-à-dire du pétiole secondaire, fait un certain angle avec celui du pétiole primaire. De plus le plan de symétrie de la stèle sortante fait avec celui de la méristèle un angle oscillant entre 30 et 45°.

(1) Coutière ouverte en arrière (et nullement solénostèle) suivant une bande longitudinale, exactement comme la méristèle de l'Osmonde, mais avec une orientation inverse : les crosses sont abaxiales chez *Anachoropteris*. Elles sont adaxiales chez les Osmondes.

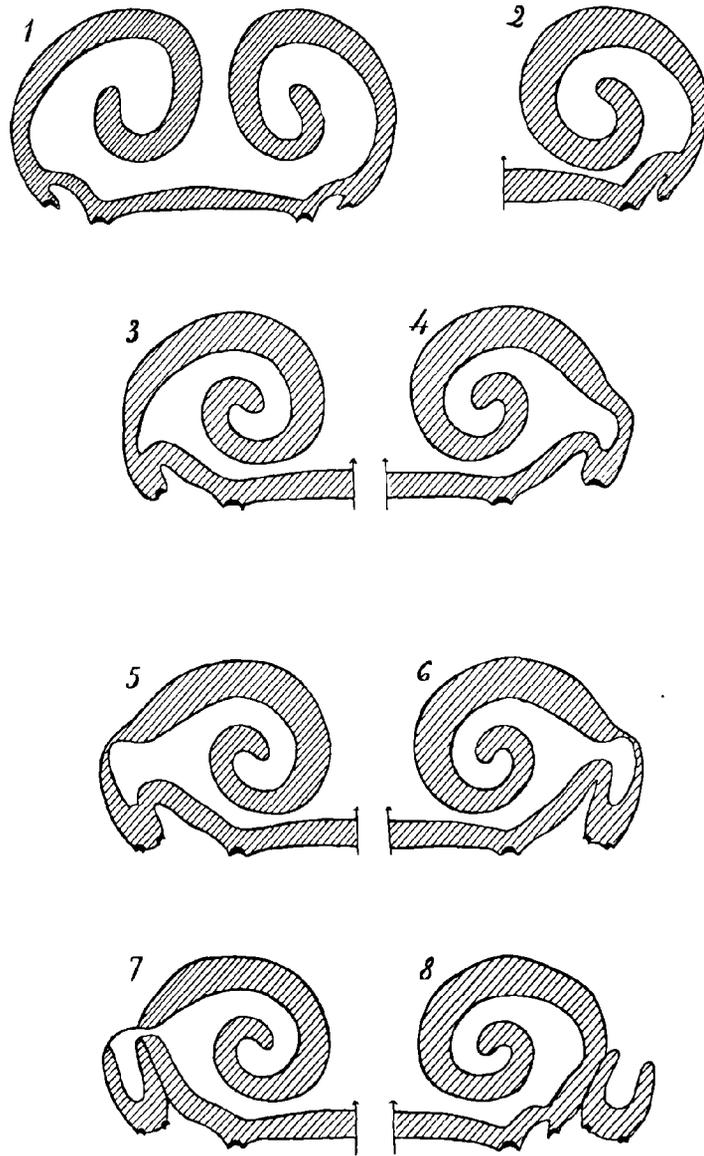


Fig. 34. — *Anachoropteris involuta* Hoskins.
Schémas 1 à 8 montrant les aspects successifs de la stèle sortante.

PÉTIOLÉS SECONDAIRES

Nous disposons de 2 échantillons renfermant des pétioles secondaires d'*Anachropteris involuta*.

1°) L'échantillon 1704. — 2 sections pratiquées dans ce silex et dirigées l'une parallèlement, l'autre perpendiculairement au pétiole primaire (3° échantillon) d'*A. involuta* décrit plus haut, ont coupé chacune un petit rachis ; ces 2 rachis sont selon toute apparence 2 pétioles secondaires, appartenant à la même plante qui a porté le pétiole primaire.

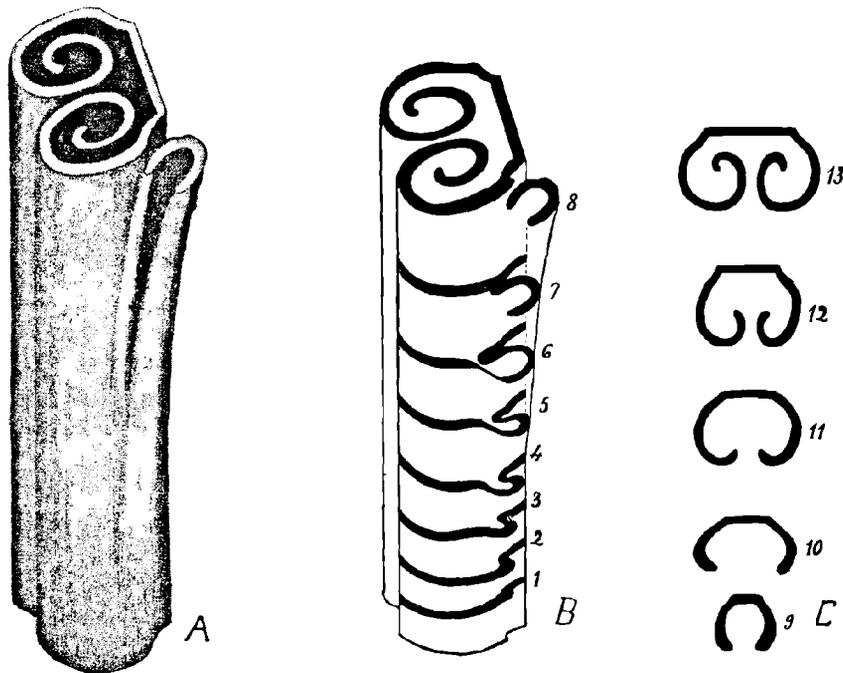


Fig. 35. — *Anachropteris involuta* Hoskins.

- A, Schéma de l'insertion d'une sortie, sur l'arc ligneux principal, en perspective cavalière ;
- B, Sections successives de 1 à 8, dans la masse ligneuse représentée en A, correspondant sensiblement aux 8 états de la fig. 34 et montrant les aspects successifs de la stèle sortante ;
- C, Sections transversales de 9 à 13 montrant les aspects successifs de la sortie après sa séparation du faisceau du pétiole primaire.

2°) L'échantillon 1919, qui renfermait un pétiole secondaire d'*A. involuta* en même temps que de nombreuses ramifications d'ordre supérieur de la même espèce.

1°) Echantillon 1704

A. Premier pétiole secondaire, Section 1704, II a, T₆.

Planche XXIII, fig. 3

Ce pétiole secondaire est certainement une ramification du pétiole que nous avons décrit d'après les sections T₉ et T₁₀ du même échantillon 1704.

Dimensions et forme générale du pétiole. — Le pétiole en question est coupé obliquement par la section 1704, T₆ ; il a donc une forme ovale allongée dans le sens antéro-postérieur.

Il mesure environ 2 mm. $\frac{1}{2}$ de largeur.

On y distingue : la gaine scléreuse, le parenchyme fondamental, la lame libéro-ligneuse, le pilier médian.

Tissus extérieurs. — La gaine scléreuse est importante sur ce pétiole, elle forme une zone noirâtre sur tout son pourtour. Elle est composée de fibres scléreuses.

Le parenchyme fondamental est hétérogène, au milieu de cellules de petite taille on trouve de nombreux gros éléments. Au voisinage de la lame libéro-ligneuse les éléments du parenchyme sont tous de petite taille.

Lame ligneuse. — La lame ligneuse a un pourtour arrondi en raison de l'obliquité de la section dans le sens antéro-postérieur. Elle devait être ovale, allongée suivant son axe droite gauche.

On y distingue, malgré le mauvais état de conservation :

1°) la lame médiane antérieure,

2°) les arcs basilaires concaves,

3°) les arcs récepteurs.

Ces derniers sont enroulés mais ne dessinent pas un tour entier de spire.

Pilier médian. — Le pilier médian est très fortement sclérifié.

Sortie. — Un arc sortant est visible à gauche de la lame ligneuse principale. Il est encore adjacent à celle-ci.

La sortie s'effectue sous la forme d'une masse ligneuse annulaire à grand axe vertical.

Le mauvais état de conservation ne permet pas de décrire cette sortie avec plus de détails.

B. Deuxième pétiole secondaire

Section 1704 II b, H₈

Planche XXIII fig. 4

Ce que j'ai dit du premier pétiole s'applique au 2°. Il s'agit, selon toute probabilité, d'une ramification du pétiole primaire 1704, coupé par les sections T₉ et T₁₀.

Dimensions et forme générale du pétiole. — Ce pétiole mesure 3 mm. suivant son axe droite gauche et 2mm. suivant son axe vertical.

En section transversale, il a un contour sub-trapèzoïdal avec angles arrondis.

Tissus extérieurs. — La gaine scléreuse est surtout développée sur la face antérieure où les éléments sont de petite taille. Il s'agit vraisemblablement d'éléments courts à parois épaissies.

Le parenchyme fondamental est hétérogène.

Lame ligneuse. — Elle a, en section transversale une forme générale ovale à grand axe droite gauche. Sa composition est la même que sur le premier pétiole.

Sortie. — Une sortie est visible à quelque distance à droite de l'arc récepteur. Elle est ovale, annulaire très allongée dans le sens vertical.

Pilier médian. — Il a la forme d'un T épais et il est composé de tissu scléreux.

2°) Echantillon 1919, Section I

Planche XXIX, fig. 2

Un pétiole mesurant 2 mm. $\frac{1}{2}$ de largeur sur 1 mm. $\frac{1}{2}$ d'épaisseur est visible sur la section 1919-1 de l'échantillon 1919 (fig. 2, Pl. XXIX). Il possède tous les caractères des pétioles secondaires d'*A. involuta*, c'est-à-dire, même forme générale, même tissu fondamental hétérogène et même aspect des faisceaux vasculaires.

PÉTIOLÉS TERTIAIRES

Echantillon 1919. Section 1919-II

Planche XXIX, fig. 1 et 5

L'échantillon 1919 renfermait, à côté d'un pétiole secondaire d'*A. involuta*, d'autres organes beaucoup plus petits que je considère comme des pétioles tertiaires de la même espèce.

En effet, leurs tissus corticaux offrent la même structure que ceux des pétioles primaires et secondaires décrits plus haut. La lame ligneuse, elle-aussi (voir fig. 1, Pl. XXIX), présente bien les mêmes caractères on y distingue notamment :

- 1°) la lame ligneuse médiane avec les deux pôles fondamentaux Δg et Δd ;
- 2°) les arcs basilaires antérieurs ;
- 3°) et enfin les arcs postérieurs.

Dimensions et forme générale. — Les pétioles tertiaires mesurent environ 1 mm. $\frac{1}{2}$ de diamètre. Leur section transversale est sensiblement circulaire, ils possèdent une légère gouttière sur la face antérieure.

Tissus corticaux. — La gaine scléreuse est insignifiante, il n'y a que quelques cellules courtes à parois épaissies sur le pourtour du pétiole ; le tissu fondamental est bien développé : il est hétérogène.

Lame ligneuse. — La lame ligneuse s'inscrit dans un contour sensiblement ovale. La lame antérieure et les arcs récepteurs sont minces. Les arcs postérieurs, peu recourbés vers le plan médian, ont la forme de massues (voir fig. 1, Pl. XXIX).

On distingue, sur la face adaxiale, les deux pôles fondamentaux Δg et Δd , et les pôles sortants px , situés latéralement (fig. 1, Pl. XXIX).

Sortie. — Une sortie est visible à droite de la figure 1, Pl. XXIX, elle est accolée à la lame ligneuse. Au moment de son individualisation, il ne se forme plus de hernie dans la pièce réceptrice. La sortie prend naissance sous forme d'un épaississement sur le bord externe du métaxylème situé en arrière du pôle sortant. Au moment où elle se sépare de la pièce mère elle a la forme d'une masse ligneuse pleine à grand axe vertical.

Pilier médian. — On voit l'ébauche d'un pilier médian en *P*, fig. 1, Pl. XXIX. Il est formé de quelques cellules courtes à parois épaissies.

RAMIFICATIONS D'ORDRE SUPÉRIEUR = PÉTIOLÉS QUATERNAIRES

Echantillon 1919, Sections I et II

Planche XXIX, fig. 3-4.

Ces ramifications d'ordre supérieur sont visibles sur chacun des pétioles 1919, I et II. Elles se rattachent incontestablement aux pétioles primaires d'*A. involuta* par l'intermédiaire des pétioles tertiaires et secondaires.

Dimensions et forme générale. — Ces pétioles mesurent moins d'1 mm. de diamètre. Ils sont sensiblement circulaires mais, au lieu de posséder une gouttière sur la face antérieure, ils sont munis d'une carène arrondie (voir fig. 3 a et 4, Pl. XXIX).

Tissus corticaux. — L'écorce est très réduite, quelques cellules à parois épaissies forment la gaine scléreuse. Le parenchyme est sensiblement homogène.

Faisceau. — On distingue une lame ligneuse médiane munie d'un seul pôle fondamental Δm . L'arc basilaire est formé de quelques trachéides seulement. Les arcs récepteurs sont peu allongés en arrière et non recourbés vers le plan médian.

Sortie. — Les deux figures 3 *a* et 4 de la Planche XXIX sont deux sections d'un même pétiole. La section de la figure 4 se place au-dessus de 3 *a*. On distingue, fig. 3 *a*, le pôle fondamental médian et un pôle sortant *px* à gauche de celui-ci. Ce dernier est situé au point où va s'individualiser une sortie. On voit, fig. 4, une sortie *S*, sur le point de se séparer du flanc gauche de l'arc ligneux. Les pétioles quaternaires émettent donc encore des ramifications d'ordre plus élevé. On constate que la sortie s'effectue sous forme d'une masse de bois pleine insérée latéralement sur le métaxylème de l'arc récepteur. Au lieu de se présenter à l'état de solénostèle comme sur les pétioles primaires et secondaires, la stèle sortante est émise sous forme d'une protostèle à pôle endarque.

Sur les ramifications d'ordre supérieur, la sortie est encore constituée par 2 parties d'origine différente :

- 1°) le protoxylème qui vient du pôle fondamental Δm .
- 2°) le métaxylème qui se forme aux dépens de l'arc récepteur.

SORTIES HÂTIVES INSÉRÉES SUR LA BASE DU PÉTIOLE SECONDAIRE D'*A. INVOLUTA*.

Quatre échantillons d'*A. involuta* montrent des sorties hâtives insérées sur la base des pétioles secondaires. Ils portent les numéros suivants : 80/52-54 ; 1710 ; 1705 ; 80/61-63.

Le premier de ces échantillons montre des sorties hâtives coupées transversalement, tandis que sur les 3 autres on observe des aphyllées coupées plus ou moins longitudinalement.

Echantillon 80/52-54 (1^{er} échantillon)

Planche XXIV fig. 1, 2, 3 ; Planche XXVI fig. 1, 2, 3,

Cet échantillon montre 2 sorties hâtives, l'une insérée sur la face antérieure du pétiole ou sortie antérieure, l'autre fixée du côté postérieur dans l'aisselle formée entre le pétiole principal et le pétiole secondaire ou sortie postérieure.

On peut suivre ces sorties sur les 3 sections, 52, 53 et 54.

Sortie hâtive antérieure. — Au niveau de la section 80/52, l'arc

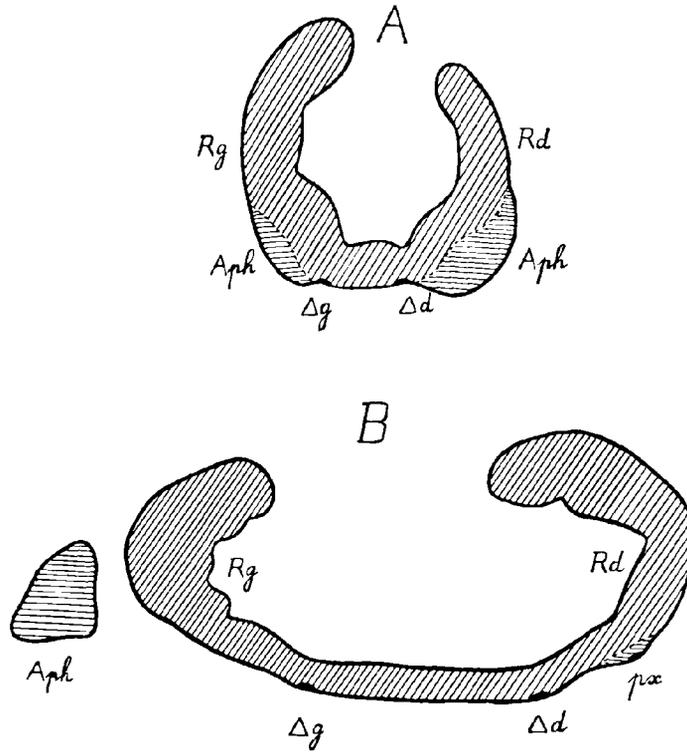


Fig. 36. — *Anachoropteris involuta* Hoskins

Schémas de la sortie (arc vasculaire) destinée à un pétiole secondaire et des sorties hâtives qui en sont issues. Gr. = 40 environ.

A, au niveau de la lame mince 80/52 ;

B, au niveau de la lame mince 80/54 ;

Δg , Δd , pôles fondamentaux ;

px , pôle sortant ;

Rd , Rg , ares récepteurs ;

Aph , aphilébies.

ligneux sortant est flanqué, dans sa région latérale droite, d'une masse *Aph* formée en grande partie d'éléments de petite taille (fig. 2, Pl. XXVI). Il s'agit d'une sortie hâtive destinée à une aphilébie.

A un niveau plus élevé (section 80/54) cette masse a disparu. On n'en voit aucune trace ni dans le parenchyme fondamental, ni dans le tissu sclérifié. Elle s'individualise donc très rapidement et il est probable qu'elle s'échappe dans l'angle antérieur du pétiole secondaire (voir fig. 36 du texte, schémas A et B.)

Sortie hâtive postérieure. — Au niveau de la section 80/52 (fig. 1, Pl. XXIV, fig. 2, Pl. XXVI) il n'y a, du côté gauche de la sortie, que quelques éléments de petite taille accolés à la lame ligneuse (*Aph*).

A un niveau plus élevé (section 80/54) cette sortie est isolée à gauche de la lame ligneuse sortante (fig. 2, Pl. XXIV, 1 et 1 *a*, Pl. XXVI).

Elle est composée de trachéides de petite taille.

Plus haut (section 80/53), (fig. 3, Pl. XXIV et fig. 3, Pl. XXVI) la sortie hâtive se trouve dans l'aisselle du pétiole primaire et du pétiole secondaire.

A cet état, elle est constituée par une masse ligneuse ovale, entourée d'une couronne d'éléments scléreux ; un peu en arrière on voit du côté postérieur quelques grandes cellules parenchymateuses.

Cette sortie hâtive est à ce niveau dans un état moins avancé que celle qui est située sur la face antérieure (voir les schémas A. et B, fig. 36 du texte et les photographies retouchées fig. 37).

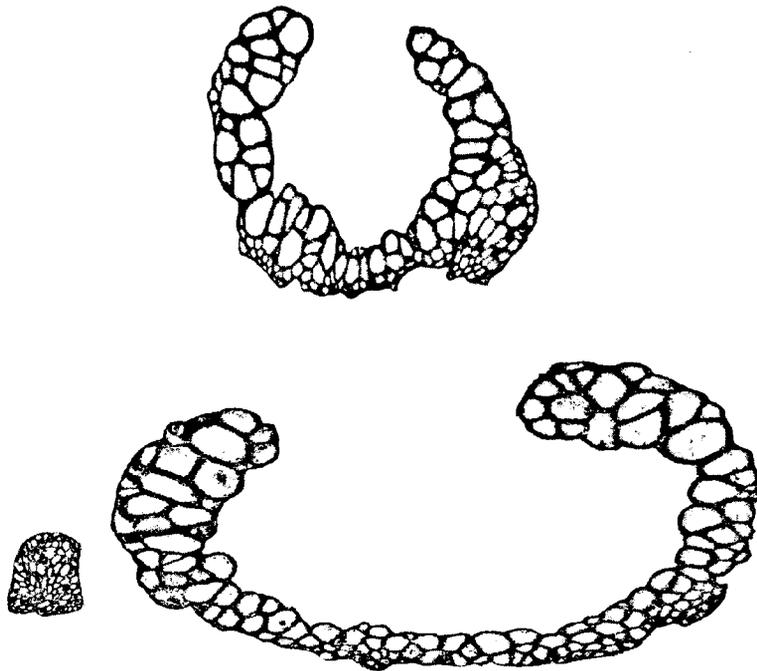


Fig. 37. — *Anachoropteris involuta* Hoskins

Sections transversales de l'arc vasculaire destiné à un pétiole secondaire et des aphlébies qui s'en détachent. Gr. = 45 environ. Photographies retouchées.

Echantillon 1710 (5° échantillon)

Planche XXVIII, fig. 4.

Section 1710, T₂ (non figurée). — Sur l'arc sortant *S*, destiné à un pétiole secondaire, on observe à droite et à gauche deux massifs de petits éléments qui sont destinés à des sorties hâtives.

Section 1710, T₁ — Cette section (fig. 4, Pl. XXVIII) est située au-dessus de la précédente. Étant un peu oblique, elle coupe l'aphlébie antérieure longitudinalement. On peut ainsi voir que cette aphlébie se recourbe vers la face antérieure du pétiole sortant.

De même, le massif de petits éléments insérés sur l'angle latéro-antérieur droit de l'arc vasculaire *S*, est destiné à une aphlébie qui s'échappera vers la face postérieure du pétiole principal.

Echantillon 1705 (4° échantillon)

Planche XXVIII, fig. 3.

Section 1705, T₂ — Une aphlébie *Aph* coupée longitudinalement (fig. 3, Pl. XXVIII) est visible sur la face antérieure du pétiole secondaire.

Echantillon 80/61-63 (2° échantillon)

Planche XXVIII, fig. 1-2

Section 80/63. — Sur cette section une sortie est visible à droite de la lame ligneuse principale. Le pétiole secondaire, auquel est destinée cette masse sortante, porte une aphlébie coupée longitudinalement sur sa face antérieure (fig. 2, Pl. XXVIII). La sortie hâtive située postérieurement est à l'état de masse ligneuse, pleine adjacente à l'arc sortant.

Résumé

D'après les observations précédentes, il y a, fixées sur la base d'un pétiole secondaire d'*A. involuta*, deux pinnules anormales, l'une insérée sur la face

antérieure, l'autre insérée dans l'aisselle formée entre le pétiole principal et le pétiole secondaire.

La première est naturellement fixée plus bas que la seconde, puisque le massif sortant qui lui est destiné, s'individualise le premier, étant émis sur le côté externe de l'arc vasculaire du pétiole secondaire.

HISTOLOGIE

Pétiole primaire

Echantillon 80, Section 55

Planche XXVII fig. 2.

Section longitudinale. — La section 80/55 est une section longitudinale.

Je n'ai retrouvé aucun document donnant l'orientation exacte de cette section. J'ai cherché à déterminer cette orientation par comparaison avec les coupes transversales pratiquées dans le même pétiole. La section considérée paraît avoir été dirigée suivant le plan longitudinal passant par la ligne *xy* tracée, sur la fig. 38 ci-jointe. Elle passe sensiblement par le milieu de la lame médiane *Lm* et par la sortie destinée au pétiole secondaire. A la partie inférieure de cette section, on distingue de gauche à droite :

1°) du bois *B* ; 2°) du tissu scléreux *ts* ; 3°) du bois *B'* ; 4°) du parenchyme, *tf* ; 5°) du bois *B''* ; 6°) du tissu scléreux *ts'* ; 7°) du bois *B'''* ; 8°) du parenchyme fondamental *tf* ; 9°) du tissu scléreux *ts''*.

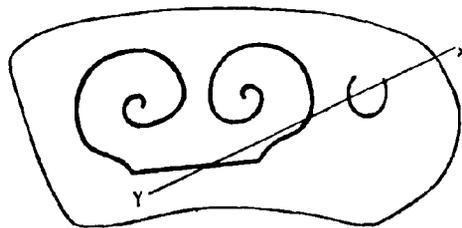


Fig. 38. — *Anachoropteris involuta* Hoskins

Schéma indiquant, sur une coupe transversale, la ligne *x y* par laquelle passe la section longitudinale 80/55.

Entre *tf* et *B''*, à la partie supérieure de la préparation, s'intercale une zone *tsf* formée de fibres et de parenchyme, c'est la zone suivant laquelle se fera la séparation du pétiole secondaire et du pétiole primaire.

Cette section montre bien que le bois est uniformément orné de punctuations aréolées multisériées et que le tissu scléreux est formé de fibres.

Pétioles tertiaires

Planche XXIX, fig. 1 *a*

La fig. 1 *a*, Pl. XXIX représente, à un fort grossissement, une partie d'un arc vasculaire appartenant à un pétiole tertiaire. A ce diamètre on peut distinguer les ornements des éléments ligneux de cet arc vasculaire. Le pôle fondamental Δg et le pointement sortant ρx montrent des vaisseaux spirales et annelés. Derrière ces éléments on voit des trachéides scalariformes *vs*. Enfin les gros vaisseaux sont ponctués *vp*.

II. — *Anachoropteris gigas* nov. sp.

ECHANTILLON D'AUTUN.

Planche XXX et Planche XXXI, fig. 1

1868. — *Anachoropteris pulchra* Renault. Sur un pétiole de fougère fossile du terrain houiller supérieur d'Autun, l'*Anachoropteris pulchra*, *Ann. Sc. Nat.* 5 pages, 1 planche, 5^e Série, t. IX, 2^e cahier, page 282.

1878. — *Anachoropteris pulchra* Renault. Recherches sur la structure et les affinités botaniques des végétaux silicifiés recueillis aux environs d'Autun et de Saint-Etienne. *Publication de la Société Eduéenne*. Pl. 22, fig. 1 à 5.

Diagnose. — Section transversale du pétiole offrant un contour subtrapézoïdal (mais peut-être plus comprimé dans le sens vertical que chez le précédent).

Lame ligneuse volumineuse, d'épaisseur variable, s'inscrivant dans un contour ovale. Lame médiane antérieure longue, rectiligne, renflée en son milieu, rétrécie aux extrémités, plate sur sa face antérieure. Arcs basilaires antérieurs, plus courts que chez *A. involuta*, renflés en arrière, très légèrement concaves sur leur bord externe. Arcs postérieurs épais, constitués par un petit nombre de très grosses trachéides, enroulés en crosse et décrivant presque exactement un tour de spire.

Emission des sorties comme chez *A. involuta*, c'est-à-dire par dilatation des régions latérales et formation d'une boucle sortante, pourvue d'un pôle sur son bord adaxial et qui évoluera sans doute exactement comme chez *A. involuta*.

Liber très développé formé de petites cellules et de grands tubes criblés.

Tissus corticaux comprenant 3 zones :

- 1°) tissu assimilateur ;
- 2°) gaine scléreuse formée de fibres ;
- 3°) parenchyme fondamental sensiblement homogène.

Document. — Cette espèce est fondée sur un pétiole coupé par une seule lame mince.

Origine. — La lame mince en question a été exécutée en Angleterre par W. Hemingway dans un silex d'Autun. Ce silex provient-il du Culm ou du Permien ? Je me suis rallié à cette dernière origine à cause de la couleur brunnâtre du silex, caractéristique des plantes silicifiées du Permien d'Autun et aussi à cause du mode de conservation de cet *Anachoropteris*.

Forme et dimensions du pétiole. — Ce pétiole a en section transversale un contour sub-trapézoïdal, mais il a été déformé par la fossilisation. Il mesure environ 8 mm. de largeur sur 5 mm. d'épaisseur.

Tissu assimilateur. — Le pétiole est bordé sur tout son pourtour d'une zone assez mince de tissu assimilateur *ta* (fig. 1, Pl. XXX). Il est formé d'éléments de petite taille et à parois relativement minces.

Gaine scléreuse. — La gaine scléreuse est peu importante. Elle est formée vers l'extérieur de fibres scléreuses (*ts*, fig. 1, Pl. XXX). Vers l'intérieur, il n'y a que des cellules courtes à parois épaissies.

Tissu fondamental. — Le tissu fondamental est sensiblement homogène. Il est formé de petites cellules. Pourtant en *tf*, fig. 1, Pl. XXX, il y a quelques gros éléments.

Pilier médian. — A l'intérieur de la masse ligneuse, il existe un pilier médian *P* assez mince, formé de cellules courtes à parois sclérifiées.

Métaxylème. — L'arc vasculaire occupe dans son ensemble un volume relativement gros, par rapport à celui du pétiole. Son caractère le plus apparent est l'épaisseur variable de la lame ligneuse. Celle-ci est constituée par des trachéides de gros calibre sauf dans la région des pôles. Elle est bordée, sur son bord externe et sur sa face antérieure, par quelques petits éléments qui remplissent les espaces compris entre les grosses trachéides.

Variation d'épaisseur de l'arc vasculaire. — Par suite de l'épaississement des trachéides, la lame médiane antérieure est très renflée en son milieu ; elle est convexe sur son bord interne. L'épaississement est plus manifeste encore dans les arcs postérieurs qui sont constitués par les plus grosses trachéides. Les régions latérales, où se fait l'insertion des pétioles secondaires, sont relativement minces.

Cordons de protoxylème. — Les cordons de protoxylème ne se présentent pas nettement sous forme de cupules en section transversale.

Liber. — Le liber externe n'est conservé nulle part (d'une manière appréciable) et ne peut pas être décrit.

Le liber interne, par contre, est particulièrement bien visible sur tout le pourtour interne des arcs récepteurs. Il comprend une zone de petits éléments accolés au bois, puis une rangée de gros tubes criblés *tc*, interrompue çà et là par de petites cellules. Ces gros tubes criblés se suivent pratiquement depuis les arcs basilaires jusqu'à l'extrémité des crosses. Sur le bord interne des arcs basilaires et autant qu'on puisse juger, également sur une partie du bord interne de la lame ligneuse antérieure, les tubes criblés sont nettement d'un calibre plus petit.

Enfin dans toute la partie médiane de la lame ligneuse antérieure, le liber interne n'est pas conservé.

Sortie. — Du côté gauche de la lame ligneuse (fig. 1, Pl. XXXI) une sortie est sur le point de s'individualiser. La région latérale de l'arc récepteur forme une hernie vers l'extérieur. L'émission de la sortie est donc précédée de la formation d'une boucle sortante comme chez *A. involuta*. Il est vraisemblable que l'arc sortant aura, au moment de sa libération, la forme d'un *U* largement ouvert du côté postérieur et épais en avant.

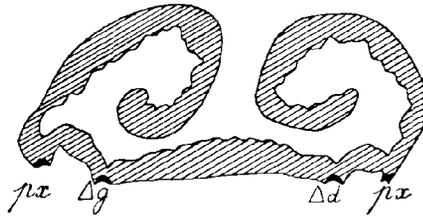


Fig. 39. — *Anachoropteris gigas* nov. sp.

Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire ;
Section transversale. Gr. = 10 environ ;
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
 px , pôles sortants.

L'émission de la boucle sortante, destinée au pétiole secondaire, a donc lieu exactement de la même façon dans les 2 espèces.

Dans cette hernie s'enfonce une partie du liber interne et une apophyse du pilier médian.

Le faisceau vasculaire d'*A. gigas* est schématisé fig. 39 du texte.

Rapports et différences. — L'*Anachoropteris gigas* rentre évidemment dans le groupe de l'*A. involuta*. Le pétiole a la même forme, sa lame ligneuse présente dans l'ensemble les mêmes caractères.

Cependant elle est moins régulièrement mince que celle d'*A. involuta*. La partie médiane de la lame antérieure est plus volumineuse, de même que les arcs postérieurs. On trouve aussi quelques différences dans la composition de l'écorce :

1°) la zone sclérifiée est plus mince que chez *A. involuta* et ses fibres sont d'un plus petit diamètre ;

2°) le parenchyme fondamental est homogène chez *A. gigas*, tandis qu'il est hétérogène chez *A. involuta*.

Ces différences m'ont conduit à en faire une forme spéciale.

Synonymie. — L'*Anachoropteris gigas* est identique à l'*Anachoropteris pulchra* Renault.

On trouve en effet chez ces deux espèces :

1°) même forme du pétiole ;

2°) mêmes tissus extérieurs : gaine mécanique à très petites fibres et parenchyme fondamental presque homogène avec très peu de gros éléments ;

3°) même forme de la lame ligneuse et même composition (formée de trachéides beaucoup plus grosses que chez les autres espèces).

Ajoutons que l'*A. gigas* comme l'*A. pulchra* Renault provient du permien.

III. — *Anachoropteris pulchra* Corda

Planche XXXI, fig. 2 et Planche XXXII

1867. — *Calopteris dubia* Corda. *Flora protogaea*, Beiträge zur flora der Vorwelt. Pl. XIX, fig. 1 b et 3.

1867. — *Anachoropteris pulchra* Corda. *Flora protogaea*. Beiträge zur flora der Vorwelt. Pl. LVI.

1867. — *Anachoropteris rotundata* Corda. *Flora protogaea*, Beiträge zur flora der Vorwelt. Pl. LXV, fig. 7,9.

1867. — *Chorionopteris gleichenoides* Corda. *Flora protogaea*, Beiträge zur flora der Vorwelt. Pl. LIV, fig. 10-16.

1916. — *Anachoropteris pulchra* Kubart. Ein Beitrag zur Kenntnis von *Anachoropteris*, *Denkschriften der kaiser Akad. d. Wissen. Math. Naturw. Class.* Bd. 93.

Diagnose. — Section transversale du pétiole primaire offrant un contour semi-circulaire.

Faisceau vasculaire encore plus volumineux que chez les autres *Anachoropteris* du même groupe, d'épaisseur uniforme s'inscrivant dans un contour semi-circulaire ; lame médiane antérieure courte et rectiligne plate sur les 2 faces ; arcs basilaires bien développés, très renflés en arrière, plus épais que la lame médiane ; régions latérales épaisses se continuant par des arcs postérieurs de même épaisseur, enroulés en crosses ; faces des arcs postérieurs en regard l'une de l'autre plates et disposées parallèlement au plan médian.

Emission des sorties rappelant celles d'*A. involuta*, mais pièce sortante se détachant sous forme d'un O.

Tissus corticaux formés d'une gaine mécanique très réduite et du parenchyme fondamental tout à fait homogène.

Pétioles secondaires (A. rotundata). — Section transversale offrant un contour arrondi. Faisceau vasculaire, d'épaisseur uniforme, s'inscrivant dans un contour circulaire, ayant la même organisation que celui du pétiole primaire mais arcs basilaires moins renflés et arcs postérieurs moins enroulés.

PÉTIOLE PRIMAIRE

Planche XXXII, fig. 1.

Document. — Cette espèce est fondée sur un pétiole dont je possède 2 préparations :

- 1°) 80/14, qui est une section transversale ;
- 2°) 80/12, qui est une section longitudinale.

Origine. — Ces sections ont été taillées dans un silex provenant de Combrigolles près de Grand' Croix L'*Anachoropteris pulchra* appartient donc à la partie inférieure du Stéphanien moyen.

Dimensions et forme générale du pétiole. — Ce pétiole mesure 7 à 8 mm. de largeur sur 5 à 6 mm. d'épaisseur. Sa section transversale est semi-circulaire. Il est muni d'une large gouttière sur la face antérieure.

Histologie. — On distingue dans ce pétiole (fig. 1, Pl. XXXII) :
1°) la gaine mécanique ; 2°) le parenchyme fondamental ; 3°) la lame libéro-ligneuse ; 4°) le pilier médian.

Gaine mécanique. — La gaine mécanique est très réduite. Elle est composée d'éléments courts à parois peu épaissies.

Parenchyme fondamental. — Il est homogène, donc uniformément constitué de cellules hexagonales de petite taille.

Ces deux zones sont très minces, on voit leur épaisseur totale fig. 1, Pl. XXXII, en face de la gouttière médiane G.

Lame ligneuse. — La lame ligneuse s'inscrit dans un demi-cercle. Elle est très grosse par rapport au volume du pétiole puisqu'elle occupe en section transversale près des 3/4 de chaque dimension linéaire de celui-ci. Elle est composée de trachéides de taille à peu près uniforme, ce qui donne à la lame ligneuse presque partout la même épaisseur. Les intervalles compris entre les grosses trachéides sont comblés sur la face antérieure et sur les faces externes des arcs récepteurs par des éléments plus petits. Elle est schématisée fig. 40 du texte.

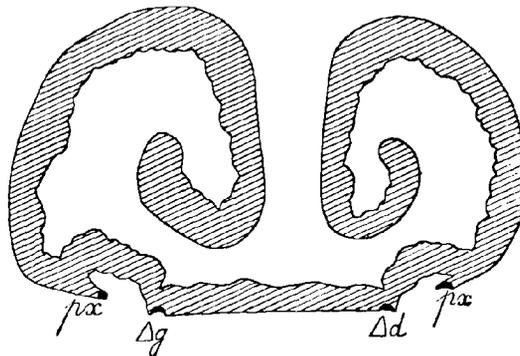


Fig. 40 — *Anachoropteris pulchra* Corda

Dessin schématisé du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire.

Section transversale. Gr. = 13 environ.

Δg , Δd , pôles fondamentaux ;
 px , pôles sortants.

Pôles. — Les pôles fondamentaux sont très nettement en forme de cupules.

Sorties. — Une sortie va s'individualiser du côté gauche de la lame ligneuse (fig. 1, Pl. XXXII). La hernie qui précède l'émission de la masse sortante commence à se former.

Pilier médian. — Par suite de l'allongement des crosses dans le sens antéro-postérieur, le pilier médian est très développé et trapu. Il est formé d'éléments scléreux bordés de quelques cellules de parenchyme.

Sorties destinées aux pétioles secondaires. — Comme je ne possède pas de spécimen d'*Anachoropteris pulchra* montrant les sorties destinées aux pétioles secondaires, je suis conduit, pour les expliquer à interpréter les figures données par Kubart dans son ouvrage sur *Anachoropteris pulchra*.

Emission des pôles sortants. — Les figures de la Planche V, du travail de Kubart, montrent les différents états de translation du pôle sortant. Les figures 31 et 34 en *l*, notamment, indiquent par une traînée de petits éléments le trajet suivi par le protoxylème. Cette observation montre que chez *A. pulchra*, l'émission des pôles sortants se fait de la même façon que chez *A. involuta*.

Individualisation de la sortie. — Quand le cordon de protoxylème sortant *px* a atteint l'angle externe de l'arc basilaire, il se trouve occuper l'extrémité d'un pointement de métaxylème constitué par des éléments de petit calibre. Ce pointement s'allonge alors parallèlement à l'arc basilaire, formant ainsi une languette pourvue d'un pôle *px*, bien visible sur les figures 22-25-26-27, Pl. IV, du travail de Kubart.

C'est alors que la hernie se forme latéralement (Kubart, fig. 49-50-53, Pl. VII). Cette hernie se ferme du côté interne ; il en résulte une masse annulaire accolée à la pièce mère (voir Kubart, fig. 51-53, Pl. VII).

La sortie, au moment de son individualisation a donc la forme d'un anneau pourvu d'un seul pôle fondamental antérieur. Elle est ovale, allongée dans le sens antéro-postérieur et son plan de symétrie est parallèle au plan de symétrie de la lame principale.

A un niveau plus élevé, en s'éloignant de la pièce mère, l'anneau s'ouvrira du côté postérieur et le pôle fondamental se divisera en deux, reconstituant les deux pôles fondamentaux.

La sortie est sensiblement parallèle à la pièce mère.

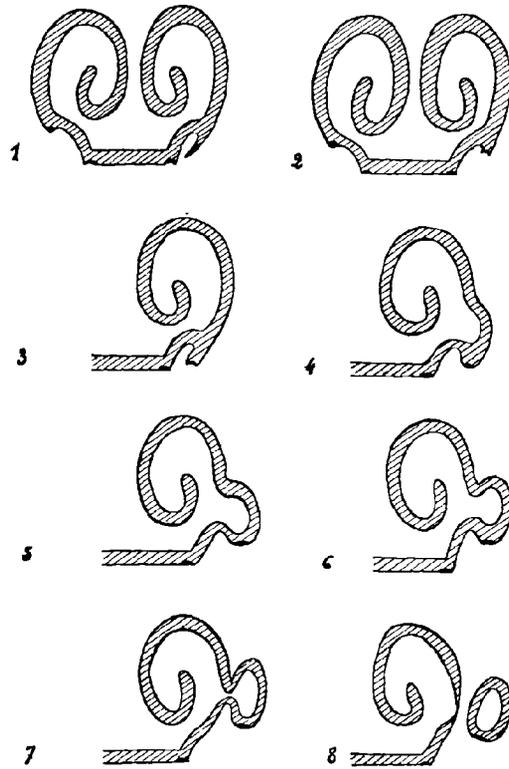


Fig. 41. — *Anachoropteris pulchra* Corda

Dessins schématiques montrant les aspects successifs d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

Le mode d'individualisation d'une sortie est indiqué par les schémas 1 à 8, fig. 41 du texte.

Synonymie. — L'échantillon que je rapporte à l'*Anachoropteris pulchra* est identique à l'exemplaire figuré sous ce nom par Corda. Il est analogue aux figures données par Kubart dans son important travail de révision de cette espèce. En effet :

- 1°) la forme de la lame ligneuse est la même ;
- 2°) le parenchyme est très réduit sur tous ces échantillons et il est homogène.

Le *Calopteris dubia*, lui aussi, n'est pas autre chose qu'un pétiole d'*Anachoropteris pulchra* mal conservé.

Enfin, Kubart a montré que les fructifications connues sous le nom de *Chorionopteris gleichenioides* appartiennent en réalité à cette espèce.

Rapports et différences. — L'*Anachoropteris pulchra* par la composition de sa lame ligneuse se range encore dans le groupe de l'*A. involuta*.

Il diffère, de cette espèce, par les caractères suivants :

- 1°) lame médiane antérieure moins large que chez *A. involuta* ;
- 2°) arcs postérieurs plus allongés en arrière ;
- 3°) lame ligneuse plus épaisse sur toute l'étendue de l'arc vasculaire ;
- 4°) parenchyme fondamental très réduit et homogène, alors qu'il est très développé et hétérogène chez *A. involuta* ;

5°) Enfin, une autre différence fondamentale réside dans la forme de la sortie au moment de sa libération. Cette sortie a, chez *A. involuta*, l'aspect d'un U tandis que chez *A. pulchra*, elle a la forme d'un grand O.

Anachoropteris pulchra diffère d'*A. gigas* par la forme générale de la lame ligneuse.

PÉTIOLE SECONDAIRE

= **A. rotundata**

Planche XXXI, fig. 2.

Document. — Je considère le pétiole coupé par la lame mince 1912, 1 (fig. 2, Pl. XXXI) comme un pétiole secondaire d'*Anachoropteris pulchra* pour les raisons suivantes :

- 1°) ce pétiole a un contour arrondi comme chez cette espèce ;
- 2°) le tissu fondamental est homogène comme celui de *A. pulchra* ;
- 3°) la lame ligneuse offre les mêmes caractères que celle de *A. pulchra*.

Dimensions et forme générale. — Ce pétiole mesure environ 3 mm. de diamètre. Il a en section transversale une forme sensiblement circulaire.

On y distingue :

1°) l'épiderme, 2°) la gaine mécanique, 3°) le tissu fondamental, 4°) la lame ligneuse.

Epiderme. — L'épiderme est bien visible figure 2, Pl. XXXI. Il est constitué de petites cellules allongées tangentiellement et très cutinisées. Il montre à sa surface des poils pluricellulaires. Certains de ces poils sont coupés longitudinalement en *a* et *c* par exemple ; on distingue alors à leur base une couronne de petites cellules, puis des éléments disposés sur une rangée forment le poil proprement dit.

On remarque encore des poils coupés transversalement en *b* et *d*. On voit que d'une façon générale, ils débutent près du pétiole par une évagination des tissus périphériques formés de petites cellules devenant de moins en moins nombreuses à mesure qu'on s'éloigne du pétiole, pour aboutir à une seule rangée de cellules de plus en plus petites. Des poils d'aspect analogue, à ceux dont je viens de montrer l'existence, avaient été figurés par Corda, mais on ne peut pas distinguer, sur le dessin de cet auteur s'ils sont uni ou multicellulaires. A ma connaissance, on n'en avait pas signalé l'existence depuis le travail de Corda.

Gaine mécanique. — La gaine mécanique est fort réduite sur cet échantillon. Elle est constituée par des cellules courtes à parois assez épaisses.

Parenchyme fondamental. — Le parenchyme fondamental est homogène.

Lame ligneuse. — La lame ligneuse s'inscrit dans un contour sensiblement circulaire. Elle est uniformément épaisse. On y distingue toutes les parties que nous avons vues dans le pétiole primaire.

Synonymie. — Ce pétiole est identique à celui décrit par Corda sous le nom d'*Anachoropteris rotundata* qui, nous l'avons déjà dit, doit appartenir à l'*Anachoropteris pulchra* dont il serait un pétiole secondaire.

Chez notre échantillon et chez l'*A. rotundata*, la forme de la lame ligneuse est la même et le tissu extérieur identique.

Remarques sur le travail de Kubart relatif à l'*Anachoropteris pulchra* Corda

Comme Kubart l'a admis, *Calopteris dubia* appartient à la même plante qu'*Anachoropteris pulchra*.

Mais contrairement à son opinion, *C. dubia* ne représente pas un état d'*Anachoropteris pulchra* dû à ce que le pétiole est en voie de dichotomie.

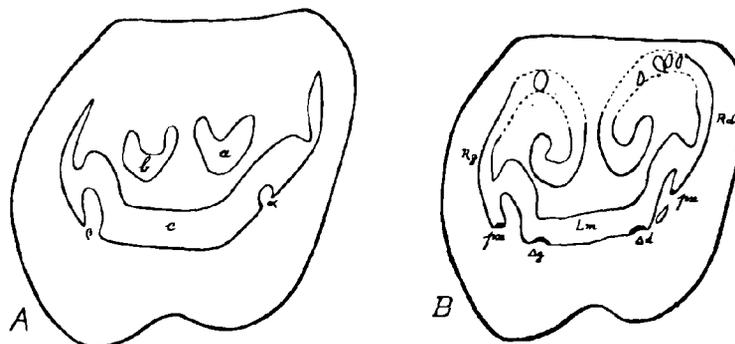


Fig. 42. — *Anachropteris pulchra* Corda.

A, schéma tiré de l'ouvrage de Kubart : *Calopteris*, fig. 12 du texte ;

B, schéma calqué sur la photographie 22, Pl. IV de l'ouvrage du même auteur, correspondant à la fig. 12 du texte.

A, montre l'interprétation de la lame ligneuse d'*A. pulchra*, par Kubart ; B, la façon dont j'interprète cette même lame ligneuse.

1°) Nous pensons que tous les états anormaux du système vasculaire signalés par Kubart, tant chez *C. dubia* que chez *A. pulchra*, sont dûs uniquement à des accidents de conservation (voir fig. 42 du texte, ci-jointe).

2°) En ce qui concerne la position des éléments de protoxylème, pôles fondamentaux Δ et pôles sortants px , elle est indiquée correctement sur notre photographie fig. 1, Pl. XXXII et sur nos croquis. Il n'y a pas d'éléments spiralés au fond des baies signalées par Kubart.

3°) En ce qui concerne l'émission des pétioles secondaires, cette émission a lieu conformément à nos croquis. Les dessins (fig. 23) donnés par Kubart de ce phénomène sont inexacts ; en particulier, Kubart a admis à tort que l'anneau vasculaire destiné à un pétiole secondaire s'ouvrait latéralement et que, par conséquent ce pétiole avait son plan de symétrie perpendiculaire à celui du pétiole principal.

4°) Enfin les pétioles primaires de *Calopteris dubia* et d'*Anachropteris pulchra* figurés par Kubart, Pl. IV à VII ne montrent aucune indication de dichotomie proche ou lointaine. Il y a des ruptures dans la masse ligneuse, mais ces fragmentations, comme nous l'avons dit, sont dûes uniquement aux accidents de fossilisation (voir, fig. 42 du texte).

C'est un fait que nous tenons à souligner, non seulement ces pétioles n'offrent pas de dichotomie fréquente, mais ils n'en n'offrent pas du tout, et en cela ils se comportent comme toutes les autres Renaultifilicales.

HISTOLOGIE

Planche XXXII, fig. 2, 2 a, 2 b.

La section longitudinale 80/12, figurée ici, a été retournée au moment de son exécution. Il faut prendre le symétrique de la figure 2, Pl. XXXII pour la comparer à la fig. 1, même planche.

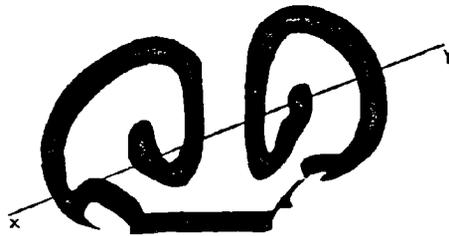


Fig. 43. — *Anachoropterus pulchra* Corda

Schéma indiquant, sur une coupe transversale, la ligne *xy* par laquelle passe la section longitudinale.

Cette section longitudinale comme l'indique le schéma, fig. 43 du texte ci-contre coupe d'abord l'extrémité recourbée de l'arc basilaire gauche sur laquelle s'attache l'arc sortant, elle coupe ensuite les arcs postérieurs gauche 2 fois et enfin l'arc postérieur droit 3 fois. Les régions coupées sont indiquées sur le schéma. On distingue de gauche à droite une alternance de tissu sclérifié *ts*, de bois *B*, et de parenchyme fondamental *tf*.

IV. — *Anachoropteris ovata* nov. sp.

Planche XXXIII

Diagnose. — Pétiole ayant en section transversale un contour ovale, avec une gouttière faiblement indiquée sur la face antérieure ;

Faisceau ligneux s'inscrivant dans un contour ovale, formé de trachéides de taille beaucoup plus petite que chez *A. gigas*.

Lame médiane antérieure très longue, rectiligne en avant mais légèrement renflée sur la face postérieure

Arcs basilaires faiblement arcués.

Arcs postérieurs plus épais que le reste de la lame ligneuse, enroulés en forme de crosse ;

Arcs sortants se libérant latéralement sous forme d'un O ;

Tissus extérieurs composés : 1°) d'une zone scléreuse très développée, 2°) du parenchyme fondamental hétérogène.

Documents. — Cette espèce a été rencontrée sur une seule lame mince de la collection Montessus-Renault, numérotée 80/8 et qui provient d'un échantillon dont il ne reste pas de culot de taille.

Origine. — Permien d'Autun.

Forme générale et dimensions du pétiole. — Le contour de ce pétiole est ovale en section transversale ; il possède une gouttière sur la face antérieure. Ses dimensions sont environ 8 mm. de largeur sur 4 mm. $\frac{1}{2}$ d'épaisseur. On y distingue, en allant de l'extérieur vers l'intérieur.

1°) l'épiderme ; 2°) la gaine scléreuse ; 3°) le parenchyme fondamental ; 4°) la masse libéro-ligneuse principale ainsi qu'une sortie destinée à un pétiole secondaire ; 5°) le pilier médian.

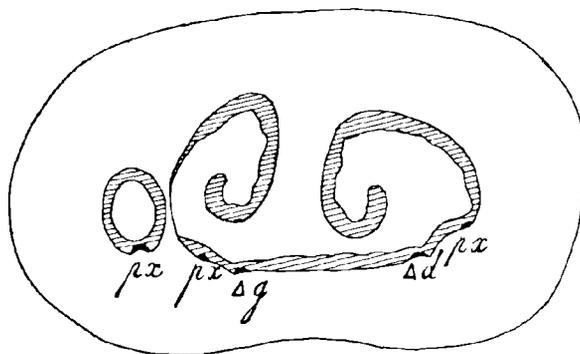


Fig. 44. — *Anachoropteris ovata* nov. sp.

Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire. Section transversale.
Gr. = 10 environ.

Epiderme. — Il est assez peu visible et il paraît formé de cellules très cutinisées.

Gaine scléreuse. — La gaine scléreuse ou gaine mécanique est formée de fibres d'un diamètre très petit et à cavité interne presque nulle. Vers l'intérieur il n'y a que des éléments courts à parois épaissies.

Parenchyme fondamental. — Il est hétérogène, de grosses cellules étant mêlées à des éléments plus fins. Vers l'intérieur les éléments sont tous de taille semblable.

Arc vasculaire. — L'arc vasculaire s'inscrit dans un contour ovale. Il est très grêle et formé en épaisseur de quelques rangées de cellules seulement. Très petites dans la région des pôles, les trachéides qui le constituent augmentent sensiblement de calibre dans la région médiane de la lame antérieure et dans les arcs postérieurs. Les pôles fondamentaux ne sont pas nettement en forme de cupules. Un pôle sortant est visible le long de l'arc basilaire gauche (voir, fig. 44 du texte).

Pilier médian. — Le pilier médian est composé de fibres scléreuses, il est bordé de quelques éléments parenchymateux.

Sortie. — Au niveau de la section considérée, une sortie *S*, vient de se séparer de la masse ligneuse principale du côté gauche. Son contour est ovale, allongé dans le sens vertical. On y distingue :

- 1°) Une couronne ligneuse ;
- 2°) Une zone concentrique interne à cette couronne où l'on distingue de petites cellules, c'est le liber ;
- 3°) une zone centrale formée de fibres scléreuses ou pilier médian.

Cette sortie a la forme d'un O.

Pôles de la sortie. — On distingue déjà sur le bord antérieur de l'anneau 4 pôles : deux pôles fondamentaux et deux pôles sortants. Il est fort probable que ces derniers sont destinés à des sorties hâtives semblables à celles dont nous avons montré l'existence précédemment chez *A. involuta*.

Autant qu'on puisse juger par une seule préparation, les sorties destinées aux pétioles secondaires d'*Anachoropteris ovata* s'individualisent à quelque détail près de la même façon que chez *A. involuta* et *A. pulchra*. Comme chez ces espèces, la sortie se fait aux dépens de deux régions bien distinctes de la lame ligneuse, elle s'effectue latéralement et probablement reste sensiblement parallèle à la pièce mère.

Rapports et différences. — C'est encore dans le groupe de l'*Anachoropteris involuta* que rentre cette espèce. L'*A. ovata* diffère de l'*A. involuta* notamment parce que la sortie, issue du pétiole primaire, s'individualise en forme d'O chez cette première espèce tandis qu'elle a la forme d'un U chez la seconde.

La forme du pétiole et de la lame ligneuse est également différente.

Le mode d'émission des sorties destinées aux pétioles secondaires est le même chez *A. pulchra* que chez *A. ovata*. Mais ces deux espèces diffèrent :

1°) par la forme de la lame ligneuse ;

2°) par le parenchyme fondamental homogène chez *A. pulchra*, hétérogène chez *A. ovata* ;

3°) par la forme du pétiole.

C'est aussi par la forme du pétiole que l'*A. ovata* diffère de l'*A. gigas*.

Le tableau suivant nous permet de comparer les quatre *Anachoropteris* du groupe de l'*A. involuta* étudiés dans ce qui précède.

Comparaison des *Anachoropteris* du groupe de l'*A. involuta*

<i>Anachoropteris involuta</i> Hoskins	<i>Anachoropteris pulchra</i> Corda
<p>1° Pétiole sub-trapézoïdal en sect. transversale, avec large gouttière sur la face antérieure.</p> <p>Axe vertical $\frac{V}{H} = \frac{1}{2}$ environ</p>	<p>1° Pétiole circulaire en section transversale avec gouttière sur la face antérieure.</p> <p>Rapport $\frac{V}{H} = 1$ environ</p>
<p>2° Arc vasculaire s'inscrivant dans un contour sensiblement ovale, allongé horizontalement. Lane ligneuse très mince, d'épaisseur uniforme.</p> <p>Axe vertical $\frac{V'}{H'} = \frac{1}{2}$ environ</p>	<p>2° Arc vasculaire s'inscrivant dans un contour semi-circulaire. Lane ligneuse assez épaisse, d'épaisseur uniforme.</p> <p>Rapport $\frac{V'}{H'} = 1$ environ</p>
<p>3° Lane médiane antérieure large, égale aux $\frac{2}{3}$ du grand axe H' de l'arc vasculaire.</p>	<p>3° Lane médiane antérieure étroite, inférieure à la moitié du grand axe H' de l'arc vasculaire.</p>
<p>4° Ecorce et tissu fondamental très développés. Parenchyme fondamental hétérogène.</p>	<p>4° Ecorce et tissu fondamental peu développés. Parenchyme fondamental homogène.</p>
<p>5° Masse vasculaire destinée à un pétiole secondaire, émise sous forme d'U.</p>	<p>5° Masse vasculaire sortante émise sous forme d'O.</p>
<p>6° 2 ahlébies.</p>	

<i>Anachoropteris ovata</i> Corsin	<i>Anachoropteris gigas</i> Corsin
<p>1° Pétiole offrant un contour ovale en section transversale, avec gouttière très peu marquée sur la face antérieure.</p>	<p>1° Pétiole offrant un contour sub-trapézoïdal en section transversale, avec gouttière faiblement marquée sur la face antérieure.</p>
<p>Rapport $\frac{V}{H} = \frac{1}{2}$ environ</p>	<p>Rapport $\frac{V}{H} = \frac{1}{2}$ environ</p>
<p>2° Arc vasculaire s'inscrivant nettement dans une ovale. Lamelle ligneuse assez mince, sensiblement d'épaisseur uniforme.</p>	<p>2° Arc vasculaire s'inscrivant sensiblement dans une ovale. Lamelle ligneuse assez épaisse, d'épaisseur variable.</p>
<p>Rapport $\frac{V'}{H'} = \frac{1}{2}$ environ</p>	<p>Rapport $\frac{V'}{H'} = \frac{1}{2}$ environ</p>
<p>3° Lamelle médiane antérieure large, égale aux $\frac{2}{3}$ du grand axe H' de l'arc vasculaire.</p>	<p>3° Lamelle médiane antérieure moins large, égale à la moitié du grand axe H' de l'arc vasculaire.</p>
<p>4° Ecorce et tissu fondamental, moyennant développés. Parenchyme fondamental sensiblement homogène.</p>	<p>4° Ecorce et parenchyme fondamental très développés. Parenchyme fondamental hétérogène.</p>
<p>5° Masse sortante destinée à un pétiole secondaire, émise sous forme d'O.</p>	<p>5° Masse sortante destinée à un pétiole secondaire émise sous forme d'U.</p>
<p>6° Probablement, 2 aphyllées.</p>	

**Résumé relatif aux *Anachoropteris*
des terrains Stéphanien et Permien du centre de la France**

Avant notre étude on connaissait dans le bassin houiller de St-Etienne et dans le Permien d'Autun 3 espèces d'*Anachoropteris*, savoir :

A. pulchra Renault (= *A. gigas* nov. nom.) du Permien.

A. Decaisnei Renault du Permien.

A. Decaisnei P. Bertrand (= *A. robusta* nov. nom.) du Stéphanien.

On connaît maintenant dans ces mêmes terrains :

A. robusta nov. nom. (= *A. Decaisnei* P. B.) du Stéphanien.

A. Pauteti nov. sp. du Stéphanien.

A. circularis nov. sp. du Permien.

A. Gilloti nov. sp. du Stéphanien.

A. involuta Hoskins du Stéphanien.

A. gigas nov. nom. du Permien.

A. pulchra Corda du Stéphanien.

A. ovata nov. sp. du Permien.

A. Decaisnei Renault du Permien.

Nous conservons l'*A. Decaisnei* Renault représenté par cet auteur dans son « Etude de quelques végétaux silicifiés des environs d'Autun » fig. 7, Pl. II, bien que cette espèce soit imparfaitement connue.

CHAPITRE SIXIÈME

Groupe de l'*Anachoropteris* *Williamsoni*

Anachoropteris Williamsoni Koopmans

Planche XXXIV

1877. — *Rachiopteris gleiche* Williamson. On the organization... IX, p. 350, fig. 79.
1885. — *Rachiopteris rotundata* Felix. Ber. Naturf. Ges. Leipzig, p. 10.
1886. — *Rachiopteris rotundata* Felix. Abh. Geol. Spez. Karte Preussen, VII, 3, p. 15, Taf 3. fig. 2.
1920. — *Anachoropteris rotundata* Scott. Studies, 3^e Edition ; 1 p. 352, fig. 158.
1927. — *Anachoropteris rotundata* Koopmans. Jaarverslag, 1926, p. 50.
1927. — *Anachoropteris pulchra* Hirmer. Handbuch, 1, p. 540, fig. 660
1928. — *Anachoropteris Williamsoni* Koopmans. Researches on the flora of the coal balls from the Finefrau Nebenbank... p. 33-34, fig. 133-134, Pl. XVIII.

1933. — *Anachoropteris Williamsoni* Koopmans, Researches on the flora of the coal balls from the Aegir horizon...., Pl. II, fig. 13.

Diagnose. — *Pétiole primaire* ayant en section transversale un contour ovale ou sub-trapézoïdal, avec une large gouttière sur la face antérieure ; Faisceau vasculaire, s'inscrivant dans un contour également ovale, composé :

1°) d'une lame médiane assez courte et peu épaisse ; 2°) de deux arcs basilaires à peine indiqués et faiblement concaves sur leur bord extérieur ; 3°) de deux arcs postérieurs enroulés en arrière mais ne dessinant pas plus d'un tour de spire plus épais que la lame médiane.

Sortie émise sous forme d'une masse ligneuse pleine, à contour ovale. Tissus corticaux composés d'une zone scléreuse peu épaisse et d'un parenchyme fondamental homogène.

Pétiole secondaire de même forme et de même organisation que les pétioles primaires.

Lame ligneuse composée d'une lame médiane antérieure mince et de deux arcs récepteurs simplement recourbés vers le plan médian, en forme de massue.

Documents. — L'étude d'*Anachoropteris Williamsoni* est basée sur trois échantillons :

1^{er} échantillon, N° 1979, dans lequel ont été taillées deux sections N° 55-56 ;

2^m échantillon, N° 356, qui a donné une section (collection Holevacque) ;

3^m échantillon, N° 883, qui a fourni 3 sections portant les N° 883, T. 47, 883, R. 11 et 883, R. 12.

Origines des échantillons. — Le 1^{er} échantillon provient de Shore, le 2^m d'Oldham. Le 3^m est originaire de Westphalie. Tous trois appartiennent au Westphalien A.

Dimensions et forme générale des pétioles. — Les pétioles figurés en 1 et 2 (lames minces 356 et 1979, N° 56) représentent des pétioles primaires. Ils mesurent 4 mm. à 8 mm. de largeur et de 2 mm. $\frac{1}{2}$ à 3 mm. $\frac{1}{2}$ d'épaisseur. Ces pétioles ont, en section transversale, un contour ovale ou subtrapézoïdal, avec un profond sillon sur la face supérieure.

Les figures 3, 4, 5 prises sur l'échantillon de Westphalie sont des pétioles secondaires ; ceux-ci mesurent 2 mm. $\frac{1}{2}$ de largeur sur 1 mm. $\frac{1}{2}$ d'épaisseur (fig. 3). Leur contour est encore sub-trapèzoïdal. Ils sont pourvus d'une gouttière médiane antérieure.

PÉTIOLÉS PRIMAIRES

On distingue dans ces pétioles : l'épiderme, la gaine scléreuse, le parenchyme fondamental, la masse ligneuse, le pilier médian.

Epiderme. — Il est bien visible fig. 1, pétiole *A*. Il est formé de cellules rectangulaires allongées dans le sens tangentiel.

Gaine scléreuse. — Cette gaine assez réduite est formée de fibres de petite taille et à cavité interne très réduite.

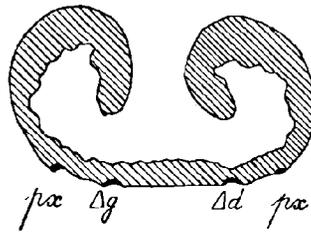


Fig. 45. — *Anachoropteris Williamsoni* Koopmans

Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire. Section transversale. Gr. = 20 environ.

Parenchyme fondamental. — Ce parenchyme est homogène. Les cellules du voisinage de la gaine scléreuse du pourtour de la masse ligneuse sont cependant plus petites.

Métaxylème. — Très mince dans la région des arcs basilaires le métaxylème augmente sensiblement d'épaisseur sur la lame médiane antérieure. Les arcs postérieurs sont encore beaucoup plus volumineux. Quant à la région d'insertion elle est relativement mince.

Le faisceau foliaire d'*A. Williamsoni* est schématisé fig. 45 du texte, il est encore représenté, par une photographie retouchée, fig. 46.

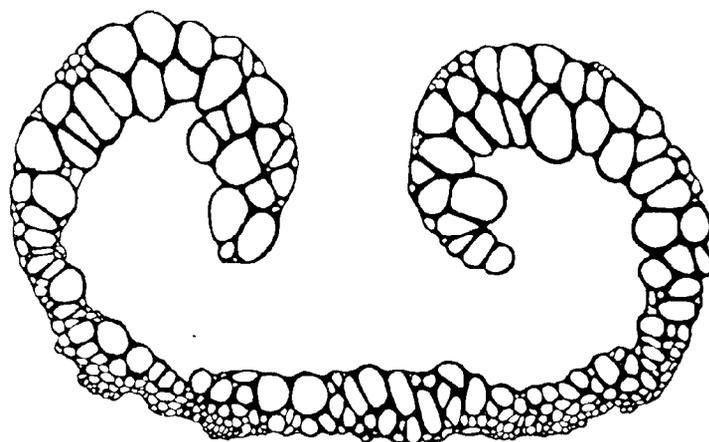


Fig. 46. — *Anachoropteris Williamsoni* Koopmans.
Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire.
Photographie retouchée. Gr. = 40 environ.

Protoxylème. — Les pôles fondamentaux ne sont pas nettement en forme de cupule.

Pilier médian. — Il est formé de fibres scléreuses bordées de quelques cellules parenchymateuses.

Sortie. — Les pétioles *A* et *B* (fig. 1, 1 *a* et 1 *b*, Pl. XXXIV) montrent l'émission de l'arc vasculaire destiné à un pétiole secondaire. Dans la région d'insertion gauche (fig. 1 *a*, Pl. XXXIV), on voit se former une hernie mais toutefois il ne se dessine pas de boucle sortante. A un niveau plus élevé on constate que la sortie se libère sous forme d'une masse ligneuse pleine. Un état plus avancé est visible à gauche du faisceau vasculaire de la figure 1 *b*. Là une sortie est située dans le parenchyme fondamental. Elle est ovale, allongée dans le sens vertical et fait avec la lame ligneuse principale un angle de 30° environ. Le mode d'émission d'une sortie est schématisé par les croquis 1 à 6 fig. 47 du texte.

PÉTIOLÉS SECONDAIRES

Les figures 3-4-5, Pl. XXXIV représentent des petits pétioles que je rapporte à *Anachoropteris Williamsoni*. Il s'agit de pétioles secondaires. On distingue dans chacun d'eux : la gaine scléreuse très peu développée, le parenchyme fondamental homogène, l'arc vasculaire, le pilier médian.

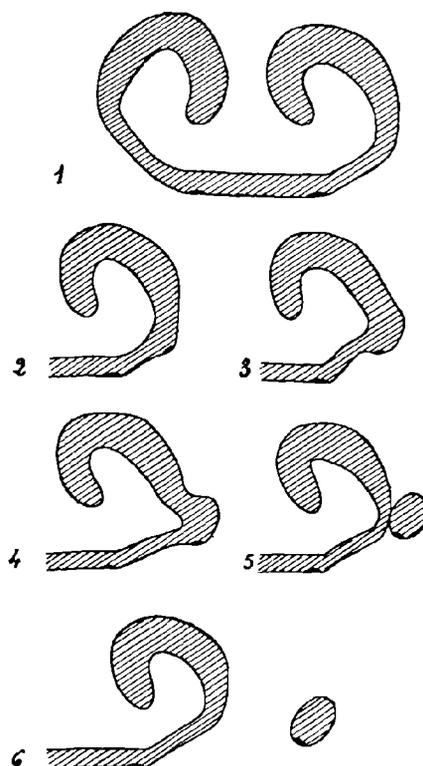


Fig. 47. — *Anachoropteris Williamsoni* Koopmans

Dessins schématiques (1 à 6) montrant les aspects successifs d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

Arc vasculaire. — Il est formé par une lame médiane antérieure très mince et par 2 arcs récepteurs peu recourbés.

Sorties. — Les figures 3 et 4, montrent encore des sorties *S* à gauche de l'arc vasculaire principal. Elles ont une forme ovale et sont à l'état de masse ligneuse pleine.

HISTOLOGIE.

La figure 5 représente une section oblique d'un pétiole d'*A. Williamsoni*. On peut voir que les trachées sont annelées ou spiralées tandis que les

grosses trachéides sont ponctuées. On distingue nettement le parenchyme fondamental, formé par des cellules courtes, du sclérenchyme cortical, constitué par des éléments beaucoup plus allongés et d'un calibre plus petit. Enfin, l'endoderme est souligné par une traînée noirâtre.

Synonymie. — Cette espèce a été créée par Koopmans pour les *Anachoropteris* du Westphalien A de Hollande. Cet auteur fit tomber en synonymie les espèces décrites par Williamson sous le nom de *Rachiopteris gleiche*, par Félix sous le nom de *Rachiopteris rotundata*, et provenant respectivement d'Angleterre et de Westphalie.

Dans les traités généraux, Scott figure cet *Anachoropteris* sous le nom de *A. rotundata*. Hirmer range la même espèce sous le nom d'*A. pulchra*.

Rapports et différences. — On doit créer pour *A. Williamsoni* un groupe spécial, car son arc ligneux n'est pas uniformément épais sur toute son étendue et ceci le différencie des espèces du groupe d'*A. robusta* ; par la forme de son arc vasculaire *A. Williamsoni* se rapprocherait davantage des espèces groupées autour d'*A. involuta*, mais les sorties se font sous forme d'une masse ligneuse pleine comme chez *A. robusta* et non sous forme annulaire comme chez *A. involuta*.

CHAPITRE SEPTIÈME

Relations probables des différentes espèces d'*Anachoropteris* entre elles

Les *Anachoropteris* se divisent en 2 séries :

- 1°) des formes moins évoluées représentées par le groupe de l'*A. robusta*.
- 2°) des formes hautement différenciées représentées par les groupes de l'*A. Williamsoni* et de l'*A. involuta*.

Les espèces comme *A. Gilloti* et *A. radnicensis* sont évidemment plus primitives que les autres. A partir de *A. Gilloti* ou de *A. radnicensis*, on peut faire dériver toutes les espèces du groupe de *A. robusta*, par acquisition d'arcs récepteurs plus ou moins allongés. On constate que chez toutes ces espèces le mode d'émission d'une sortie est le même : les arcs sortants sont toujours constitués par une masse de bois pleine à pôle endarque.

Les relations entre *A. Williamsoni* et *A. Gilloti* sont moins nettes. Il manque évidemment 1 ou plusieurs formes intermédiaires.

Chez *A. Williamsoni* la lame ligneuse s'est recourbée en forme de C ; les extrémités du C sont même déjà incurvées vers le plan médian, il y a en fait

des arcs récepteurs déjà bien développés. L'*A. Williamsoni* donnera à son tour l'*A. pulchra* par enroulement des pièces réceptrices et différenciation des arcs basilaires très nets.

D'autre part, par étirement transversal de la lame ligneuse, il est facile de passer d'*A. pulchra* à *A. involuta*.

A. ovata dériverait aussi, par allongement tangentiel de la lame médiane, d'*A. pulchra* dont il conserve le mode d'émission des sorties.

Enfin *A. gigas* serait issu directement de *A. involuta*.

CHAPITRE HUITIÈME

Notion de retardement dans la structure des régions nodales

Il faut noter chez tous les *Anachoropteris* un retardement dans la structure des régions nodales, autrement dit : les arcs sortants destinés aux pétioles secondaires offrent une structure attardée par rapport aux arcs ligneux des pétioles primaires.

Le retardement est de moins en moins accusé à mesure qu'on a affaire à des espèces plus évoluées. Par contre, il est de plus en plus net chez une même espèce lorsqu'on s'occupe de pétioles d'ordre de plus en plus élevé. Ce qui revient à dire, que chez une forme très différenciée, on retrouve tous les états par lesquels le système vasculaire est passé dans le temps à mesure qu'on a affaire à des pétioles d'ordre de plus en plus élevé.

Par exemple, chez *A. robusta* la lame ligneuse d'un pétiole primaire est concave en arrière et munie de 2 pôles fondamentaux, mais au niveau du nœud la sortie est à l'état de masse ligneuse pleine avec un seul pôle fondamental endarque. Ce n'est que plus tard, que le pôle de cette sortie se divisera et que la masse de bois pleine s'ouvrira en arrière : donc il y a un retardement dans la structure de la région nodale d'*A. robusta*.

Le même fait s'observe chez *A. Williamsoni*.

Chez les espèces plus évoluées le retardement est moins accentué.

Ainsi les pétiole primaire de *A. pulchra*, émet un arc ligneux sortant sous forme d'une masse annulaire.

Chez *A. involuta* cette émission se fait sous forme d'une boucle ouverte du côté postérieur.

Mais chez ces dernières espèces le retardement s'accroît à mesure qu'on a affaire à des pétioles d'ordre de plus en plus élevé. En effet :

Le pétiole secondaire d'*A. involuta* émet des sorties sous forme de masse ligneuse annulaire, tandis que les pétioles secondaires d'*A. pulchra* et tertiaires d'*A. involuta* émettent leurs arcs sortants sous forme d'une masse ligneuse pleine à pôle endarque.

Répartition verticale des *Anachoropteris*

	A. Decaisnei	A. robusta	A. Pauteti	A. circularis	A. Cilloti	A. radnicensis	A. involuta	A. gigas	A. pulchra	A. ovata	A. Williamsoni	A. Sp.
Permien	+			+				+		+		
Stéphanien		+	+		+		+		+			
Westphalien C						+			+			
Westphalien B											+	+
Westphalien A											+	

Le tableau ci-contre montre la répartition verticale des *Anachoropteris* Il indique la position stratigraphique de tous les *Anachoropteris* connus, mais il est forcément incomplet étant donné le petit nombre de gisements à structure conservée.

Ce tableau montre que certains *Anachoropteris* ont une grande extension géographique. C'est ainsi, que l'*A. Williamsoni* est connu dans tout le bassin Anglo-Westphalien ; *A. involuta* est commun à l'Amérique et à la France ; tandis qu'*A. pulchra* se trouve en France et en Bohême. Ceci permet de penser que, si l'on connaissait un plus grand nombre de gisements à structure conservée, la répartition géographique des *Anachoropteris* s'avèrerait encore plus considérable.

CHAPITRE NEUVIÈME

Clef dichotomique pour la détermination des espèces rentrant dans la famille des Anachoroptéridées et étudiées dans le présent travail

- Lame ligneuse allongée tangentiellement ; 1 seul plan de symétrie, 2 pôles fondamentaux adaxiaux; sorties émises latéralement, sensiblement parallèles à la pièce mère = **ANACHOROPTÉRIDÉES**
- I. — Pas d'arcs récepteurs, sorties émises sous forme d'une masse ligneuse pleine = **Grammatopteris**
- 1°) faisceau épais et trapu = *G. Bertrandi*
 2°) faisceau long et grêle = *G. Rigolloti*
- II. — Des arcs récepteurs = **Anachoropteris**
- a) Lame ligneuse épaisse, arcs récepteurs plus ou moins allongés en arrière et recourbés, jamais enroulés. Sorties émises sous forme d'une masse ligneuse pleine = Groupe de l'*A. robusta*

- 1°) ébauches d'arcs récepteurs, lame ligneuse à contour sub-rectangulaire = *A. Gilloti*
- 2°) arcs récepteurs allongés et recourbés
lame ligneuse s'inscrivant dans un contour
ovale = *A. robusta.*
- 3°) arcs récepteurs allongés et recourbés
lame ligneuse s'inscrivant dans un contour cir-
culaire = *A. circularis*
- 4°) arcs récepteurs allongés mais peu re-
courbés, lame ligneuse s'inscrivant dans un
contour rectangulaire = *A. Pauteti.*
- b) Lame ligneuse irrégulièrement épaisse,
Sorties émises sous forme d'une masse li-
gneuse pleine après ébauche de boucle
sortante = Groupe de l'*A. Wil-*
liamsoni.
- 1°) Arcs récepteurs enroulés, moins d'un
tour de spire, lame ligneuse s'inscrivant
dans un contour ovale = pétiole primaire d'*A.*
Williamsoni (1)
- 2°) arcs récepteurs simplement recourbés,
lame ligneuse s'inscrivant dans un contour
ovale = pétiole tertiaire d'*A.*
involuta.
- 3°) arcs récepteurs enroulés, lame ligneuse
s'inscrivant dans un contour circulaire = pétiole secondaire d'*A*
pulchra.

(1) Les pétioles secondaires d'*A. Williamsoni* ont les mêmes caractères mais leurs lames ligneuses sont simplement recourbées vers le plan médian.

c) *Lame ligneuse plutôt grêle, sorties émises au moyen d'une boucle sortante ou hernie . . .* = Groupe de l'*A. involuta*.

1°) *Sorties émises sous forme d'U, arcs récepteurs enroulés, plus d'un tour de spire, lame ligneuse s'inscrivant dans un contour ovale* = pétiole primaire d'*A. involuta* (2).

2°) *α. — Sorties émises sous forme d'O, arcs récepteurs enroulés, plus d'un tour de spire, lame ligneuse s'inscrivant dans un contour circulaire* = pétiole primaire d'*A. pulchra*.

β. Sorties émises sous forme d'O, arcs récepteurs enroulés, 1 tour de spire, lame ligneuse s'inscrivant dans un contour ovale . . . = pétiole secondaire d'*A. involuta*.

3° *Sorties émises sous forme d'U, lame ligneuse assez épaisse s'inscrivant dans un contour ovale, arcs récepteurs enroulés, plus d'un tour de spire* = pétiole primaire d'*A. gigas*.

4° *Sorties émises sous forme d'O, arcs récepteurs enroulés, plus d'un tour de spire, lame ligneuse très grêle s'inscrivant dans un contour ovale* = pétiole primaire d'*A. ovata*.

(2) Les ramifications ultimes d'*A. involuta* ont une lame ligneuse n'ayant qu'un seul pôle fondamental.

TROISIEME PARTIE

BOTRYOPTÉRIDÉES

- I. — Historique.
 - II. — Caractères généraux du genre *Botryopteris*.
 - III. — Genre *Botryopteris*.
-

CHAPITRE PREMIER

Historique

Le genre *Botryopteris* fut créé, en 1875, par B. Renault [1] (1) pour une espèce qu'il a désignée sous le nom de *B. forensis*

Dans sa publication originale et dans les « Recherches sur des végétaux silicifiés des environs d'Autun et de St.-Etienne » [2] Renault a décrit et figuré :

1°) la tige, les pétioles et les fructifications de *B. forensis* d'après des échantillons provenant de Grand' Croix près de St. Etienne ;

2°) des fructifications, du Permien des environs d'Autun, qu'il rapporte à *B. dubius* nov. sp. par analogie avec celles de *B. forensis* ;

3°) un pétiole, également originaire du Permien d'Autun, c'est le *B. augustodunensis*.

En 1896, dans sa flore fossile du bassin houiller d'Autun et d'Épinac, Renault [3] décrit pour la 3^{me} fois le *Botryopteris forensis*. Dans cet ouvrage Renault figure un nouvel échantillon de *B. forensis*, mieux conservé que ceux qui avaient fait l'objet des publications précédentes. Aussi cette espèce, bien représentée par les figures 4 et 5, Planche XXXIII, est-elle très nettement caractérisée.

(1) Les nombres entre crochets renvoient à l'index bibliographique relatif aux *Botryopteris*, page 190.

Au sujet des espèces décrites par Renault, je dois faire remarquer que le *B. augustodunensis* n'est très probablement qu'un pétiole secondaire de *B. forensis* Renault. Quant au *B. dubius*, comme il n'est représenté que par des fructifications, je ne m'en occuperai pas dans le présent travail.

En 1877, Grand'Eury [4] classe, sous le nom de *Rachiopteris forensis*, un pétiole de fougère provenant de la Péronnière (environ de Grand'Croix). Il s'agit en l'occurrence du *B. Renaulti* que je figurerai plus loin et dont C. E. Bertrand et F. Cornaille [5] ont déjà donné les principaux caractères.

En 1878, Williamson [6] fait connaître le *Rachiopteris cylindrica* provenant des coal-balls du Westphalien inférieur d'Angleterre (Westphalien A). Puis, respectivement en 1889 [7] et en 1891 [8], il décrit le *R. hirsuta* et le *R. ramosa* trouvés également dans le Westphalien A.

En 1887, Félix [9] découvre un *Botryopteris* en Westphalie (Westphalien A). Il le décrit sous le nom de *Rachiopteris tridentata*.

En 1896, Hick [10] donne une description de *R. cylindrica* plus détaillée que celle de Williamson.

Ces diverses espèces décrites sous le nom de *R. cylindrica*, *R. hirsuta*, *R. ramosa* et *R. tridentata* ont été reconnues comme appartenant aux *Botryopteris* [11].

En 1908, Kidston [12] découvre le *Botryopteris antiqua* dans le fameux gisement de Pettycur-fife (Burntisland) du Viséen. Toutefois cette espèce était connue depuis fort longtemps de Renault qui ne l'avait pas décrite en raison de certaines difficultés de spécification [13]. Les spécimens français provenaient du Culm (Viséen) d'Esnost.

En 1910, C. E. Bertrand et F. Cornaille [5] publient les caractéristiques de la trace foliaire botryoptéridienne. Ils indiquent avec précision où sont situés les pointements trachéens de *B. forensis* et des *Botryopteris* de la section *tridentata*. Ils donnent les caractères fondamentaux de *B. Renaulti* et de *B. antiqua*.

En 1910, Pelourde [14] décrit le *B. antiqua* d'Esnost et en figure quelques spécimens. Cette description est suivie de remarques générales sur les divers *Botryopteris*.

En 1911, M. P. Bertrand [15] émet des considérations d'ordre général sur la trace foliaire de *B. forensis* et de *B. antiqua* et indique le mode d'émission des masses ligneuses destinées aux pétioles secondaires.

Il donne, en outre, de bonnes photographies de ces deux espèces.

En 1914, Miss Benson [13] publie une description très détaillée du *Botryopteris antiqua* d'Angleterre, basée sur de nombreux documents provenant de Pettycur.

En 1915, paraît une étude très détaillée du *R. cylindrica* due à N. Bancroft, [16].

En 1924, Mademoiselle S. Leclercq [17] décrit le *B. Fraiponti* du Westphalien inférieur de Belgique (Westphalien A, niveau de Bouxharmont).

En 1925, elle donne de même une description du *B. ramosa* et du *B. cylindrica* recueillis dans le même horizon [18].

En 1928, Koopmans [19] figure, sous le nom de *B. tridentata*, des pétiole provenant du Westphalien inférieur de Hollande.

En 1933, Kraentzel [20] signale, sous le nom de *B. mucilaginoso*, un *Botryopteris* nouveau de Belgique.

En 1930, Hoskins [21] signale la présence, dans la Mc. Leansboro formation de l'Illinois (Upper Conemaugh) de *Botryopteris forensis* et d'un *Botryopteris* qu'il décrit sous le nom de *B. hirsuta* Will., mais qui n'est autre que le *B. Renaulti* C. E. Bertrand et F. Cornaille.

En 1933, M. P. Bertrand [22] interprète de nouveau la lame ligneuse de *B. forensis*.

Enfin, en 1935, Graham [23] décrit sous le nom de *B. americana* une espèce qui appartient probablement au *B. forensis*. Dans ce travail il publia 2 dessins (fig. 18 et 19) sous la désignation de *Botryopteris* cf. *B. hirsuta* ou *B. ramosa*. La figure 18, de son travail, représente une ramification d'ordre supérieur de *B. forensis* tandis que la fig. 19, est une ramification ultime de la même espèce, réduite à une masse ligneuse, formée de quelques trachéides, à pôle endarque.

Bibliographie relative aux Botryoptéridées

1. B. RENAULT. — Etude du genre *Botryopteris*. *Ann. Sc. Nat. (Bot)*, Série IV, Liv. I, 1875.
2. B. RENAULT. — Recherches sur des végétaux silicifiés des environs d'Autun et de St.-Etienne. *Publication de la Soc. Eduécenne*, 1878, p. 95-114, Pl. XIV - XV - XVI.
3. B. RENAULT. — Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac. Part. II, p. 45, 59, Pl. XXXII, 1896.
4. C. GRAND'EURY. — Flore Carbonifère du département de la Loire. *Mémoire Ac. des Sciences*, T. XXXIV, N° 1, p. 64, fig. 1, Pl. XIII, 1877.
5. C. EG. BERTRAND ET F. CORNAILLE. — Les caractéristiques de la trace foliaire Botryoptéridienne. *C. R. Ac. Sc. T.* 150, N° 17, p. 1019-1023, 1910.
6. W. C. WILLIAMSON. — On the organization of the fossil plants of the coal measures. Part. IX, 1878.
7. W. C. WILLIAMSON. — On the organization of the fossil plants of the coal measures Par. XV, 1889.
8. W. C. WILLIAMSON. — On the organization of the fossil plants of the coal measures, Par. XVIII. 1891.
9. J. FELIX. — Untersuchungen über den inneren Bau Westphalischer Carbon Pflanzen. *Abh. K. Géol. Land*, Bd VII, 1886, p. 12.
10. T. HICK. — On *Rachiopteris cylindrica*. *Mém. and Proc. of the Manchester Literary and Philosophical Society*, Vol. 41, Part. I, 1896.
11. D. H. SCOTT — Studies in fossil botany. 3^e Ed. p. 339, 1920.
12. R. KIDSTON. — On a new species of *Dineuron* and of *Botryopteris* from Pettycur-fife. *Trans. Roy. Soc. of Edinburgh*, Vol. XLVI, part II, N° 16. 1908.
13. M. BENSON. — New observations on *Botryopteris antiqua* Kidston. *Annals of Botany*, Vol. XXV, 1911.
14. F. PELOURDE. — Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois. *Ann. Sc. Nat. (Bot)*, 9^e Série, 1910.
15. P. BERTRAND. — L'étude anatomique des fougères anciennes. *Progressus rei Botanicae*, 1911.
16. N. BANCROFT. — A contribution to our knowledge of *Rachiopteris cylindrica*. *Ann. of Botany*, Vol. XXIX, 1915.
17. S. LECLERCQ. — Observations nouvelles sur structure anatomique de quelques végétaux du houiller belge. *Ac. Roy. Belg.* 1924, fig. 1 - 1 bis - 2 - 2 bis.
18. S. LECLERCQ. — Les coal balls de la couche Bouxharmont des Charbonnages de Werister. *Mém. soc. Géol. Belg.* p. 58-59, Pl. 46-48, 1925.
19. R. G. KOOPMANS. — Researches on the flora of the coal balls from « Finefrau Nebenbank » horizon in the province of Limbourg, 1928.
20. G. KRAENTZEL. — Etude monographique du *Botryopteris mucilaginoso*, nov. sp. *Ann. Soc. Géol. Belg.* 1933.
21. J. H. HOSKINS. — Contribution to the coal measure flora. *The American Midland Naturalist*, 1930.
22. P. BERTRAND. — Classification des fougères anciennes. *Bull. Soc. Bot. France*, T. LXXX (1933), p. 527-537.
23. R. GRAHAM. — Pennsylvanian flora of Illinois as revealed as coal balls *The botanical gazette*, vol. 97, N° 1, 1935.

CHAPITRE DEUXIEME

Caractères généraux du genre *Botryopteris*

1875. — *Botryopteris forensis* Renault, Etude du genre *Botryopteris*.
Ann. Sc. Nat. (Bot), Série 6. 1.

Les caractères généraux du genre *Botryopteris* sont les suivants :

1°) L'appareil vasculaire de la tige est une protostèle à pôles endarques ou exarques (*B. Fraiponti*, *B. forensis*).

2°) Les pétioles sont parcourus par un faisceau vasculaire unique qui, en section transversale a plus ou moins une forme en ω excepté chez *B. antiqua*. La stèle foliaire est cylindrique, c'est-à-dire sensiblement circulaire ou ovale en section transversale. Sa masse ligneuse pleine, massive et convexe en arrière tend à se différencier du côté adaxial en 3 parties : une masse médiane pourvue d'un ou deux pôles fondamentaux sur son bord antérieur ; et deux arcs latéraux ou arcs récepteurs.

En principe, ces trois parties restent unies entre elles par la région postérieure convexe de la lame ligneuse.

3°) Les cordons sortants de protoxylème sont émis au dépens du ou des pôles fondamentaux ; ils s'élèvent obliquement et gagnent la pointe antérieure des arcs récepteurs. Chez certaines espèces, ils ne s'arrêtent pas là, mais continuent à s'élever obliquement le long du bord externe convexe des arcs récepteurs, jusqu'à ce qu'ils aient atteint la région d'insertion des sorties.

Terminologie

On distingue dans le faisceau vasculaire des *Botryopteris* plusieurs régions :

1°) La masse médiane qui porte le ou les pôles fondamentaux, elle a la forme d'une lame allongée verticalement chez *B. forensis* ; elle a sensiblement un contour circulaire chez *B. Renaulti* et *B. minor* ;

2°) Un grand arc périphérique dans lequel nous pouvons distinguer 3 parties : l'arc postérieur convexe et les 2 arcs latéraux ou arcs récepteurs. Il est nécessaire de préciser la composition de ces derniers.

J'appellerai : région d'insertion, les régions du faisceau d'où se détachent les sorties. Ces régions d'insertion sont parfois situées très en arrière et se rapprochent de l'arc postérieur (partie inférieure du pétiole primaire de *B. forensis*), d'autres fois les sorties sont émises près de la pointe antérieure de l'arc récepteur (partie supérieure du pétiole primaire de *B. forensis*). Enfin, chez d'autres espèces (*B. Renaulti*, *B. minor*) la région d'insertion se confond avec l'extrémité de cet arc.

Chaque arc récepteur comprend dès lors une partie postérieure, simple prolongement de l'arc postérieur (1) et la pointe antérieure.

La stèle foliaire de *B. antiqua* ne présente pas cette différenciation ; elle nous offre simplement une masse ligneuse à contour ovale légèrement allongé dans le sens vertical et pourvue d'un pôle fondamental unique sur son bord antérieur (protostèle à pôle endarque).

(1) En réalité, il n'y a qu'un grand arc postérieur convexe qui va de la région d'insertion gauche à la région d'insertion droite.

CHAPITRE TROISIÈME

Genre *Botryopteris*

Plan de l'étude des Botryopteris. — La troisième partie de ce travail est consacrée à l'étude des *Botryopteris* du centre de la France (bassin houiller de St-Etienne et Dinantien d'Esnost près d'Autun).

Je décrirai successivement :

Botryopteris forensis Renault,

Botryopteris minor nov. sp.,

Botryopteris Renaulti C. E. Bertrand et F. Cornaille,

du Stéphanien de Grand' Croix, et :

Botryopteris antiqua Kidston,

du Culm d'Esnost.

I. — **Botryopteris forensis** Renault
(non *Rachiopteris forensis* Grand'Eury)

Planches XXXV, XXXVI et fig. 4, 5, Planches XXXVII.

1875. — *Botryopteris forensis* Renault, Etude du genre *Botryopteris*, *Ann. des Sc. Nat. (Bot.)*, Série 6, 1. fig. 1 à 11.
1878. — *Botryopteris forensis* Renault, Recherches sur des végétaux silicifiés, *Public. de la Soc. Eduéenne*, p. 95-114, Pl. XIV-XV-XVI.
1896. — *Botryopteris forensis* Renault, Flore fossile d'Autun et d'Épinac, 2^e partie, p. 47, 59, Pl. XXXII, fig. 1 à 11.
1910. — *Botryopteris forensis* Pelourde, Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois, *An. des Sc. Nat. (Bot.)* ; p. 361-371, fig. 9.
1911. — *Botryopteris forensis* Bertrand, L'étude anatomique des fougères anciennes. *Progressus rei Botanicae*, fig. 29, p. 229-232.
1920. — *Botryopteris forensis* Scott, Studies in fossil Botany, fig. 152.
- 1930.— *Botryopteris forensis* Hoskins, Contributions to the coal measures Flora of Illinois. *The American Midland Naturalist*, Pl. I, fig. 1-2-3 ; p. 154-155.
1933. — *Botryopteris forensis* Bertrand, Classification des Fougères anciennes, *Bull. Soc. Bot. France*, fig. 2.
- non *Rachiopteris forensis* Grand'Eury, Flore carbonifère du département de la Loire, p. 64, fig. 1, Pl. XIII.

Diagnose. — Tige possédant un cylindre vasculaire plein, homogène à section transversale circulaire ; éléments de protoxylème disposés à la périphérie. Parenchyme fondamental formé de petits éléments, gaine de sclérenchyme externe.

Pétioles primaires ayant en section transversale un contour sensiblement circulaire avec une gouttière sur la face antérieure ; épiderme couvert de poils

multicellulaires « équisétoïdes », gaine scléreuse fibreuse, parenchyme fondamental formé d'éléments de petite taille ; faisceau ligneux en forme d' ω renversé comprenant :

1°) une lame médiane, allongée dans le sens vertical pourvue à son extrémité antérieure de deux pôles fondamentaux en forme de cupules, symétriques par rapport au plan médian, et d'où s'échappent des pôles sortants situés latéralement ;

2°) deux arcs récepteurs allongés verticalement, libres en avant unis entre eux et à lame centrale en arrière par l'arc postérieur convexe.

De nombreux pôles sortants en forme de cupules s'échelonnent sur son bord externe dans tout le secteur latéro-antérieur, c'est-à-dire depuis la pointe jusqu'au niveau d'émission des sorties.

Sorties émises latéralement sous forme d'une masse ligneuse pleine à pôle antérieur (protostèle à pôle endarque).

Pétioles secondaires ayant à peu près les mêmes caractères que les pétioles primaires mais moins arrondis, plus évasés en avant. Pôles sortants moins nombreux, n'effectuant pas un parcours aussi important, ne dépassant pas l'extrémité de l'arc récepteur.

Sorties émises par l'extrémité de ce dernier sous forme d'une masse ligneuse pleine.

Pétioles tertiaires, sans gouttière antérieure, à contour circulaire, masse ligneuse moins allongée dans le sens antéro-postérieur, un seul pôle fondamental.

Sortie identique à celle des pétioles secondaires.

Documents. — Cette étude est basée :

1°) sur d'anciennes préparations exécutées par Renault, ce sont les séries 78/87-89 ; 78/85 ; 78/103-104 ; 78/39-41 ; 78/113, dont il ne reste aucun culot de taille ;

2°) sur deux échantillons numérotés 862 et 1192 dans chacun desquels on a effectué 2 préparations.

Origine. — Ces divers échantillons proviennent tous du gisement silicifié de Grand' Croix, mais ont été trouvés dans des localités différentes (lames minces des séries anciennes : Combrigolles ; échantillon 1192 : Grand' Croix ; échantillon 862 : environs de St.-Etienne).

C'est donc à la partie inférieure du Stéphanien moyen qu'il faut rapporter ces échantillons de *Botryopteris forensis*. Je crois d'ailleurs que le *B. forensis* est particulier au Stéphanien et que c'est par erreur que Renault a dit en avoir trouvé des spécimens dans le Permien d'Autun. Je considérerai le *B. forensis* comme une espèce Stéphanienne.

Plan d'étude du Botryopteris forensis. — Je n'étudierai pas la tige de *B. forensis*, je ne m'occuperai que des pétioles de divers ordres que je décrirai successivement.

J'ai distingué :

1°) des pétioles primaires représentés par les lames minces 78/87, 78/89 (Sections transversales), 78/88 (Section longitudinale) ; 78/85, 862,1 et 862,2 (sections transversales) ; 78/39, 78/40 (sections transversales) et 78/41 (section longitudinale). Ces trois dernières préparations étant mal conservées ne seront pas figurées.

2°) des pétioles secondaires figurés d'après les lames minces 78/103-104, et 78/113 ;

3°) Enfin, un pétiole tertiaire trouvé dans l'échantillon 1192.

PÉTIOLLES PRIMAIRES

Sections 78/87 et 78/89

Pl. XXXV

Dimensions et forme générale du pétiole. — Le pétiole coupé par les sections 78/87 et 78/89 est sensiblement circulaire en section transversale. Il est muni d'une gouttière large et peu profonde sur la face antérieure. Il mesure environ 8 mm. de diamètre.

Il est figuré Pl. XXXV, fig. 1 (section 78/87).

On distingue sur chaque section :

- 1°) l'épiderme,
- 2°) l'écorce scléreuse,

- 3°) le parenchyme fondamental formé d'éléments à parois légèrement sclérifiées,
- 4°) le faisceau libéro-ligneux,
- 5°) les lames scléreuses verticales.

Epiderme. — L'épiderme est visible en *ep*, fig. 1 *a*, Pl. XXXV. Il est formé de cellules paraissant quadrangulaires et ne mesurant guère qu'une dizaine de μ de largeur. Il est couvert de poils multicellulaires (1) d'apparence « équisétoïde » Cet aspect est dû à l'ondulation du bord circulaire des cloisons transversales (2-3).

Un tel poil débute par une protubérance de l'écorce où les cellules sont multisériées avant d'être unisériées (voir *p*, fig. 4, Pl. XXXVII).

Zone scléreuse. — La zone scléreuse de l'écorce de *Botryopteris forensis* est très importante. Elle est formée de fibres d'un très petit diamètre (10 à 12 μ) (voir fig. 1 *a*, Pl. XXXV). A mesure qu'on va vers l'intérieur, les éléments fibreux augmentent de taille et diminuent de longueur (fig. 4, Pl. XXXVII).

Il y a passage insensible du tissu fibreux au parenchyme à parois épaissies puis au parenchyme fondamental.

Parenchyme fondamental. — Il est presque uniformément constitué de petites cellules polygonales. Au voisinage du faisceau ligneux les éléments s'allongent tangentiellement tout en restant de petite taille (fig. 1 *a*, Pl. XXXV).

Faisceau libéro-ligneux — *a) Métaxylème.* La forme du faisceau ligneux de *B. forensis* a été bien définie par Renault (4), Ch. E. Bertrand et F. Cornaille (5) et P. Bertrand (6). Il s'inscrit dans un contour général circulaire et si

(1) Je renvoie le lecteur au texte et aux figures données par Renault dans la « Flore fossile du Bassin houiller et Permien d'Autun et d'Epinac » pour une étude plus complète de ces curieux poils.

(2) BOWER. — The ferns. Vol. I, p. 199, 1923.

(3) Williams a signalé des poils équisétoïdes sur les pétioles des fougères vivantes *Dicksonia squamosa* et *D. Blumei*, S. WILLIAMS. — *Ann. of Bot.* Volume XXXIX, 1925, p. 655.

(4) B. RENAULT — Bassin d'Autun et d'Epinac ; p. 47-59. 1896.

(5) C. E. BERTRAND et F. CORNAILLE. — *C. R. Ac. Sc.* p. 1019-1023, 1910.

(6) P. BERTRAND. — *Progressus rei Botanicæ*, 1911.



Fig. 48. — *Botryopteris forensis* Renault

Dessin schématique du faisceau foliaire d'un pétiole primaire. Section transversale.
Gr. = 20 environ.
A, masse ligneuse centrale ;
R, arcs récepteurs ;
Δ, pôles fondamentaux ;
1, 2, 3, 4, 5, 6, pôles sortants.

l'aspect d'un ω dont les 3 pointes libres sont dirigées du côté antérieur (voir fig. 48 du texte).

Il comprend les différentes régions que nous avons distinguées plus haut c'est-à-dire :

1°) une masse médiane *Mm* allongée dans le sens vertical (fig. 1 a, Pl. XXXV) ;

2°) 2 arcs récepteurs unis entre eux et à la lame médiane par l'arc postérieur convexe (*Rd* et *Rg* fig. 1 a, Pl. XXXV).

La lame médiane est renflée en son milieu et elle s'élargit en avant formant 2 saillies latérales qui portent les pôles fondamentaux.

Les petites trachéides du métaxylème sont situées aux extrémités de la lame médiane et des arcs récepteurs. Les autres éléments de la masse ligneuse sont très gros (250 à 300 μ). La différenciation ligneuse, dans son ensemble est

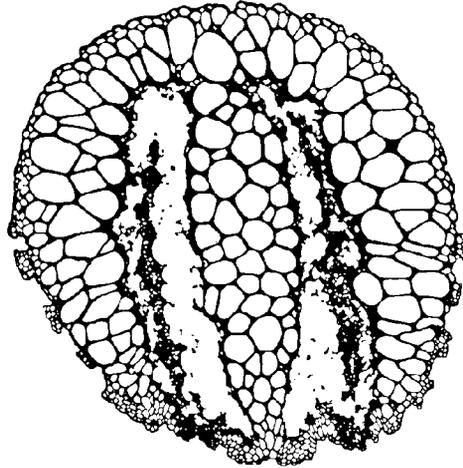


Fig. 49. — *Botryopteris forensis* Renault

Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire. Photographie retouchée. Gr. = 25 environ.

nettement centrifuge, par rapport au stipe. Il faut noter cependant la présence autour du faisceau et vers l'extérieur d'un cordonnet de petits éléments (voir fig. 49 du texte).

b) *Protoxylème*. — La lame ligneuse de *B. forensis* porte 2 pôles fondamentaux en forme de cupules situés de part et d'autre du plan médian à l'extrémité antérieure de la lame centrale Δd et Δg , Pl. XXXV, fig. 1 b). Il peut y avoir 6 groupes de protoxylème sortants sur chaque $\frac{1}{2}$ faisceau. Les uns (px_6) sont accolés aux pôles fondamentaux et situés par suite latéralement, les autres sont placés sur le bord latéro-antérieur externe des arcs récepteurs (px_5 à px_1).

Liber. — Il y a lieu de distinguer 3 sortes de liber :

1°) le liber externe qui paraît ici conservé presque complètement tout autour de la masse ligneuse. Il est constitué par des éléments petits, ressemblant plutôt à un parenchyme à parois minces ;

2°) un premier liber interne, qui est développé sur la face interne de l'arc récepteur et qui est composé de nombreux éléments de taille moyenne ;

3°) Enfin, un deuxième liber interne développé sur les deux flancs de la lame ligneuse médiane. Ce dernier est constitué par de gros tubes criblés, disposés à peu près sur deux rangs, et, qui frappent par leur taille. Les 2 bandes de liber interne du même côté entrent en contact au fond des sinus qui occupent la concavité de l'arc postérieur.

Bandes scléreuses. — Les 2 bandes de liber interne du même côté, faciles à distinguer par le calibre très différent de leurs tubes criblés, sont en outre séparées sur presque toute leur étendue par une lame de fibres scléreuses, qui forme un arc parallèle au bord interne de l'arc récepteur. Cette bande scléreuse s'affile en arrière, elle s'épaissit au contraire à sa pointe antérieure où elle entre en contact avec les cordons sortants px .

Emission des pôles sortants. — Les pôles fondamentaux de *B. forensis* en se divisant émettent en succession rapide des cordons sortants. Ce phénomène est complexe. Pour le comprendre, il faut le suivre de près sur les fig. 1 *a* et 1 *b*, Pl. XXXV. On voit qu'il se forme à droite du pôle Δd par exemple, un petit arc sortant en forme de crochet ; la concavité de ce petit arc est bien occupée par des éléments de protoxylème px_5 , mais tout ce qui est en arrière de px_5 est constitué par un véritable métaxylème à petits éléments.

Il est évident qu'un peu plus haut, très rapidement ce petit arc sortant va se détacher de l'extrémité de la lame ligneuse médiane et se fixer à la pointe antérieure de l'arc récepteur droit en occupant la position px_5 .

Les groupes px_5 , px_4 , px_3 , px_2 , px_1 , échelonnés le long de l'arc récepteur nous indiquent, que chaque cordon de protoxylème sortant a un trajet oblique, et, décrit environ 1/4 d'hélice sur le bord externe antérieur de l'arc récepteur avant d'atteindre la région latérale où s'individualise la masse sortante définitive.

Dans ce trajet la cupule sortante paraît être accompagnée que d'un très petit nombre d'éléments de petit calibre.

Sortie. — Aucune sortie complètement individualisée n'est visible sur les deux sections de ce pétiole. Néanmoins, les états successifs, px_5 à px_1 , que nous avons décrits plus haut permettent de dire :

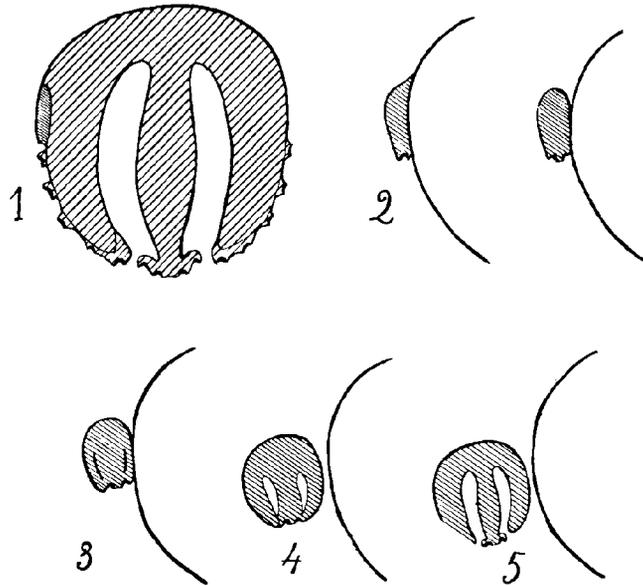


Fig. 50. — *Botryopteris forensis* Renault

Schémas (1 à 5) montrant les aspects hypothétiques successifs d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

1°) qu'elle se fera latéralement ;

2°) qu'elle se séparera de la pièce mère sous forme d'une masse de bois pleine.

Ce n'est que plus tard qu'elle prendra sa forme définitive.

Ainsi, la pièce sortante destinée à un pétiole secondaire de *B. forensis* comprend 2 parties d'origine différente :

1°) un cordon d'éléments de protoxylème ρx_1 , issu de l'un des pôles fondamentaux (Δg , par exemple) et qui n'atteint la région d'émission qu'après un long trajet que nous avons décrit ;

2°) une masse de métaxylème *met*, à petits éléments, qui s'insère directement sur le flanc de l'arc récepteur (voir, fig. 1 c, Pl. XXXV).

La figure 50, dans le texte montre les aspects hypothétiques successifs d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

Remarque. — Les sections 78/87 (fig. 1, 1 a, 1 b, 1 c, Pl. XXXV) et 78/89, qui sont deux coupes successives d'un même pétiole sont sensiblement au même état. Cependant, c'est la première qui est la plus élevée, parce que c'est sur celle-là que la pièce sortante offre l'état le plus avancé. Nous devons remarquer, bien qu'il y ait de nombreuses sorties : $px_5, px_4 \dots px_1$, échelonnées le long du bord externe antérieur de l'arc récepteur, que les cordons px ont un trajet presque vertical puisqu'ils sont coupés transversalement par la coupe. Il en résulte que les sorties sont assez éloignées les unes des autres, ce qui revient à dire que les pétioles successifs sont assez espacés.

Ceci nous explique pourquoi, sur une série de sections transversales d'un pétiole de *Botryopteris*, on rencontre rarement une pièce sortante complètement individualisée.

Section 78/85

Pl. XXXVI, fig. 1 - 1 a.

Le pétiole coupé par la section 78/85 nous offre les mêmes caractères que celui que nous venons de décrire. Cependant il est beaucoup plus petit. Je considère qu'il s'agit, ici encore, d'un pétiole primaire mais coupé dans sa région supérieure.

Dimensions et forme générale du pétiole. — Ce pétiole mesure environ 5 mm. de diamètre. Il est circulaire en section transversale (fig. 1, Pl. XXXVI).

Tissu cortical. — La gaine mécanique est formée de fibres scléreuses, le parenchyme fondamental est formé de petites cellules, il est homogène.

Faisceau ligneux. Il a une forme normale ; les pôles fondamentaux $\Delta g, \Delta d$ sont en assez mauvais état. Quant aux pôles sortants, ils paraissent beaucoup moins nombreux et semblent, dans leur parcours, ne pas dépasser la pointe des arcs récepteurs (fig. 1 a, Pl. XXXVI).

Liber. — Là encore, on distingue 3 sortes de liber : le liber externe, autour de la lame ligneuse, formé de petites cellules irrégulières ; un premier

liber interne le long des arcs récepteurs (tubes criblés de calibres moyen,) enfin, un deuxième liber interne de chaque côté de la lame centrale. Ce dernier est constitué par de gros tubes criblés.

Lames scléreuses. — Une lame scléreuse *Sc*, sépare dans chaque moitié du faisceau les deux sortes de liber interne, elle est plus ou moins parallèle à l'arc récepteur, elle s'élargit dans sa région antérieure et s'effile en arrière.

Echantillon 862. Sections 1 et 2

Pl. XXXVI. fig. 2 - 3.

De cet échantillon on a tiré les sections 862, 1 et 862, 2. — 862, 1 (fig. 3, Pl. XXXVI) se place au-dessus de 862, 2 (fig. 2, Pl. XXXVI).

Le pétiole coupé par ces sections possède tous les caractères de ceux que nous venons de décrire. Il s'agit probablement là encore de coupes exécutées dans la partie supérieure d'un pétiole primaire.

Forme et dimensions du pétiole. — Ce pétiole est circulaire en section transversale. Il mesure environ 6 mm. de diamètre.

Tissus corticaux et faisceau ligneux. — Les tissus corticaux et le faisceau ligneux sont exactement les mêmes que dans notre pétiole princeps. On ne voit que deux pôles sortants sur chaque arc récepteur, l'un à la pointe antérieure de cette pièce, l'autre situé un peu latéralement par rapport au premier.

Individualisation de la sortie. — Les figures 2 et 3, Pl. XXXVI, proviennent respectivement des sections 862, 2 et 862, 1.

On voit au premier coup d'œil que ces traces foliaires ne sont pas symétriques par rapport au plan médian passant par la lame centrale. L'arc récepteur situé à gauche est dans sa position normale, son écartement de la lame centrale est régulier. Au contraire, l'arc récepteur situé à droite, déjà plus écarté que le précédent sur la fig. 2, s'éloigne encore de la lame centrale sur la fig. 3. Aussi est-on en droit de se demander si on n'a pas là la préparation d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

D'après les remarques précédentes, la pièce sortante comprendrait le protoxylème px_1 , et tout le segment de l'arc récepteur (métaxylème à grosses trachéides) situé immédiatement derrière px_1 .

Quant au cordon sortant px_2 , momentanément isolé par le départ de la sortie, il irait se rattacher à l'extrémité de l'arc récepteur demeurée dans le prolongement de l'arc postérieur.

Il faut remarquer en effet que l'arc récepteur gauche, qui a précédemment donné une sortie, est plus court que l'arc récepteur droit.

PÉTIOLÉS SECONDAIRES

Les pétioles coupés par les sections 78/113 (fig. 4, Pl. XXXVI) et 78/103-104 (fig. 5, Pl. XXXVI et Pl. XXXVII) seront considérés comme appartenant au *Botryoperis forensis* pour les raisons suivantes :

- 1°) leur forme générale est circulaire, comme chez le type de *B. forensis*;
- 2°) leur cylindre ligneux conserve sensiblement la même forme que chez la pétiole primaire.

Etant de taille beaucoup plus petite, que les pétioles étudiés précédemment ils représentent sans doute les pétioles secondaires.

Section 78/113

Pl. XXXVI, fig. 4

Forme générale et dimensions du pétiole. — Le pétiole coupé par la section 78/113 est circulaire en section transversale, il présente une gouttière sur la face antérieure. Il mesure environ 4 mm. de diamètre (fig. 4, Pl. XXXVI).

Tissus corticaux. — Les tissus corticaux ont la même composition que ceux des pétioles primaires. L'épiderme est souvent détruit, la gaine scléreuse diminue d'épaisseur, le tissu fondamental est formé de petites cellules.

Faisceau. — Le faisceau ligneux, en section transversale, présente un contour carré à coins arrondis, au lieu du contour circulaire que nous avons observé chez la pétiole primaire, mais il conserve la même composition. On ne distingue pas fig. 4, Pl. XXXVI, les pôles fondamentaux et sortants.

Section 78/103

Pl. XXXVI, fig. 5

Forme générale et dimensions du pétiole. — Le pétiole a, en section transversale, un contour circulaire. Il mesure 3 mm. de diamètre.

Tissus corticaux et faisceau ligneux. — La gaine mécanique est très réduite, elle est développée, surtout sur la face antérieure du pétiole. Le parenchyme fondamental est uniformément composé de petites cellules. Quant au faisceau ligneux, il est encore plus évasé en avant que celui du pétiole secondaire étudié précédemment (fig. 5. Pl. XXXVI).

Sortie. — Une sortie est sur le point de se détacher de l'arc récepteur droit en S, fig. 5, Pl. XXXVI. On voit qu'elle est constituée par toute l'extrémité antérieure de cet arc qui, s'écarte latéralement, et, va bientôt se libérer.

Là encore, la région d'insertion de la pièce sortante se confond avec l'extrémité de l'arc récepteur.

Les schémas, fig. 51 du texte, montrent les aspects successifs d'une sortie destinée à un pétiole tertiaire (*Voir page suivante*).

PÉTIOLE TERTIAIRE

Sections 1192, 1 et 2

Pl. XXXVI, fig. 6.

Je considérerai le pétiole, coupé par les sections 1192, 1 et 1192, 2, comme un rachis tertiaire de *B. forensis*, pour les raisons suivantes :

- 1°) il est de très petite taille ;
- 2°) le faisceau ligneux, tout en conservant la forme d'un oméga, est plus évasé que celui du pétiole secondaire ;
- 3°) ce pétiole a un contour circulaire. Il est dépourvu de gouttière sur sa face antérieure.

Ce rachis d'ordre 3 est figuré en 6, Pl. XXXVI (section 1192, 1).

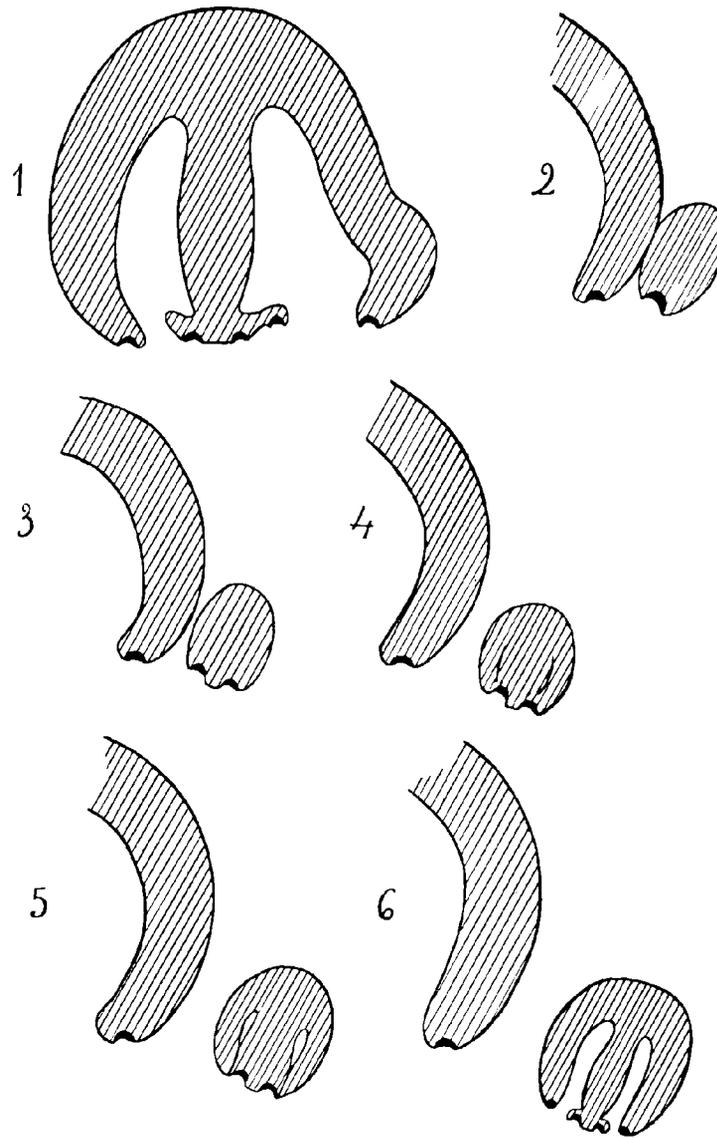


Fig. 51. — *Botryopteris forensis* Renault

1. — Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole secondaire (lame mince 78/103). Section transversale.

2 à 6. — Schémas montrant les aspects hypothétiques successifs d'une sortie destinée à un pétiole tertiaire.

Dimensions. — Ce rachis ne mesure que 1 mm. $\frac{1}{2}$ environ de diamètre.

Tissus corticaux. — Le pétiole tertiaire a la même composition que les rachis d'ordre inférieur. La gaine scléreuse est très réduite, le parenchyme fondamental est entièrement constitué par de petites cellules.

Masse ligneuse. — La masse ligneuse a encore la forme que nous avons décrite pour les pétioles primaires et secondaires.

Elle est constituée par une lame centrale à contour arrondi et par 2 arcs récepteurs courts, écartés, réunis entre eux et à la lame central par l'arc postérieur. L'aspect de cette masse ligneuse est encore celui d'un oméga, dont les bras seraient raccourcis et écartés.

Pôles. — La lame ligneuse centrale paraît ne porter qu'un seul pôle fondamental. Il y a un pôle sortant à chacune des extrémités antérieures des arcs récepteurs.

Sorties. — On voit, fig. 6, Pl. XXXVI, sur le côté gauche de la lame ligneuse, une sortie qui va se séparer de la masse principale. Elle est formée d'un pôle sortant et d'une partie du métaxylème de la pièce réceptrice située derrière lui.

Il faut remarquer que, chez les pétioles tertiaires comme chez les pétioles secondaires, la sortie se fait aux dépens de la partie antérieure de l'arc récepteur qui fournit le métaxylème, tandis que le protoxylème provient de la lame centrale.

Mode d'émission des sorties. Résumé. — D'après ce qui précède, nous voyons que, en principe, la pièce sortante destinée à un pétiole secondaire comprend 2 parties d'origine différente :

1°) un cordon d'éléments de protoxylème issu de l'un des pôles fondamentaux Δ ;

2°) une masse de métaxylème qui s'insère sur le flanc de l'arc récepteur.

En accord avec ce mode d'émission, nous constatons, sur les pétioles coupés dans leur partie inférieure, de nombreux cordons sortants qui s'échelonnent depuis la pointe de l'arc récepteur jusqu'à la région d'insertion.

Cette région peut être reportée très haut près de l'arc postérieur.

Vers le haut du pétiole primaire, la région d'insertion de la pièce sortante est ramenée au voisinage de l'extrémité antérieure de l'arc récepteur.

Sur les pétioles secondaires et tertiaires la région d'émission de la pièce sortante se confond avec l'extrémité antérieure de cet arc.

Les sorties se libèrent toujours de la lame principale sous forme d'une masse pleine à pôle antérieur. Ce n'est que par la suite qu'elles s'ouvrent et prendront la forme caractéristique de la trace de *Botryopteris*.

Synonymie. — Le pétiole que montre la fig. 1 Pl. XXXV, l'une des plus caractéristiques du pétiole primaire de *Botryopteris forensis*, a déjà été représenté par Renault, (Flore fossile d'Autun et d'Épinac Pl. XXXII, fig. 4) et par P. Bertrand (*Progressus rei Botanicae* fig. 29). C'est bien le *B. forensis* qui est figuré dans Scott (Studies, 3^e Ed. fig. 152) d'après un échantillon provenant d'Autun.

Le *Botryopteris forensis* décrit par Hoskins (*The American Naturalist*, Vol. XI, N^o 5) est identique à l'espèce de Grand Croix.

Le *Botryopteris augustodunensis* de Renault paraît être un pétiole secondaire de *Botryopteris forensis*.

C'est sans doute également au *B. forensis* qu'il faut rapporter le *B. americana* décrit et figuré par Graham et provenant de la M. Leansboro formation de l'Illinois. Quant aux *Botryopteris* cf. *B. hirsuta* ou *B. ramosa*, figurés par le même auteur, ils représentent certainement les ramifications ultimes de *B. forensis*.

HISTOLOGIE

Pétiole primaire. — Section 78/88

Pl. XXXVII, fig. 4.

Coupe longitudinale. — La figure 4, Pl. XXXVII, montre une coupe longitudinale exécutée dans un pétiole primaire de *Botryopteris forensis* (section 78/88). La figure 52 du texte, ci-jointe, indique la position de cette lame longitudinale dans le pétiole. On voit qu'elle est oblique par rapport au plan médian et qu'elle coupe la partie latérale postérieure de la pièce réceptrice droite, l'écorce et une portion de la sortie qui s'est effectuée de ce côté.

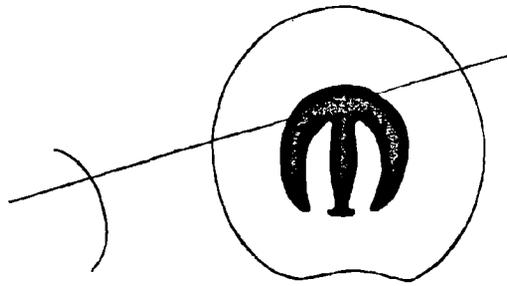


Fig. 52. — *Botryopteris forensis* Renault

Schéma indiquant sur une coupe transversale la ligne par laquelle passe la section longitudinale 78/88.

P_1 , est le pétiole primaire, P_2 , le pétiole secondaire.

Le pétiole secondaire ne montre que la zone de sclérenchyme de la gaine et le parenchyme fondamental.

Le pétiole primaire permet l'examen :

- 1°) de l'épiderme avec les poils p ;
- 2°) du tissu scléreux ts formé de fibres allongées et à cavité très réduite ;
- 3°) du parenchyme fondamental tf (cellules peu allongées) ;
- 4°) du bois (métaxylème) B , constitué par des trachéides ponctuées.

Sur l'épiderme, les poils sont d'abord pluri-sériés, puis unisériés.

Pétiole secondaire. — Section 78/104

Pl. XXXVII, fig. 5

Section longitudinale. — La fig. 5, Pl. XXXVII, représente une coupe longitudinale (lame mince 78/104) tirée de l'échantillon ayant donné la lame mince 78/103, en section transversale.

La position de la coupe longitudinale, dans le pétiole, est indiquée par la fig. 53 du texte ci-jointe. Ainsi que le montre le dessin, elle ne coupe que le métaxylème de la partie postérieure des arcs réparateurs, elle n'atteint pas le protoxylème.

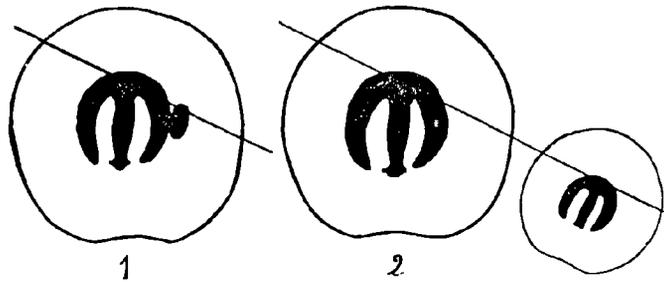


Fig. 53. — *Botryopteris forensis* Renault

Schémas indiquant sur 2 sections transversales, les lignes par lesquelles passe la section longitudinale 78/104.

- 1, vers le bas du pétiole ;
2, vers le haut du pétiole.

On a donc au centre du pétiole principal : le bois, formé d'éléments ponctués à punctuations multisériées. Le bois forme une seule masse car la coupe passe par l'arc postérieur de la masse ligneuse. De chaque côté du bois on voit le parenchyme homogène, et, enfin le tissu scléreux à droite.

Cette figure montre l'émission d'un pétiole tertiaire P_3 . Ce dernier est coupé comme le pétiole secondaire P_2 . On y distingue les mêmes régions. On voit qu'avant de quitter le rachis principal, le faisceau vasculaire destiné au pétiole tertiaire chemine dans l'écorce en faisant un angle de 30° avec l'axe principal. Lorsque le pétiole tertiaire devient libre, l'angle que fait les deux rachis augmente et atteint 45° environ.

II. — *Botryopteris minor* nov. sp.

Planche XXXVII, fig. 1, 2, 3

Diagnose. — Pétioles de très petite taille, subrectangulaires en section transversale, gaine scléreuse très réduite, parenchyme fondamental hétérogène.

Faisceau ligneux petit par rapport au volume du pétiole, s'inscrivant dans un contour subrectangulaire, comprenant :

1° un arc postérieur presque rectiligne (et non convexe comme chez *B. forensis*) ;

2° une lame ligneuse centrale massive, presque carrée, pourvue d'un pôle fondamental médian, au milieu de sa face adaxiale ;

3°) deux arcs récepteurs relativement courts, moins épais que la lame centrale, pourvus chacun d'un pôle sortant à leur extrémité antérieure.

Les sorties se détachent de l'extrémité des arcs récepteurs, sous forme d'une masse ligneuse pleine.

Documents. — Les pétioles que je rapporte au *Botryopteris minor*, ont été coupés par les sections 78/87-89 et 78/113-114.

Origine. — Ces sections ont été exécutées dans des silex provenant de Combrigolles près de St.-Etienne ; *Botryopteris minor* appartient donc au Stéphanien moyen.

PÉTIOLLES

Section 78/113

Dimensions du pétiole. — Ce pétiole est muni d'une large gouttière sur la face antérieure. Il mesure environ 1 mm. $\frac{1}{2}$ de largeur sur $\frac{3}{4}$ de mm. de hauteur (fig. 3-3 a, Pl. XXXVII).

Tissus corticaux. — La gaine scléreuse qui entoure le pétiole est très réduite, elle est formée de cellules courtes, à parois épaissies. Le parenchyme interne est sensiblement homogène ; les cellules qui le composent sont assez grandes.

Faisceau vasculaire. — Le faisceau vasculaire est très petit relativement à la taille du pétiole, et ne mesure pas un 1 mm. de largeur sur $\frac{1}{4}$ de mm. de hauteur. Il s'inscrit dans un contour sub-rectangulaire.

Pôles. — La lame ligneuse de *Botryopteris minor* porte un seul pôle fondamental médian. Celui-ci se divise, alternativement à droite et à gauche, pour donner les pôles sortants. La fig. 3 a, Pl. XXXVII, montre très nettement ce pôle fondamental Δm . Le faisceau vasculaire porte en outre un pôle sortant px :

- 1°) à gauche de Δm , sur la lame médiane ;
- 2°) à l'extrémité de chaque arc récepteur.

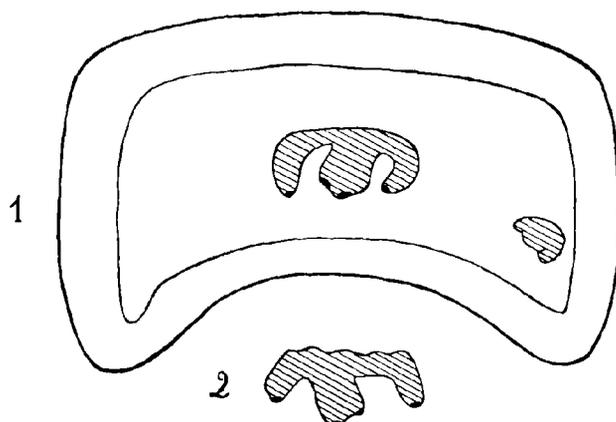


Fig. 54. — *Botryopteris minor nov, sp*

1. — Dessin schématique du pétiole 78/113. Section transversale. Gr. = 50 environ.
2. — Dessin schématique du faisceau vasculaire (lame mince 78/89). Section transversale. Gr. = 50 environ.

Sortie. — Une sortie *S*, est située dans le parenchyme fondamental à droite du faisceau principal. A ce niveau, la sortie est constituée par une masse ligneuse pleine, ovale, allongée suivant le sens droite gauche. Elle chemine à travers le parenchyme fondamental en faisant avec le plan médian un angle de 45°.

Le pétiole coupé par la lame mince 78/113 est schématisé, en 1, fig. 54 du texte.

Sections 78/87 et 78/89

Forme générale et dimensions du pétiole. — Le pétiole coupé par ces lames minces a encore une forme sub-rectangulaire en section transversale. Il est plus petit que le précédent, puisqu'il ne mesure guère plus de 1 mm. de largeur sur 1 mm. de hauteur. Il est représenté fig. 1 et 1 a (section 78/89) et 2 (section 78/87), qui sont les images de deux coupes successives (la section 78/87 doit se placer au-dessus de 78/89).

Tissus corticaux et faisceaux. — Les tissus corticaux ont les mêmes caractères que dans le pétiole étudié précédemment. Le faisceau a la même composition, mais les arcs récepteurs sont plus grêles (la section 78/89 ayant été retournée, il faut l'inverser pour comparer la fig. 1 *a* à la figure 2).

Pôles sortants. — On distingue, à côté du pôle médian, un pôle sortant prêt à se détacher de l'angle antérieur droit de la lame ligneuse centrale. On distingue de même un pôle sortant à la pointe de chacun des arcs récepteurs (voir schéma 2, fig. 54 du texte).

Emission des sorties. — L'étude des deux pétioles précédents montre que l'émission des sorties a lieu comme suit :

le pôle médian Δm , émet un cordon de protoxylème sortant px , qui se détache de l'un des angles antérieurs de la lame ligneuse centrale et vient se placer à l'extrémité (ou à la pointe) de l'arc récepteur du même côté. Dans ce trajet le cordon px est accompagné d'un petit massif de métaxylème situé derrière lui. Cette émission se fait alternativement à droite et à gauche. Le pôle sortant, situé à l'extrémité d'un arc récepteur, se sépare de la lame principale avec une partie du métaxylème situé derrière lui. Au moment où elle se détache de l'extrémité de l'arc récepteur, la sortie est à l'état de masse ligneuse pleine.

Rapports et différences. — J'ai décrit ces pétioles sous un nom nouveau, bien qu'ils aient été trouvés en association avec *Botryopteris forensis*. Je ne crois pas qu'ils représentent des pétioles primaires ni même de pétioles secondaires. C'est donc aux pétioles tertiaires de *B. forensis* que je les comparerai. Les pétioles de *B. minor* diffèrent des rachis tertiaires de *B. forensis* par les caractères suivants :

1°) le contour du pétiole est subrectangulaire tandis qu'il est circulaire chez *B. forensis*.

2°) la lame ligneuse de *B. minor* s'inscrit également dans un rectangle, tandis que la masse ligneuse des pétioles tertiaires de *B. forensis* a plutôt la forme d'une gouttière convexe en arrière, élargie en avant, ce qui tient à ce que les branches latérales de l'oméga divergent très nettement.

Ils diffèrent également, des pétioles d'ordre supérieur de *B. Renaulti*, par le contour du pétiole qui est ovale chez cette dernière espèce. En outre chez *B. Renaulti*, la lame ligneuse médiane se sépare ordinairement de l'arc postérieur.

III. — **Botryopteris Renaulti** C. Eg. Bertrand et F. Cornaille

Planches XXXVIII, XXXIX, XL

1877. — *Rhachiopteris forensis* Grand Eury, Flore carbonifère du département de la Loire. *Mém. Ac. Sc.*, T. XXIV, N° 1, page 64, fig. I, Pl. XIII.

1910. — *Botryopteris Renaulti* C. Eg. Bertrand et F. Cornouaille, *C. R. A. Sc.* T. 150, N° 17, p. 1019-1023.

1930. — *Botryopteris hirsuta*. — Hoskins, Contribution to the coal measures Flora, *The American Midland Naturalist*, p. 155, fig. 4, Pl. II.

Diagnose. — Pétiole primaire ayant en section transversale une forme générale ovale, allongée dans le sens droite-gauche, avec une gouttière large et peu profonde sur la face antérieure. Masse ligneuse composée de 2 parties tantôt libres, tantôt soudées suivant le plan médian :

1°) une masse antérieure médiane, arrondie ou ovale, pourvue d'un seul pôle fondamental médian et en outre d'un ou plusieurs pôles sortants ;

2°) un grand arc périphérique. Ce dernier comprend une lame postérieure épaisse, presque rectangulaire et deux arcs récepteurs, en forme de cornes, rétrécis en avant, disposés perpendiculairement aux extrémités de la lame postérieure.

La particularité de cette structure, comparée à celle des *Botryopteris* du type de *B. forensis*, c'est la tendance à l'isolement du massif médian. La masse ligneuse de la stèle pétiole tend à constituer 2 systèmes distincts spécialisés : le massif médian et le système périphérique, qui englobe les 2 arcs récepteurs réunis, l'un à l'autre, par un massif postérieur de grosses trachéides.

Ecorce composée d'une gaine scléreuse peu développée, formée de fibres et du parenchyme fondamental (formée de petits éléments).

Sorties émises, par l'extrémité des arcs récepteurs, sous forme d'une masse ligneuse pleine.

Pétioles secondaires offrant les mêmes caractères.

Documents. — L'étude de *B. Renaulti* est basée sur les documents suivants : 1°) des sections anciennes dont on ne connaît pas les culots de taille. Elles sont numérotées 76/46-47 et 76/86 ;

2°) des échantillons taillés plus récemment :

- a) l'échantillon N° 2418, dans lequel furent exécutées les 2 sections 2418, T₁ et 2418, T₂ ;
- b) l'échantillon N° 2422, d'où fut tirée la section 2422, T₂ ;
- c) le spécimen 862 (section 862,2) ;
- d) enfin le silex 1218 (section 1218, M, III).

Origine. — Tous ces échantillons proviennent du gisement de Grand' Croix. Le *Botryopteris Renaulti* appartient donc à la partie inférieure du Stéphanien moyen.

Remarque. — Le nom de *Botryopteris Renaulti* est dû à C. Eg. Bertrand et F. Cornaille qui dans leur note sur les « Caractéristiques de la trace foliaire botryoptéridienne » (1910), ont indiqué la particularité la plus frappante du faisceau pétioleaire de cette espèce.

PÉTIOLÉS PRIMAIRES

Section 76/46

Pl. XXXIX, fig. 1 et 1 a

Forme générale et dimensions du pétiole. — Ce pétiole a, en section transversale, un contour ovale avec une très faible dépression en gouttière médiane sur la face antérieure. Il mesure 7 mm. de largeur sur 4 mm. $\frac{1}{2}$ de hauteur.

On y distingue :

- 1°) la gaine scléreuse ;
- 2°) le parenchyme fondamental ;
- 3°) l'endoderme ;
- 4°) le faisceau ligneux.

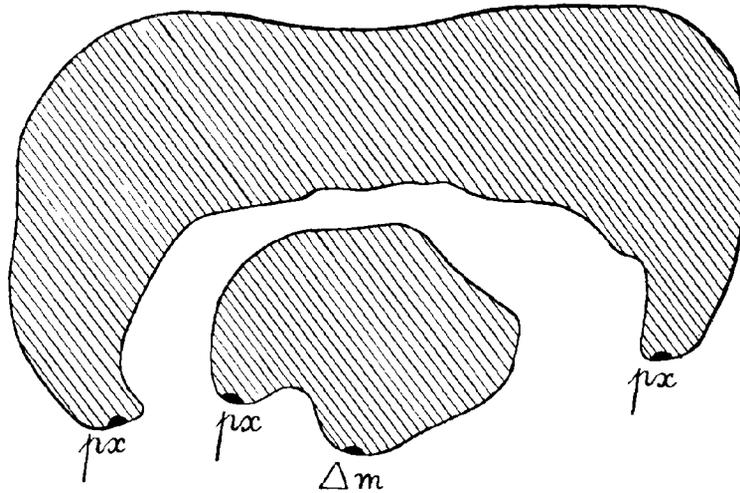


Fig. 55. — *Botryopteris Renaulti* C.-E Bertrand et F. Cornaille

Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire (lame mince 76/46).
Gr. = 30 environ.

Gaine scléreuse. — Cette gaine est très importante. Elle est formée de fibres scléreuses d'un très petit diamètre et dont la cavité intérieure est très réduite.

Parenchyme fondamental. — Le parenchyme fondamental paraît composé de cellules à parois minces, toutes semblables entre elles, ces cellules sont de petite taille, hexagonales. Vers l'intérieur, ces cellules s'allongent tangentiellement.

Endoderme. — L'endoderme est représenté par le filet noir *end*, qui termine le parenchyme vers l'intérieur.

Faisceau ligneux. — Le faisceau ligneux a la forme que nous avons vue précédemment dans la diagnose.

Il est schématisé fig. 55 du texte, et, en outre représenté fig. 56 d'après une photographie retouchée.

Dans cette section la masse antérieure médiane est séparée de l'arc postérieur (voir fig. 1 et 1 a, Pl. XXXIX).

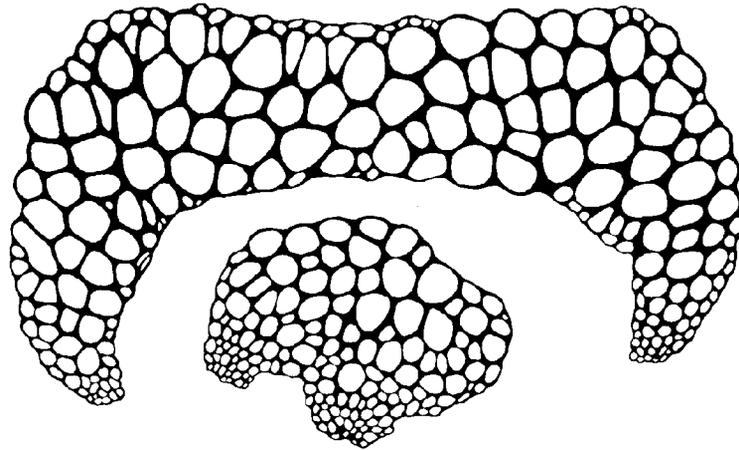


Fig. 56. — *Botryopteris Renaulti* C.-E. Bertrand et F. Cornaille

Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire (ligne mince 76/46).
Photographie retouchée. Gr. = 30 environ.

Pôles. — La lame centrale est pourvue d'un seul pôle fondamental en forme de cupule (Δm , fig. 1 et 1 a, Pl. XXXIX). Elle porte en outre un pôle sortant px sur le côté gauche.

Il y a également un pôle sortant px , à chacune des deux extrémités antérieures des arcs récepteurs.

Emission des sorties. — L'individualisation de la pièce sortante destinée à un pétiole secondaire n'est pas visible sur nos préparations. Il est évident que cette pièce sera constituée par toute l'extrémité de l'arc récepteur et qu'elle aura, par conséquent, au moment de sa libération, la structure d'une masse ligneuse pleine, ovale, pourvue d'un pôle unique à sa pointe antérieure.

Section 76/86

Pl. XL, fig. 3, 3 a.

Le pétiole coupé par la section 76/86 est déformé. Il est un peu plus petit que celui qui vient d'être étudié.

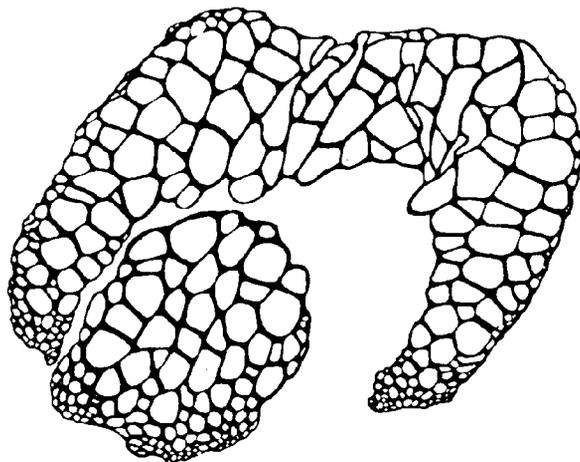


Fig. 57. — *Botryopteris Renaulti* C.-E. Bertrand et F. Cornaille
Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire (ligne mince 76/86).
Gr. = 30 environ.

Le faisceau ligneux a les mêmes caractères que dans le pétiole précédent mais il est moins allongé tangentiellement. Il est représenté fig 57, d'après une photographie retouchée.

Le pôle fondamental Δm , est en voie de division. Il est très étalé sur la face antérieure de la masse ligneuse centrale.

Echantillon 2422, Section T₁

Pl. XXXVIII, fig. 3, 3 a

Le pétiole *A*, de la fig. 3, Pl. XXXVIII, représentant la section 2422 T₁ est un pétiole primaire.

Forme générale et dimensions du pétiole. — Ce pétiole a, en section transversale, une forme ovale très légèrement allongée dans le sens droite-gauche. Il possède une gouttière médiane sur la face antérieure. Il mesure 6 mm. environ de largeur sur 3 mm. d'épaisseur.

Tissus extérieurs. — La gaine mécanique est très peu développée. Le parenchyme fondamental est uniformément constitué par de petits éléments.

Faisceau ligneux. — Le faisceau ligneux offre les mêmes caractères que ceux que nous venons de voir dans le pétiole précédent (voir, fig. 58 du texte, schéma 2).

Sortie. — Une sortie *S* vient de s'individualiser du côté gauche de la masse ligneuse. Elle est située dans le parenchyme fondamental. Sa forme est ovale, allongée dans le sens droite-gauche, elle est à l'état de masse ligneuse pleine. Cette sortie en s'éloignant du faisceau principal se déplace dans un plan qui fait un angle de 45° avec le plan de symétrie du pétiole (fig. 3 *a*, Pl. XXXVIII).

Echantillon 2418, Sections T₁ et T₂

Pl. XXXVIII, fig. 1-2

Chacune de ces sections a coupé deux pétioles ; pour plus de commodité nous les appellerons *P*₁ et *P*₂ (section 2418, T₁ fig. 2, Pl. XXXVIII) et *P*₁' , *P*₂' . (lame mince 2418, T₂, fig. 1, Pl. XXXVIII).

Forme générale et dimensions des pétioles. — Ces deux pétioles ont même forme et mêmes dimensions. Ils sont ovales, très peu allongés dans le sens tangentiel et mesurent 6 à 7 mm. de largeur sur 4 à 5 mm. de hauteur.

Tissus corticaux. — Les tissus corticaux ont la même composition que ceux des pétioles étudiés précédemment.

Faisceau ligneux. — Les faisceaux ligneux de ces deux pétioles se composent des 2 parties que nous avons indiquées plus haut. Elles sont là soudées entre elles, mais peuvent, à certain niveau, se détacher l'une de l'autre.

Les sections des pétioles *P*₁ (fig. 2 et 2 *a*, Pl. XXXVIII), *P*₁' (fig. 1 et 1 *a*, même planche) et *P*₂' (fig. 1, Pl. XXXVIII), présentent un faisceau ayant une masse centrale soudée aux arcs récepteurs. Tandis que dans le faisceau du pétiole *P*₂ (fig. 2, Pl. XXXVIII), la lame centrale est sur le point de s'en détacher.

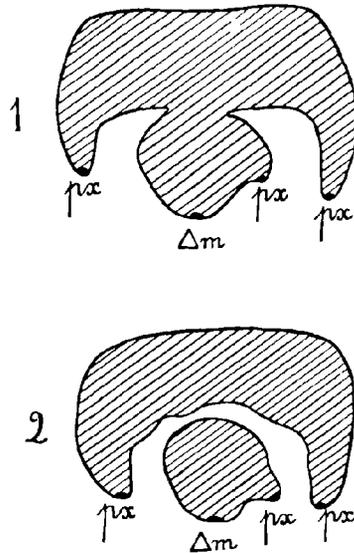


Fig. 58. — *Botryopteris Renaulti* C.-E. Bertrand et F. Cornaille

1. — Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire (échant. 2418).
Section transversale. Gr. = 15 environ.

2. — Dessin schématique du faisceau vasculaire d'un pétiole primaire (échant. 2422).
Section transversale. Gr. = 15 environ.

Les autres caractères du faisceau sont les mêmes que sur les pétioles qui ont été étudiés précédemment.

Le faisceau foliaire du pétiole P_1' est schématisé fig. 58 du texte, en 1.

Liber. — Quelques restes de liber sont visibles fig. 1 a et 2 a, Pl. XXXVIII à l'intérieur des branches du faisceau en 1. Il est formé de petits éléments à parois minces.

Sorties. — On remarque sur le côté du pétioles P_2' (fig. 1, Pl. XXXVIII) une sortie *S*, située dans un pétiole secondaire sur le point de s'individualiser. A ce niveau, la sortie n'est plus à l'état de masse pleine. On y distingue déjà la masse centrale et les arcs récepteurs. On voit que le pétiole secondaire se détachera de l'angle latéro-antérieure du pétiole primaire.

Les schémas, 1 à 8, fig. 59 du texte montrent les aspects successifs d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

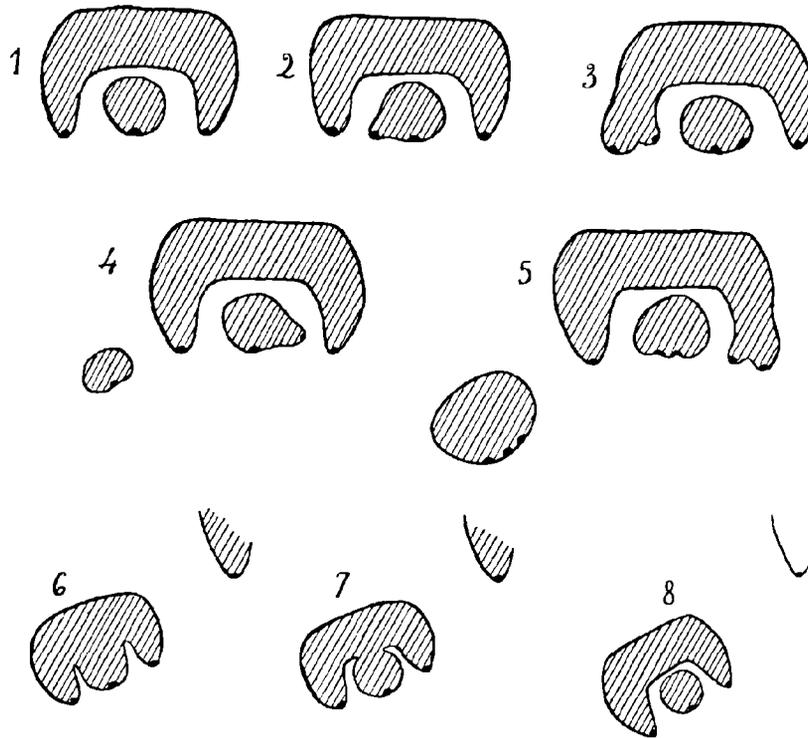


Fig. 59. — *Botryopteris Renaulti* C.-E. Bertrand et F. Cornaille

Dessin schématique montrant, en sections transversales, les aspects successifs du faisceau foliaire d'un pétiole primaire et de la sortie qui en est issue.

PÉTIOLÉS SECONDAIRES

Comme pétioles secondaires, nous disposons :

1°) du pétiole *B* de la fig. 3, Pl. XXXVIII (section 2422 T₁) ;

2°) d'un pétiole, dont le faisceau foliaire est figuré en 4, Pl. XXXVIII ;

3°) d'un pétiole, dont le faisceau foliaire est figuré en 5, Pl. XXXVIII.

Le pétiole *B*, fig. 3, Pl. XXXVIII, est ovale avec une large gouttière sur la face antérieure, il mesure 3 mm. suivant son grand diamètre.

Il a la même forme et la même composition que le pétiole primaire. Son faisceau foliaire est composé d'une masse centrale arrondie, de 2 pièces réceptrices réunies entre elles et à la lame centrale par l'arc postérieur.

Il émet une sortie sur le côté droit.

Le faisceau figuré en 4, Pl. XXXVIII, montre un pôle sortant qui est situé entre l'extrémité de l'arc récepteur droit et la lame centrale.

Quant au faisceau fig. 5, Pl. XXXVIII, il est coupé obliquement et par suite, paraît élargi : sa masse centrale est muni d'un pôle fondamental qui se divise activement. Un pôle sortant px est sur le point d'arriver à l'extrémité de l'arc récepteur droit. Il prendra la place du pôle sortant fixé à l'extrémité de ce dernier qui, avec une partie du métaxylème situé derrière, donnera la sortie. Un trait noir souligne le trajet effectué par les pôles sortants lorsqu'ils quittent la masse centrale.

Histologie. — La section 1218, M₂ III montre un faisceau foliaire (fig. 1 et 1 a, Pl. XL) de *Botryopteris Renaulti* coupé obliquement. Un examen microscopique permet de voir que les trachées des pointements Δ et px sont pourvues d'ornements spiralés. Le métaxylème est formé de trachéides à ornements ponctués.

Synonymie. — Le *Botryopteris Renaulti* a été figuré sous le nom de *Rhachiopteris forensis* par Grand'Eury (1). D'autre part, J. Hoskins a décrit, sous le nom de *B. hirsuta*, un pétiole provenant de l'Illinois, que je rapporte au *Botryopteris Renaulti*.

Le nom de *B. hirsuta* ne peut être conservé car il s'applique à une autre espèce de *Botryopteris*.

Rapports et différences. — Le *Botryopteris Renaulti* est une espèce spéciale, bien caractérisée par sa masse centrale arrondie qui peut être libre. On ne peut pas le confondre avec aucune autre espèce de ce genre.

IV. — *Botryopteris antiqua* Kidston.

Planches XLI et XLII

1908. — *Botryopteris antiqua* Kidston, On a new species of *Dineuron* and *Botryopteris* from Pettycur-fife, *Trans. Roy. Soc. of Edinburgh*. Vol. XLVI, part. II, N^o 16, fig. 4 à 12.

(1) C. GRAND'EURY. — *Mém. Ac. Sc.*; T. XXIV, N^o 1, page 64, fig. Pl. XIII.

1910. — *Botryopteris antiqua* Pelourde, Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois, *An. Sc. Nat. (Bot)*, 9^e Série, fig. 2-3.
1911. — *Botryopteris antiqua* Benson. New observations on *Botryopteris antiqua* Kidston, *Annals of Botany*, Vol. XXV, fig. 1 à 24.
1911. — *Botryopteris antiqua* P. Bertrand. L'étude anatomique des Fougères anciennes. *Progressus Rei Botanicae*, fig. 27.

Diagnose. — Pétioles primaires ayant en section transversale un contour arrondi ou ovale, allongé dans le sens droite gauche, muni d'une gouttière sur la face antérieure. Faisceau ligneux à contour, soit arrondi avec un pôle fondamental unique situé dans le plan médian, soit ovale lorsqu'il porte 1 ou 2 pôles sortants ; l'allongement transversal dans ce cas provient de l'accroissement latéral du métaxylème qui va donner des sorties.

Sorties, émises latéralement sous forme d'une masse ligneuse pleine.

Ecorce composée d'une gaine scléreuse fibreuse externe, et du tissu fondamental parenchymateux formé de petits éléments.

Pétiole secondaire ayant les mêmes caractères, mais faisceau plus petit.

Documents. — L'étude du *Botryopteris antiqua* est basée sur les documents suivants :

1°) 4 sections de la collection Roche, 3 d'entre elles portent respectivement les numéros 15, 16 et 36, la dernière n'est pas numérotée. 15 et 16 proviennent d'un même silex ;

2°) 6 sections provenant de silex de la collection Montessus et portant les numéros 911 1,2 et 3 ; 912 ; 928 1 et 2 ;

3°) 4 sections de la collection P. Bertrand se correspondant 2 à 2 savoir : 2419, T₁ et T₂ et 2420, T₁ et T₂.

Origine. — Tous les silex dans lesquels ont été taillées les préparations montrant des sections de *Botryopteris antiqua* ont été trouvés à Esnost, près d'Autun. Ils proviennent d'un gisement bien daté géologiquement par de nombreuses plantes, gisement contemporain de celui de Burntisland en Ecosse et appartenant au Culm-Viséen.

Les diverses sections désignées ci-dessus contiennent à la fois des pétioles primaires, des pétioles secondaires et peut-être des rachis d'ordre 3.

PÉTIOLES PRIMAIRES

Sections 911, /1, 2, 3 et 928/1, 2, (Collection Montessus)

Pl. XLII, fig. 6, 7, 8.

Forme générale et dimensions des pétioles. — Les pétioles primaires visibles sur ces 5 préparations mesurent environ 2 mm. de diamètre. Leur forme générale est arrondie avec une gouttière sur la face antérieure.

Tissus extérieurs. — Ils sont composés d'une gaine mécanique scléreuse très réduite et d'un parenchyme fondamental formé de petits éléments.

Faisceaux vasculaires. — Le faisceau vasculaire est arrondi. Il possède un seul pôle fondamental médian. La figure 6, Pl. XLII, représentant un pétiole de la section 911/2 montre ce faisceau et son pôle unique (schéma 1, fig. 60 du texte).

Emission des pôles sortants. — Divers pétioles, non figurés, montrent des pôles sortants situés à droite ou à gauche du pôle fondamental. Quelquefois, il y a un pôle sortant de chaque côté de ce dernier.

Sorties. — La sortie se fait aux dépens d'un pôle sortant et du métaxylème qui s'est épaissi derrière lui. Elle s'individualise à l'état de masse pleine ovale à grand allongement vertical.

La figure 7, Pl. XLII (section 928/2) montre une sortie, encore adjacente à la pièce mère, ayant cette forme. Elle possède comme la masse ligneuse principale un pôle fondamental unique médian.

On peut suivre cette sortie fig. 8, même Plaque, on a là le même pétiole à un niveau supérieur (section 928/1). On voit alors que la masse ligneuse sortante *S*, située dans le parenchyme fondamental s'est allongée transversalement. Le plan dans lequel elle chemine fait avec le plan de symétrie du pétiole principal un angle de 45° (voir schémas 5 à 8 fig. 60 du texte).

Sections 2419, T₁ et T₂ ; 2420, T₁ et T₂, (Coll. Bertrand)

Pl. XLI, fig. 1 à 10 et fig. 1 à 5, Pl. XLII

Dimensions et forme des pétioles. — Ces pétioles primaires ont un contour ovale ou arrondi (voir fig. 1-2-3-4 Pl. XLI). Ils sont arrondis lorsque le faisceau ligneux n'émet pas de sorties destinées à un pétiole secondaire et ovales

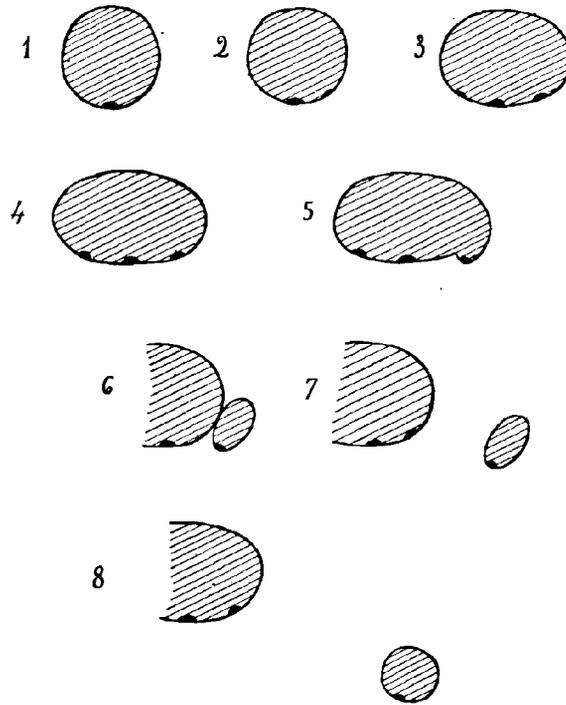


Fig. 60. — *Botryopteris antiqua* Kidston

1. — Schéma du faisceau vasculaire, d'un pétiole primaire, avec un seul pôle fondamental ;
2, 3, 4. — Schémas du faisceau vasculaire ayant 1 pôle fondamental médian et 1 puis 2 pôles sortants ;
5 à 8. — Schémas montrant les aspects successifs d'une sortie destinée à un pétiole secondaire.

quand il en émet. Ils mesurent 2 à 3 mm. de largeur suivant leur forme et 2 mm. environ de hauteur. Ils possèdent une gouttière large et peu profonde sur la face antérieure.

Tissus extérieurs. — La gaine mécanique externe de *B. antiqua* est très réduite, elle est composée surtout de cellules courtes à parois épaisses. Le parenchyme fondamental est uniformément constitué par des petits éléments.

Remarque. — Les figures 1 et 3 sont respectivement les images d'une même région de 2 sections 2419/1 et 2419/2, qui se suivent. De même pour les figures 2 et 4. On peut ainsi comparer 2 coupes prises à deux niveaux d'un même pétiole.

Faisceaux ligneux. — La masse ligneuse est plus ou moins arrondie, lorsqu'elle n'émet pas de sorties destinées aux pétioles secondaires (fig. 9, Pl. XLI), ou lorsque les pôles sortants sont très voisins du pôle fondamental médian (fig. 10 Pl. XLI). Lorsqu'elle porte des pôles sortants sa forme est ovale, allongée transversalement (fig. 5-6-8, Pl. XLI) par suite du développement du métaxylème destiné aux masses sortantes. Il n'y a qu'un seul pôle fondamental médian sur la face antérieure. Les autres pôles (2 au maximum) qui sont situés plus ou moins latéralement (fig. 5-6-10, Pl. XLI) sont les pôles sortants.

Remarque. — Les figures 5 et 6, 8 et 9 Pl. XLI, proviennent respectivement des sections 2419 T₁ et 2419 T₂, et se correspondent 2 à 2. Ainsi peut-on suivre l'évolution du faisceau foliaire et des pôles sortants.

Sorties. — Une sortie se forme au dépens d'un pôle sortant et du métaxylème situé derrière lui.

Les fig. 7, Pl. XLI (2419, T₂) et 1, Pl. XLII (2420, T₂), montrent des sorties encore attachées à la pièce principale. La masse sortante a une forme allongée dans le sens vertical.

La fig. 2, Pl. XLII (2420, T₁), représente le pétiole figuré en 1 (lame mince 2420, T₂) à un niveau supérieur. La sortie s'est séparée de la masse principale. Elle est toujours ovale.

La fig. 3, Pl. XLII (2420 T₁), montre une sortie située dans le parenchyme fondamental. Elle est ovale et allongée transversalement.

Enfin, on voit fig. 5, même planche, un pétiole secondaire P₂ qui vient de se détacher du pétiole primaire P₁ (2420, T₁).

Préparations de la Collection Roche

Ces préparations coupent de nombreux axes que l'on peut malgré le mauvais état de conservation et leur trop grande épaisseur identifier au *Botryopteris antiqua* Kidston.

Les pétioles primaires mesurent 2 à 3 mm. de diamètre. Ils sont arrondis avec une gouttière sur la face antérieure.

La masse ligneuse elle-même est arrondie, mais souvent elle est plus ou moins déformée par l'émission de pétioles secondaires. Elle est munie d'un seul pôle fondamental médian.

PÉTIOLÉS SECONDAIRES

Sections 2419 et 2420

Pl. XLI, fig. 11 et 12.

Les pétioles secondaires ont exactement les mêmes caractères que les pétioles primaires : mêmes tissus extérieurs, même forme du faisceau vasculaire, même mode d'individualisation des sorties (voir fig. 1-2-3-4, Pl. XLI, pour les tissus extérieurs, et fig. 11 et 12 même planche pour le faisceau vasculaire).

Sections de la Collection Roche

Pl. XLII, fig. 9.

Ces pétioles secondaires mesurent environ 1 mm. de diamètre, ils ont la même forme que les pétioles primaires et les mêmes caractères au point de vue tissu extérieur et faisceau vasculaire.

Le faisceau ligneux d'un pétiole secondaire (lame mince 16) est figuré Pl. XLII, fig. 9. Il mesure 1/4 de mm. environ de diamètre. On y distingue très bien le pôle fondamental Δm médian en forme de cupule et un pôle sortant px situé sur le côté droit (voir fig. 61, du texte).

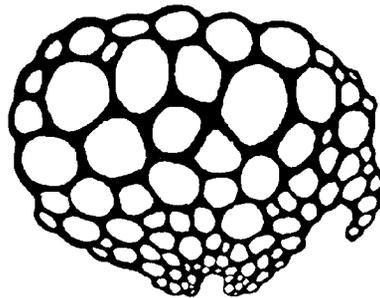


Fig. 61. — *Botryopteris antiqua* Kidston

Section transversale du faisceau vasculaire d'un pétiole secondaire. Photographie retouchée. Gr. = 200 environ.

Sporanges. — Je représente figure 10-11-12-, Pl. XLII, des sporanges trouvés en association avec *Botryopteris antiqua* et pouvant lui être rapportés. Ils ont environ $1/3$ de millimètre de diamètre. En section, leur paroi paraît formée par une seule couche de cellules qui, sur la moitié de la section, sont de petite taille, tandis que sur l'autre partie, elles sont très développées, formant un anneau ou une fausse calotte.

De tels sporanges attribués à *B. antiqua* ont déjà été signalés par Pelourde (1) et par Scott (2).

(1) F. PELOURDE. — Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois, *Ann. Sc. Nat. (Bot)*, 1910.

(2) SCOTT. — Sporangia attributed to *Botryopteris antiqua*, *Ann. of. Botany*, Vol. XXIV, N° XCVI, Oct. 1910.

QUATRIÈME PARTIE

Tubicaulidées

Tubicaulis (pars) Cotta, Die Dendrolithen in Beziehung auf ihren inneren Bau. 1832 (2^e Ed. 1850).

Diagnose. — Tige possédant un cylindre vasculaire plein, formé d'éléments de même taille, à section transversale circulaire ou elliptique, éléments de protoxylème situés à la périphérie (protostèle à pôle exarque).

Pétiole ayant en section transversale un contour arrondi ou elliptique.

Faisceau vasculaire ayant la forme d'un grand arc d'ellipse (comprenant plus d'une 1/2 ellipse) à convexité antérieure. L'arc ligneux comprend les régions suivantes :

- 1^o) deux régions d'insertion, situées latéralement, à peu près aux deux extrémités du grand axe de l'ellipse ;
- 2^o) un grand arc ligneux antérieur convexe ;
- 3^o) deux petits arcs postérieurs recourbés vers le plan médian.

Ce faisceau vasculaire s'inscrit dans un ovale allongé dans le sens droite-gauche.

Pôles fondamentaux situés sur les bords latéraux de la lame ligneuse.

Sorties émises latéralement sous forme d'une masse ligneuse pleine, ovale, allongée verticalement à pôle fondamental antérieur (protostèle à pôle endarque).

Remarques. — Le genre *Tubicaulis* est représenté par 4 espèces :

Tubicaulis solenites Cotta, [1] (1)

Tubicaulis dubius Cotta, [1]

Tubicaulis Sutcliffi Stopes, [2]

Tubicaulis Berthieri C.E. Bertrand et P.B. [3]

On connaît les stipes des *Tubicaulis*, mais ils sont en général assez mal conservés. L'un d'eux, cependant (*T. Berthieri*) présente une conservation remarquable. Le cylindre ligneux de *T. Berthieri* est une protostèle à pôles exarques, à contour elliptique en section transversale, mais fréquemment déformé par l'émission des sorties.

Près du cylindre central, les traces foliaires ont sensiblement la même forme chez les quatre espèces citées ci-dessus.

L'arc ligneux antérieur est très peu convexe, les arcs postérieurs ne sont représentés que par 2 petites bosses réceptrices. Les pôles fondamentaux sont situés sur le bord latéral externe, ils sont très voisins des extrémités du grand arc.

Les *Tubicaulis Sutcliffi* et *Berthieri* ne montrent pas l'épanouissement de cette lame ligneuse à mesure qu'on s'éloigne du stipe. *T. solenites*, au contraire, conservé sur une plus grande épaisseur, permet de voir des sections de pétioles situées plus haut dans la fronde.

M. P. Bertrand a figuré [4] un pétiole de *T. solenites* (fig. 106-107) d'après une section peu éloignée du stipe :

le grand arc ligneux antérieur a déjà grandi, sa convexité s'est accusée. On distingue très nettement les régions d'insertion et les bosses ou renflements postérieurs.

(1) Les numéros entre crochets renvoient à la liste bibliographique relative aux *Tubicaulis*, page 231.

Si nous nous reportons au travail de Stenzel [5] ou à la figure 25, du texte, de l'ouvrage de P. Bertrand [4] nous voyons les traces foliaires de rachis très éloignées du stipe.

L'arc antérieur grandit, sa convexité s'accuse plus encore, les arcs postérieurs se sont développés en arrière des régions d'insertion qui restent latérales.

Comparaison des Tubicaulis avec les Anachoropteris. — L'arc ligneux antérieur des *Tubicaulis* correspond à la lame ligneuse antérieure médiane des *Anachoropteris*, mais tandis que chez les *Anachoropteris* les pôles fondamentaux sont adaxiaux, ces mêmes pôles sont latéraux chez les *Tubicaulis*. Ceci correspond chez les *Tubicaulis* à des formes plus évoluées et plus simples cependant parce que, précisément en raison de la position latérale des pôles fondamentaux, il n'y a pas ipso facto ces alignements de cordons polaires sortants qui décrivent un parcours sur le bord latéral externe de l'arc vasculaire des *Anachoropteris* et qui donnent, à cet arc, un aspect si caractéristique.

En somme la différence fondamentale entre *Anachoropteris* et *Tubicaulis* réside dans la disposition initiale chez ces 2 espèces, des pôles fondamentaux qui conservent toujours la même position.

Liste bibliographique relative aux Tubicaulidées

1. B. COTTA. — Die Dendrolithen in Beziehung auf ihren inneren Bau, 1850.
2. M. C. STOPES. — A new Fern from the Coal Measures *Tubicaulis Sutcliffi* sp. nov., *Mem. and Proceed. of the Manchester Lit. and. Phil. Society*, vol. 50 part III, 1906.
3. C. E. BERTRAND et P. BERTRAND. — Le *Tubicaulis Berthieri* (sp. nov.) *Société d'Hist. Nat. d'Autun*, 1911.
4. P. BERTRAND. — Etudes sur la fronde des Zygotéridées, Lille, 1909.
5. G. STENZEL. — Die Gattung *Tubicaulis* Cotta, *Mitt. k. min. Géol. Museum in Dresden, Cassel*, 1889.

CINQUIÈME PARTIE

Conclusions

Le présent mémoire a pour objet l'étude d'un groupe très vaste de Fougères primitives spéciales à l'époque houillère : le groupe des Inversicaténales.

Au moyen de documents silicifiés recueillis dans les gisements célèbres d'Autun et de St.-Etienne, nous donnons, avec figures à l'appui, la description détaillée et les caractères anatomiques des espèces suivantes.

Voici nos conclusions : (1)

Genre *Grammatopteris* Renault. — *G. Rigolloti* Renault, espèce dont la structure était restée énigmatique en raison des descriptions insuffisantes de Renault. Chez cette espèce la stèle caulinaire est une protostèle à pôles exarques. Son faisceau pétiolaire est une lame rectiligne allongée, munie de 2 pôles fondamentaux adaxiaux.

G. Bertrandi nov. sp., que nous avons découvert dans les silex du Viséen d'Esnost. Le faisceau pétiolaire de cette espèce est moins allongé que chez *G. Rigolloti*. Ceci nous prouve que le genre *Grammatopteris* est plus ancien qu'on l'avait supposé avant nous.

(1) Pour les diagnoses détaillées, nous ne croyons pas utile de les reproduire ici. Elles sont placées en tête de la description de chaque espèce.

Pour *Grammatopteris Rigolloti* voir aussi : P. CORSIN. — C. R. Ac. Sc, t. 198, p. 1062, 1934.

Genre *Anachoropteris* Corda. —

A. robusta (= *A. Decaisnei* P. B.), dont le faisceau pétiolaire a la forme d'un croissant épais, muni de 2 pôles fondamentaux sur sa face antérieure.

A. Pauteti nov. sp., forme chez laquelle le faisceau pétiolaire est beaucoup plus petit que chez *A. robusta* ;

A. circularis nov. sp., forme voisine de *A. robusta*.

A. Gilloti nov. sp., espèce intermédiaire entre *G. Bertrandi* et *A. robusta*.

Anachoropteris involuta Hoskins. — Chez cette espèce, la lame ligneuse est grêle et les arcs récepteurs sont très enroulés. Elle est munie de 2 pôles fondamentaux antérieurs.

Anachoropteris gigas nov. sp., espèce voisine de *A. involuta*, mais dont la lame ligneuse n'est pas uniformément mince.

A. pulchra Corda, qui diffère d'*A. involuta* par la forme de sa lame ligneuse et par le mode d'individualisation des sorties destinées aux pétioles secondaires.

A. ovata nov. sp., dont le faisceau pétiolaire ressemble à celui de *A. involuta*, mais qui conserve le mode d'individualisation des sorties d'*A. pulchra*.

Genre *Botryopteris* Renault. —

B. forensis Renault. — Espèce très différenciée dont la masse ligneuse a la forme d'un ω renversé, munie de 2 pôles fondamentaux antérieurs et voisins du plan médian.

B. Renaulti C. E. B. et F. C., dont le caractère principal est la tendance à l'isolement du massif médian. Ce massif est muni d'un seul pôle fondamental (et non de deux comme l'espèce précédente).

B. minor nov. sp., espèce voisine de *B. Renaulti*.

B. antiqua Kidston, chez laquelle le faisceau pétiolaire, très simple est à l'état de protostèle à pôle endarque.

Nous terminons par des considérations générales sur les affinités de toutes ces espèces entre elles et sur la position relative par rapport aux Fougères modernes du groupe des Simplicies.

Position relative des Inversicaténales par rapport aux Fougères modernes du groupe des Simplices

La trace foliaire des végétaux vasculaires anciens ou primitifs au moment de son émission aux dépens de la stèle caulinaire et souvent sur un parcours plus ou moins long offre des caractères ancestraux. En d'autres termes, il arrive souvent que la trace foliaire conserve une structure qui a été autrefois celle de tous les axes élémentaires constituant le corps de la plante.

Or, nous avons constaté au cours de notre étude, que toutes les Inversicaténales sont des Fougères protostéliques, vraisemblablement dérivées d'une forme ancestrale dont toutes les ramifications renfermaient un système vasculaire à l'état de protostèle à pôle central. C'est même en partant de cette forme primitive que nous avons pu classer correctement toutes les espèces du groupe les unes par rapport aux autres.

D'autre part, on sait que dès 1907, Kidston et Gwynne-Vaughan (1) en étudiant les Osmondacées permienes avaient montré que l'état le plus primitif du système vasculaire chez ces plantes était une protostèle à pôle central. De plus, en 1911, Gwynne-Vaughan (2) avait mis en évidence le même fait en étudiant les jeunes plantules d'*Osmonda regalis*.

D'après les considérations précédentes, on est conduit à admettre que les Inversicaténales et les Fougères modernes (Osmondacées) sont dérivées suivant deux directions divergentes aux dépens d'une forme ancestrale commune caractérisée précisément par la présence d'un système vasculaire protostélique dans toutes les parties du corps de la plante.

(1) R. KIDSTON et D. T. GWYNNE-VAUGHAN. — On the fossil Osmundaceæ, Part. I à III, *Trans. Roy. Soc. of Edinburgh*. Vol. XLV, 1907 ; Vol. XLVI, 1908 ; Vol. XLVI, part. III, 1909.

(2) D. T. GWYNNE-VAUGHAN. — Some remarks on the anatomy of the Osmundaceæ. *Ann. of Botany*. Vol. XXV, N° XCIX, 1911.

Phylogénie des Inversicaténales (1)

Chez les Inversicaténales, la forme la plus simple du faisceau caulinaire est une protostèle à pôle central. Celle du faisceau pétiolaire et une protostèle à pôle endarque. Nous trouvons ces deux états réalisés chez *Botryopteris antiqua* Kidst. Les espèces les plus voisines du type primitif ont encore une protostèle avec un pôle fondamental unique médian (tous les *Botryopteris* à l'exception de *B. forensis*). Par division du pôle trachéen unique on passe de la forme simple à un faisceau bipolaire à pôles voisins (*B. forensis*), puis les pôles s'éloignent, l'un de l'autre, mais restent antérieurs (*Grammatopteris*, *Anachoropteris*,) enfin ils deviennent latéraux (*Tubicaulis*).

I. — *Botryopteris* Renault. — *B. antiqua*, demeure actuellement, pour nous la forme la plus simple des Inversicaténales.

On passe de *B. antiqua* aux *Botryopteris* de la section du *tridentata* (*B. ramosa* Will., *B. hirsuta* Will., *B. cylindrica* Will., *B. tridentata* Félix, *B. Fraiponti* (2) Leclercq, *B. mucilaginoso* Kraentzel) par modification du faisceau pétiolaire initial, qui acquiert deux pôles sortants, mais dont le pôle fondamental reste unique (état tripolaire).

B. Renaulti C. E. Bertr. et F. Corn., dans l'ensemble est aussi tridenté, mais il est plus évolué, puisqu'il peut y avoir isolement de la masse ligneuse centrale et qu'en outre cette masse peut porter elle-même deux pôles sortants (soit 5 pôles en tout).

Botryopteris forensis, Ren., est le plus évolué des *Botryopteris*, il possède déjà 2 pôles fondamentaux et de nombreux pôles sortants (jusqu'à 12). Sa stèle caulinaire est une protostèle à pôles exarques.

Chez tous les *Botryopteris* les sorties, destinées aux pétioles secondaires, possèdent au moment de leur émission une masse pleine à pôle antérieur. Elles conservent une structure ancestrale, qui est précisément la protostèle à pôle endarque de *B. antiqua*.

(1) P. CORSIN. — C. R. Ac. Sc., T. 203, p. 104, 1936.

(2) *B. Fraiponti* est le plus évolué des *Botryopteris* de la section du *tridentata* car sa stèle caulinaire est une protostèle à pôles exarques.

II. — *Grammatopteris* Renault. — De *B. antiqua*, par division du pôle unique en 2 pôles et par allongement horizontal de la masse ligneuse, on passe directement à *Grammatopteris Bertrandi* nov. sp. Chez cette dernière espèce la lame ligneuse reste courte. Les *Grammatopteris* plus évolués (*G. Rigolloti* Renault, *G. Baldaufi* (Beck) Hirmer ont des lames ligneuses plus allongées. Chez ces espèces les sorties destinées aux pétioles secondaires répètent la protostèle à pôle endarque. La stèle caulinaire des *Grammatopteris* est une protostèle à pôles exarques.

Les *Grammatopteris* sont, à notre avis, des formes arrêtées dans leur évolution : ils n'ont pas développé d'arcs récepteurs.

III. — *Anachoropteris* Corda. — Soit par l'intermédiaire de *G. Bertrandi*, soit directement, on passe de *B. antiqua* aux *Anachoropteris* par gemination du pôle fondamental et par différenciation des renflements récepteurs. On a alors l'*Anachoropteris Gilloti* nov. sp., qui paraît être une forme intermédiaire entre *G. Bertrandi* et *A. robusta* nov. nom. (Ex. *A. Decaisnei* P. B.)

Parmi les espèces du genre *Anachoropteris*, il y a lieu de distinguer 2 groupes :

1^{er} Groupe. — L'évolution des *Anachoropteris* du groupe de *A. robusta* (*A. robusta* nov. nom., *A. Pauteti* nov. sp., *A. circularis* nov. sp.) s'effectue à partir d'*A. Gilloti* par acquisition d'arcs récepteurs plus ou moins développés.

2^{me} Groupe. — Il manque évidemment une ou plusieurs formes intermédiaire entre *A. Gilloti* et *A. Williamsoni* (1) Koopm. Mais à partir de ce dernier, on peut faire dériver tous les *Anachoropteris* du groupe de l'*involuta* (*A. involuta* Hoskins, *A. Gigas* nov. sp., *A. pulchra* Corda, *A. ovata* nov. sp.) par enroulement progressif des arcs récepteurs et par spécialisation dans le mode d'émission des sorties.

Chez les espèces du premier groupe (moins évoluées) les sorties destinées aux pétioles secondaires conservent une structure ancestrale (une protostèle à pôle endarque). Chez les formes du 2^{me} groupe (plus évoluées) pour retrouver cette structure ancestrale, il faut s'adresser aux sorties émises aux dépens des pétioles secondaires ou tertiaires, c'est-à-dire, s'élever de plus en plus haut dans la fronde à mesure que l'on a affaire à une espèce plus évoluée.

(1) *L. A. Williamsoni* formerait avec ces espèces intermédiaires un troisième groupe d'*Anachoropteris*

IV. — *Tubicaulis* Cotta. — Les *Tubicaulis* (*T. solenites* Cotta, *T. Sutcliffi* Stopes, *T. Berthieri*, C. E. B. et P. B.) paraissent dérivés eux aussi de *B. antiqua*, par allongement droite-gauche du faisceau pétioilaire, par division du pôle unique et par déplacement des deux pôles fondamentaux qui deviennent tout à fait latéraux. Ici encore les sorties destinées aux pétioles secondaires sont émises sous forme d'une protostèle à pôle endarque. D'autre part, la stèle caulinaire est une protostèle à pôles exarques.

De ce qui précède nous tirons les conclusions suivantes :

1°) l'analyse du système vasculaire foliaire des 4 genres (*Botryopteris*, *Grammatopteris*, *Anachoropteris*, *Tubicaulis*) montre que toutes les Inversicaténales sont des Fougères protostéliques, c'est-à-dire dérivées de formes ancestrales dont toutes les parties du corps renfermaient une protostèle centrale ;

2°) les trois formes *B. antiqua*, *G. Bertrandi*, *A. Gilloti*, constituent en quelque sorte l'arête cardinale qui relie les 4 genres entre eux.

Le tableau ci-contre résume les considérations phylogénétique sur les Inversicaténales.

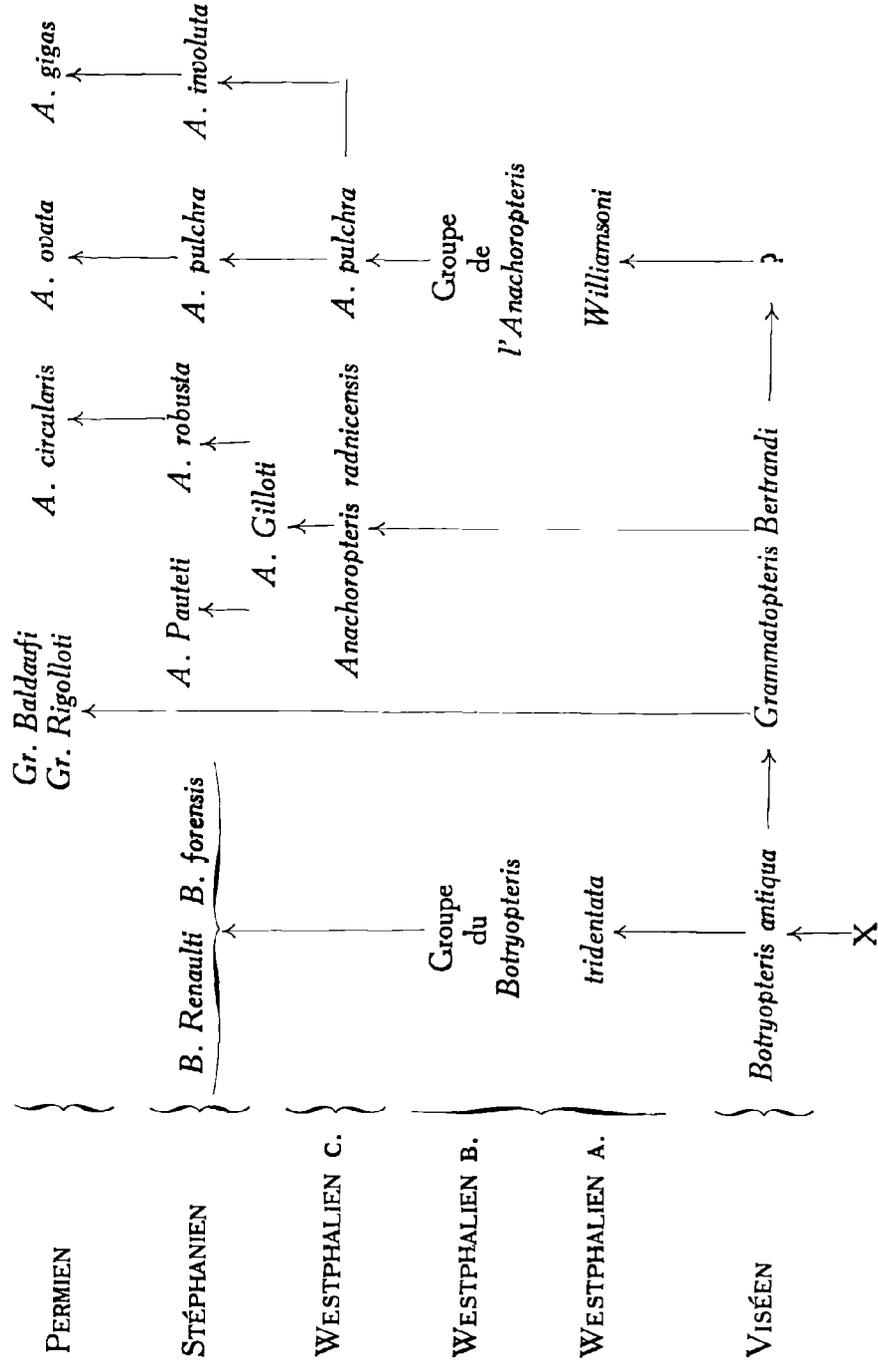


TABLE DES MATIÈRES

Table des Matières

	PAGES
Introduction	V
Divisions de l'ouvrage	IX
Première partie : ETUDE DU GENRE GRAMMATOPTERIS	1
CHAPITRE PREMIER. — Historique	3
CHAPITRE DEUXIÈME. — Position systématique et caractères généraux de <i>Grammatopteris Rigolloti</i> d'après Renault	7
Bibliographie relative aux <i>Grammatopteris</i>	10
CHAPITRE TROISIÈME. — Etude du <i>Grammatopteris Rigolloti</i> B. Renault	11
I. — <i>Documents</i>	11
II. — <i>Etude de l'échantillon type</i>	12
Différentes régions du stipe	12
Distribution des traces foliaires	14
Détermination du cycle phyllotaxique par la méthode graphique	16
Détermination du cycle phyllotaxique par la méthode de Guimaraes Ascensao	16
Stipe de <i>Grammatopteris Rigolloti</i>	18
Pétioles	23
Résumé	28
Racines	30
Histologie	31
Conclusions	34

III. — <i>Etude du deuxième échantillon</i>	35
Préparation de B. Renault	35
Etude des 2 préparations exécutées récemment sur le culot de taille	36
Différentes régions du stipe	37
Cycle phyllotaxique	38
Stipe	41
Pétioles	44
Système vasculaire des pétioles	44
Histologie	47
Résumé	50
IV. — <i>Comparaison entre l'échantillon type et l'échantillon co-type</i>	51
V. — <i>Comparaison des deux espèces : Gr. Baldaufi et Gr. Rigolloti</i>	52
CHAPITRE QUATRIÈME. — Position systématique du <i>Grammatopteris Rigolloti</i>	57
I. — <i>Historique</i>	57
II. — <i>Comparaison du Gr. Rigolloti avec les Zygoptéridées</i>	59
III. — <i>Comparaison du Gr. Rigolloti avec les Tubicaulidées</i>	59
IV. — <i>Comparaison du Gr. Rigolloti avec les Botryoptéridées</i>	60
V. — <i>Comparaison du Gr. Rigolloti avec les Anachoroptéridées</i>	61
VI. — <i>Conclusions</i>	61
VII. — <i>Relations avec les Osmondacées</i>	62
VIII. — <i>Diagnose</i>	63
CHAPITRE CINQUIÈME. — Etude du <i>Grammatopteris Bertrandi</i> nov. sp.	65
I. — <i>Documents</i>	65
II. — <i>Description des pétioles</i>	68
Pétioles primaires	68
Pétioles secondaires	76
Pétioles tertiaires	78
III. — <i>Conclusions</i>	79
IV. — <i>Comparaison du <i>Grammatopteris d'Esnot</i> avec le <i>Grammatopteris Rigolloti</i></i>	79
V. — <i>Diagnose</i>	80
Deuxième partie : ETUDE DU GENRE ANACHOROPTERIS	81
CHAPITRE PREMIER. — Historique	83
Bibliographie relative aux <i>Anachoropteris</i>	89
CHAPITRE DEUXIÈME. — Caractères généraux du genre <i>Anachoropteris</i>	91
CHAPITRE TROISIÈME. — Principaux groupes d'<i>Anachoropteris</i>	93

CHAPITRE QUATRIÈME. — Groupe de l'<i>Anachropteris robusta</i>	95
I. — <i>Anachropteris robusta</i> nov. nom. Diagnose	95
Pétioles	97
Rachis primaire. Section 76/26	97
Echantillon 76/100-101. Section du sommet d'un pétiole primaire	101
Pétiole secondaire. Lame mince 76/86	102
Résumé d' <i>Anachropteris robusta</i>	104
II. — <i>Anachropteris Pauteti</i> nov. sp. Diagnose	105
Pétiole primaire	106
Pétiole secondaire	110
III. — <i>Anachropteris circularis</i> nov. sp. Diagnose	111
Pétiole	111
IV. — <i>Anachropteris Gilloti</i> nov. sp. Diagnose	113
Pétiole	114
Position systématique d' <i>Anachropteris Gilloti</i>	116
V. — <i>Anachropteris radnicensis</i> Corda	117
CHAPITRE CINQUIÈME. — Groupe de l'<i>Anachropteris involuta</i>	119
I. — <i>Anachropteris involuta</i> Hoskins, Diagnose	120
Pétioles primaires	123
Echantillon princeps. Sixième échantillon, N° 1989	123
Troisième échantillon, N° 1704	127
Premier échantillon, N° 80/52-55	130
Quatrième échantillon, N° 1705	133
Cinquième échantillon, N° 1710	133
Deuxième échantillon, N° 80/61-63	134
Résumé	135
Pétioles secondaires	137
Echantillon 1704	138
Echantillon 1919	140
Pétioles tertiaires	140
Ramifications d'ordre supérieur = Pétioles quaternaires	141
Sorties hâtives	142
Histologie	146
II. — <i>Anachropteris gigas</i> nov. sp.	147
Diagnose	148
III. — <i>Anachropteris pulchra</i> Corda	151
Diagnose	152
Pétiole primaire	152
Pétiole secondaire = <i>A. rotundata</i>	156
Remarques sur le travail de Kubart relatif à l' <i>Anachropteris pulchra</i> Corda	157
Histologie	159
IV. — <i>Anachropteris ovata</i> nov. sp. Diagnose	160
Comparaison des <i>Anachropteris</i> du groupe de l' <i>A. involuta</i>	164
Résumé relatif aux <i>Anachropteris</i> des terrains Stéphanien et Permien du Centre de la France	166

CHAPITRE SIXIÈME. — Groupe de l'<i>Anachoropteris Williamsoni</i>	167
<i>Anachoropteris Williamsoni</i>	167
Diagnose	168
Pétioles primaires	169
Pétioles secondaires	170
Histologie	171
 CHAPITRE SEPTIÈME. — Relations probables des différentes espèces d'<i>Anachoropteris</i> entre elles	 173
 CHAPITRE HUITIÈME. — Notion de retardement dans la structure des régions nodales	 175
Répartition verticale des <i>Anachoropteris</i>	177
Répartition géographique des <i>Anachoropteris</i>	178
 CHAPITRE NEUVIÈME. — Clef dichotomique pour la détermination des espèces rentrant dans la famille des Anachoptéridées et étudiées dans le présent travail	 181
 Troisième partie : BOTRYOPTERIDÉES	 185
 CHAPITRE PREMIER. — Historique	 187
Bibliographie relative aux Botryoptéridées	190
 CHAPITRE DEUXIÈME. — Caractères généraux du genre <i>Botryopteris</i>	 191
Terminologie	192
 CHAPITRE TROISIÈME. — Genre <i>Botryopteris</i>	 193
I. — <i>Botryopteris forensis</i> Renault. Diagnose	194
Pétioles primaires. Sections 78/87-89	196
Section 78/85	202
Echantillon 862	203
Pétioles secondaires. Section 78/113	204
Section 78/103	205
Pétiole tertiaire. Section 1192	205
Histologie. Pétiole primaire	208
Pétiole secondaire	209
II. — <i>Botryopteris minor</i> nov. sp. Diagnose	210
Pétioles. Section 78/113	211
Sections 78/87-89	212
III. — <i>Botryopteris Renaulti</i> C.-E. Bertrand et F. Cornaille	214
Pétioles primaires, Section 76/46	215
Section 76/86	217
Echantillon 2422	218
Echantillon 2418	219
Pétioles secondaires	221

IV. — <i>Botryopteris antiqua</i> Kidston —.....	222
Pétioles primaires	224
Pétioles secondaires	227
Quatrième partie : TUBICAULIDEES	229
Liste bibliographique relative aux Tubicaulidées	231
Cinquième partie : CONCLUSIONS	233
Position relative des Inversicaténales par rapport aux Fougères modernes du groupe des Simplicis	235
Phylogénie des Inversicaténales	236
Table des matières	243

SECONDE THÈSE

Propositions données par la Faculté

1. - Botanique - *La Reproduction chez les Fougères.*
 2. - Zoologie - *La Parthénogénèse chez les Insectes.*
 3. - Géologie - *Le terrain permien en France.*
-

VU ET APPROUVÉ,
Lille, le 9 Juillet 1936
Le Doyen de la Faculté des Sciences,
A. MAIGE

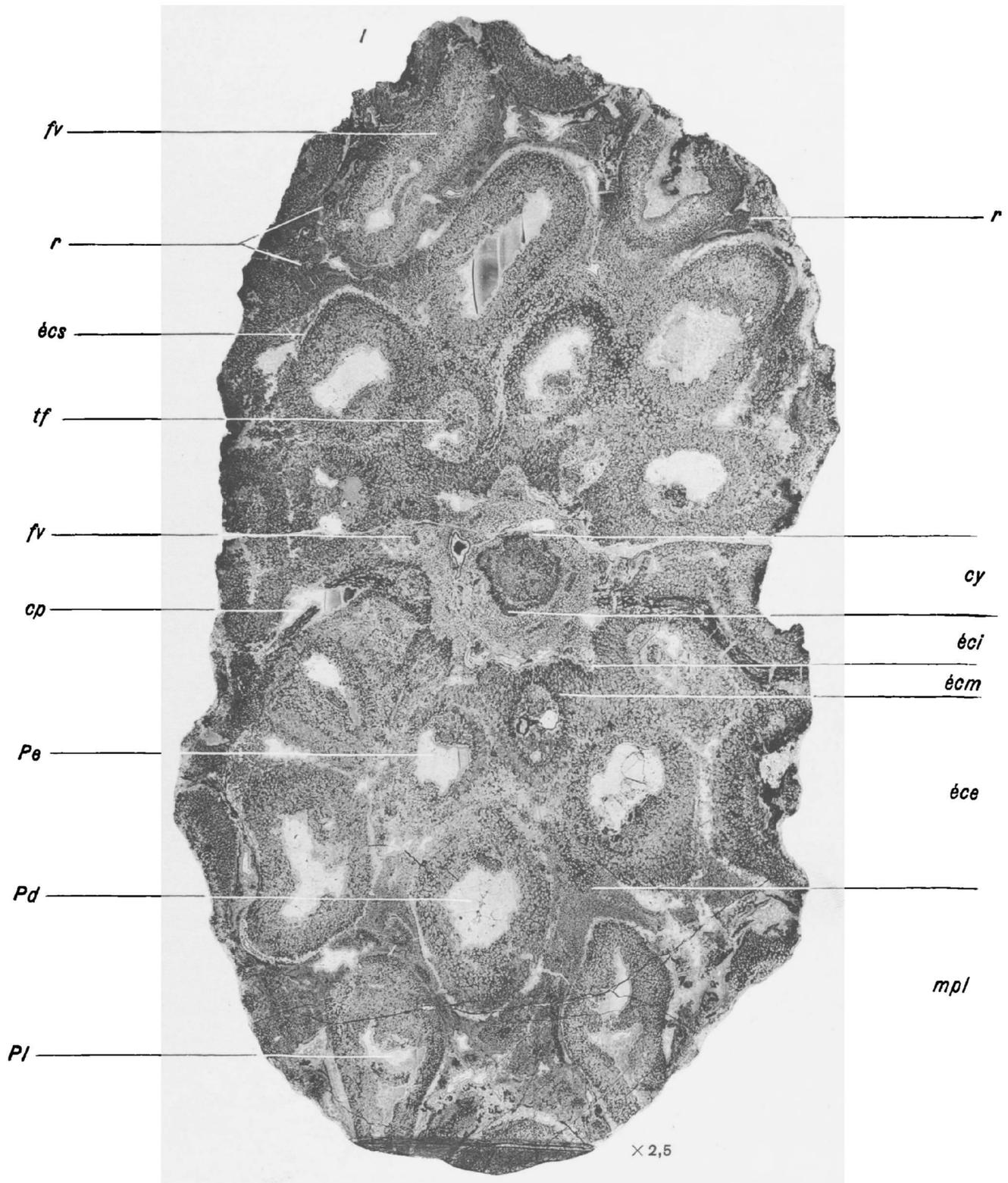
VU ET PERMIS D'IMPRIMER,
Lille, le 10 Juillet 1936
Le Recteur de l'Académie de Lille,
A. CHATELET



Explication des Planches

Sauf indication contraire,
les clichés ont été exécutés au Laboratoire de Paléobotanique
de la Faculté des Sciences de LILLE

par MM. P. CORSIN et A. LEBLANC



Cliché Rogor

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault

PLANCHE I

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault

Section transversale effectuée dans l'échantillon type

Fig. 1 — Ensemble de la lame mince. Gr. = 2,5 environ.

cy, cylindre central ligneux ;

éci, écorce interne ;

écm, écorce moyenne sclérifiée ;

éce, écorce externe ;

Pe, pétioles coalescents grâce à l'écorce externe ;

mpl, manchon de pétioles décurrents et de pétioles libres ;

Pd, pétioles décurrents ;

Pl, pétioles libres ;

fv, traces foliaires ;

tf, parenchyme fondamental des pétioles ;

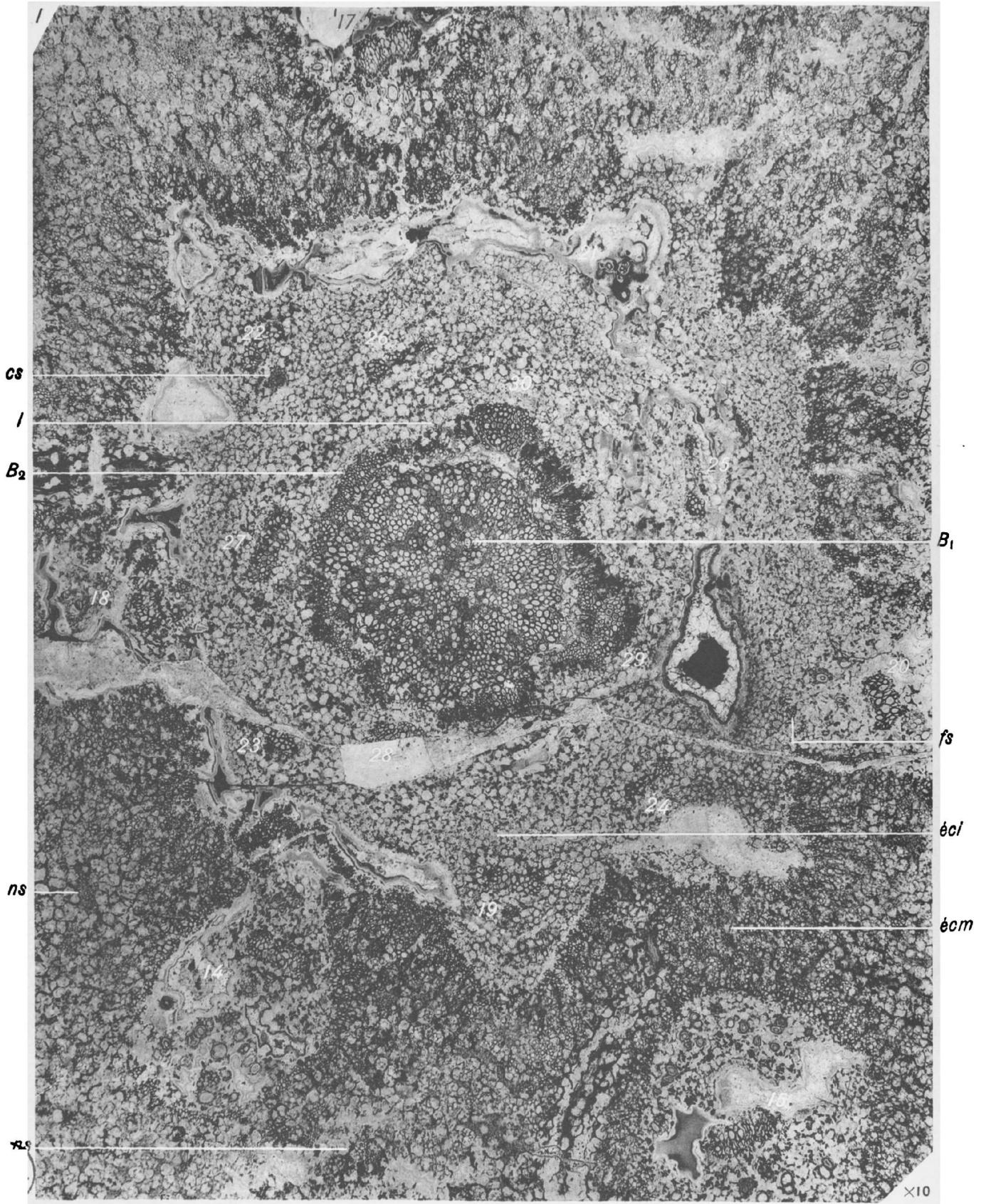
écs, écorce des pétioles ;

r, racines ;

cp, chevelu de poils.

Origine. — Champ de la Justice, Communaux de St-Martin près d'Autun.

ÉTAGE. — Autunien (Permien inférieur) ; Etage de Millery.



Cliché Ragot

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault

PLANCHE II

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault (Echantillon type)

Fig. 1 — Partie centrale de la lame mince figurée planche précédente. Gr. = 10.

*B*₁, bois primaire ;

*B*₂, bois secondaire englobant les traces 29 et 30 ;

l, liber ;

éci, écorce interne entourant les traces 28 à 18 ;

écm, écorce moyenne ;

fs, fibres scléreuses à l'intérieur de l'écorce interne ;

ns, nids scléreux de l'écorce moyenne ;

cs, cellules sécrétrices.

Les traces foliaires sont numérotées de 30 à 14.

Origine. — Champ de la Justice, Communaux de St-Martin près d'Autun.

ÉTAGE. — Autunien ; Etage de Millery.

PLANCHE III

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault (Echantillon type)

Fig. 1. — Partie périphérique du cylindre central, située entre les traces 28 et 29.
Gr. = 40.

B_1 , bois primaire ;
 B_2 , bois secondaire.

Fig. 2. — Portion du pourtour du cylindre central, située en face de la trace 27.
Gr. = 40.

B_1 , bois primaire ;
 B_2 , bois secondaire ;
 fv , trace foliaire 27 ;
 ft , excroissance du cylindre central limitée par les sinus s et s' .

Fig. 3. — Trace foliaire 30 (fv). Gr. = 40.

B_2 , bois secondaire.

Fig. 4. — Trace foliaire 29 (fv) Gr. = 40.

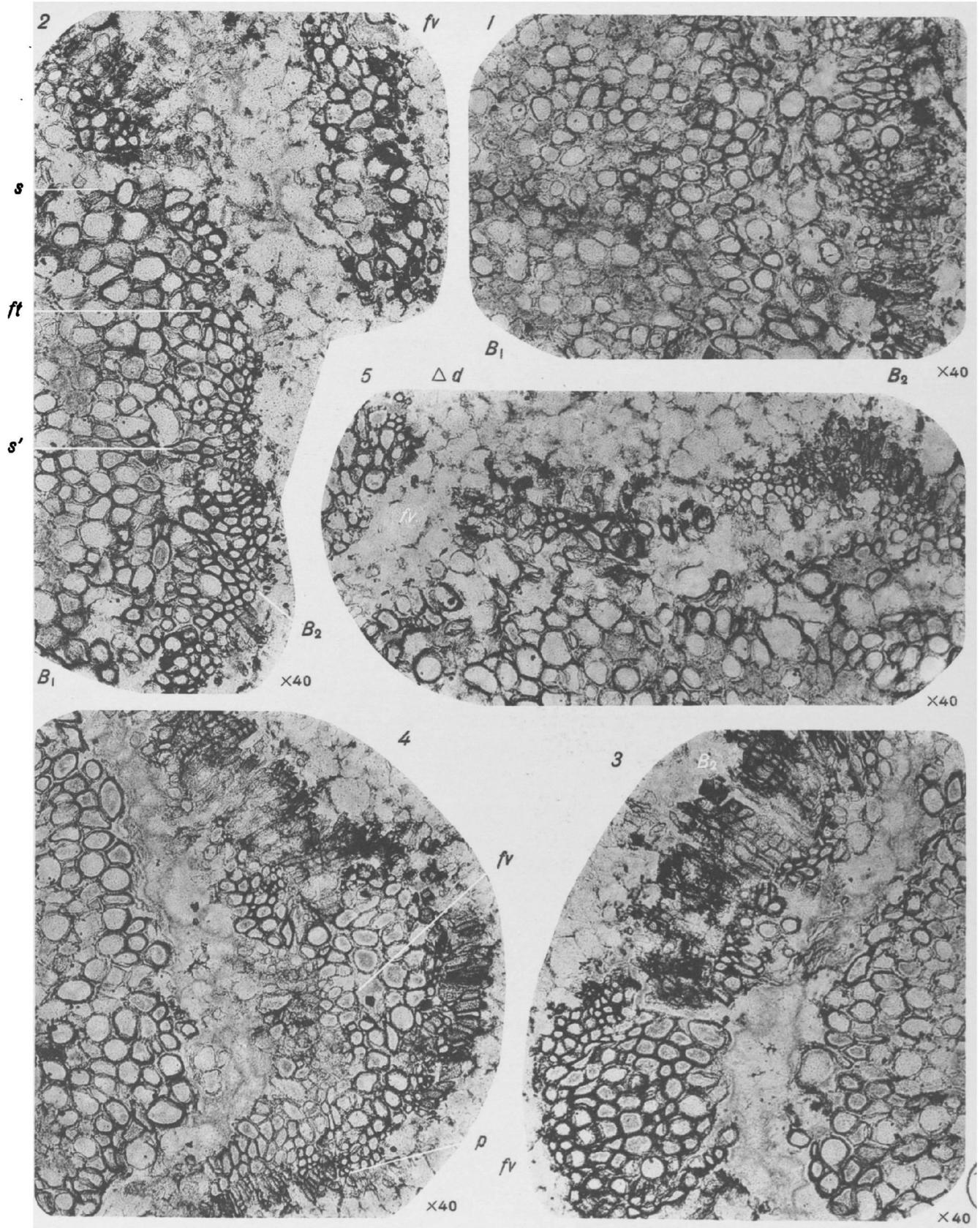
p , protoxylème de la trace.

Fig. 5. — Trace foliaire 28 (fv). Gr. = 40.

Δd , pôle fondamental de la trace.

Origine. — Champ de la Justice, Communaux de St.-Martin près d'Autun.

ÉTAGE. — Autunien, Etage de Millery.



GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault

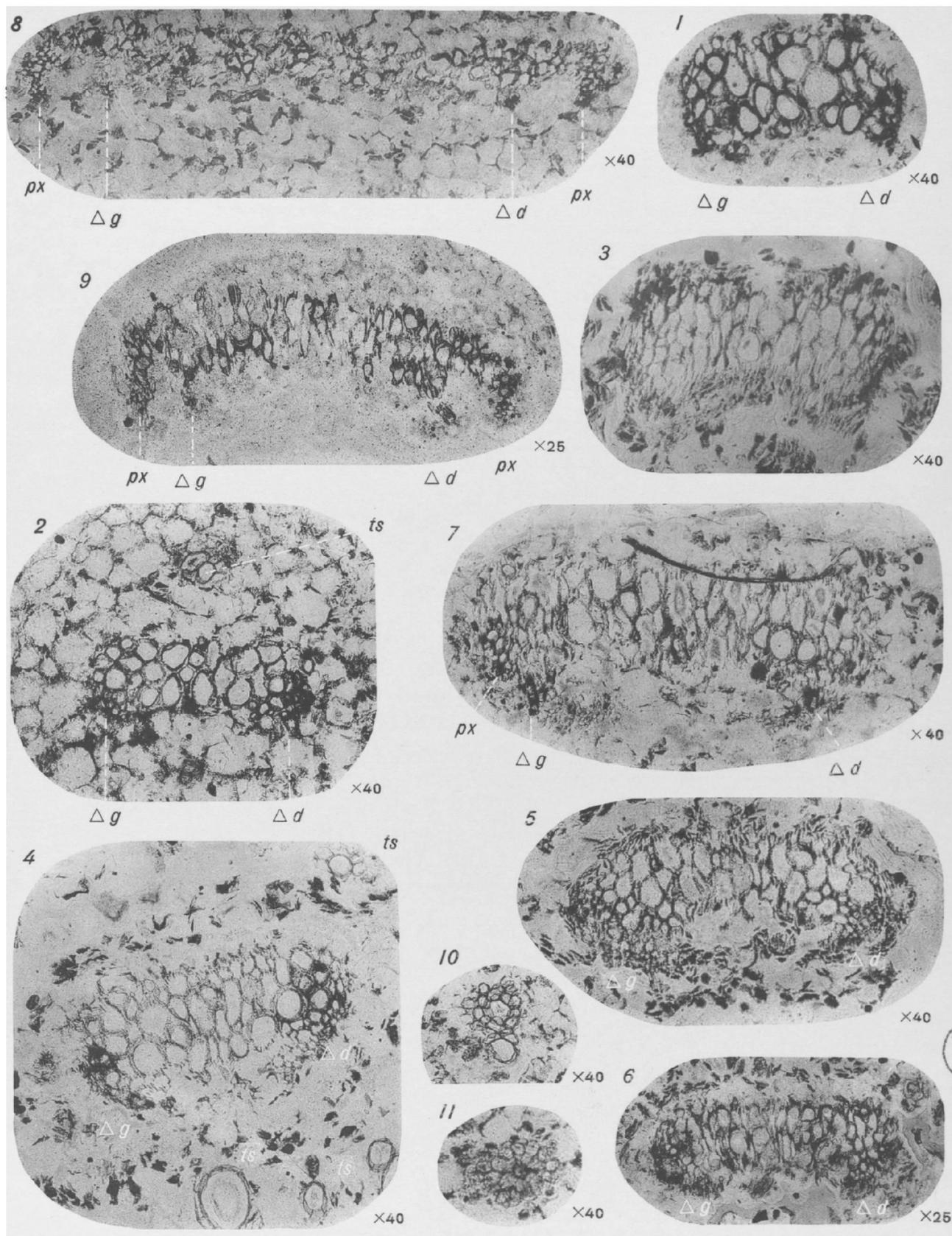
PLANCHE IV

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault

- Fig. 1. — Trace foliaire 20. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
- Fig. 2. — Trace foliaire 19. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
 ts , tubes sécréteurs.
- Fig. 3. — Faisceau pétiolaire 17. Gr. = 40.
- Fig. 4. — Faisceau pétiolaire 16. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
 ts , tubes sécréteurs.
- Fig. 5. — Faisceau pétiolaire 11. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
- Fig. 6. — Faisceau pétiolaire 7. Gr. = 25.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
- Fig. 7. — Faisceau pétiolaire 6. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
 px , pôles sortants.
- Fig. 8. — Faisceau pétiolaire 8. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
 px , pôles sortants.
- Fig. 9. — Faisceau pétiolaire -11. Gr. = 25.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
 px , pôles sortants.
- Fig. 10 et 11. — Cellules sécrétrices. Gr. = 40.

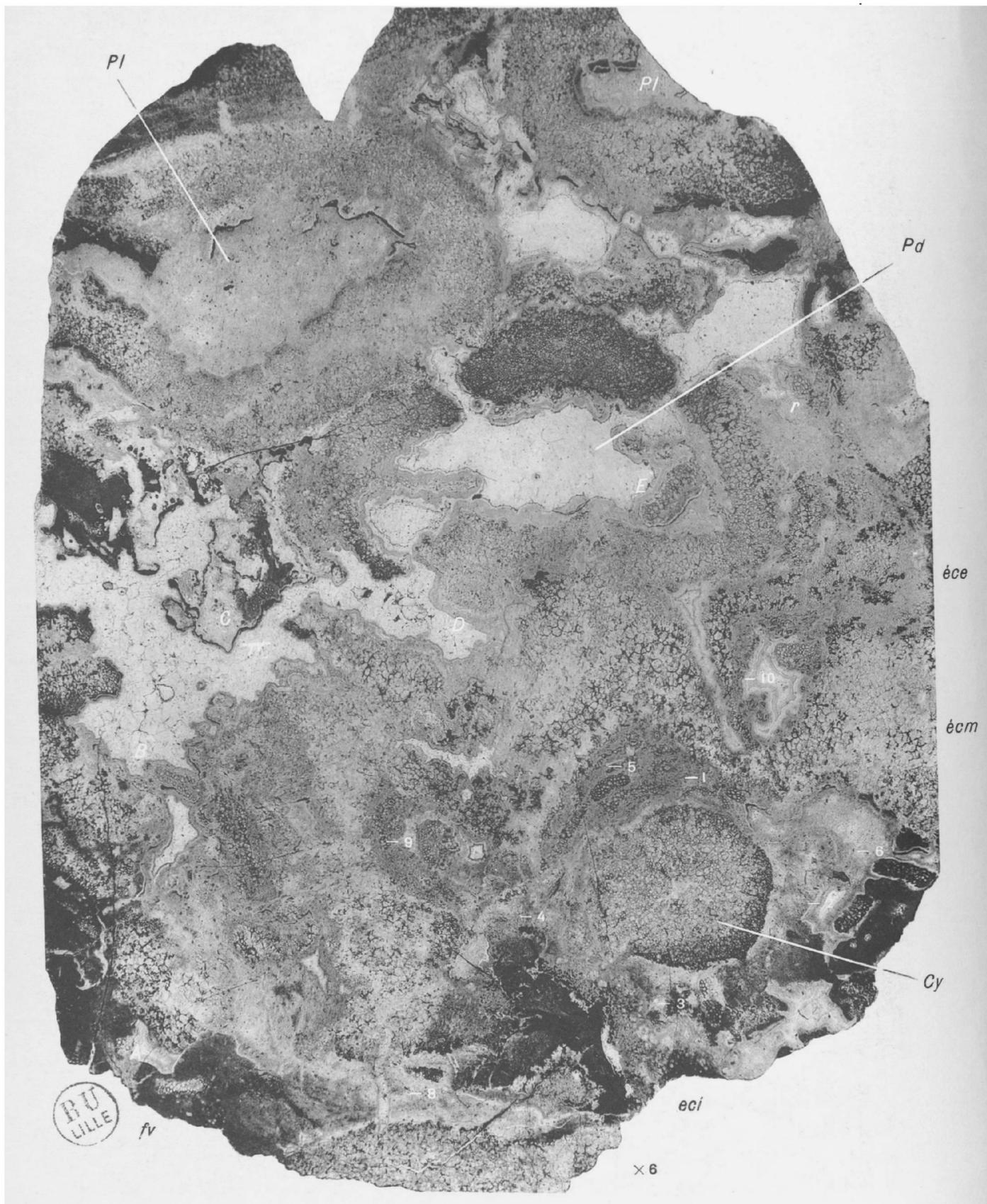
Origine. — Champ de la Justice, Communaux de St.-Martin près d'Autun.

ETAGE. — Autunien, Etage de Millery.



Imp. G. Boüan - Paris

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault



GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault

PLANCHE V

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault

Echantillon cotype de Renault (Section Ragot)

Fig. 1 — Section transversale. Gr. = 6 environ.

cy, cylindre central ;

éci, écorce interne ;

écm, écorce moyenne ;

éce, écorce externe ;

Pd, pétioles décurrents ;

Pl, pétioles libres ;

-1 à -10 (-7 manque) traces foliaires ;

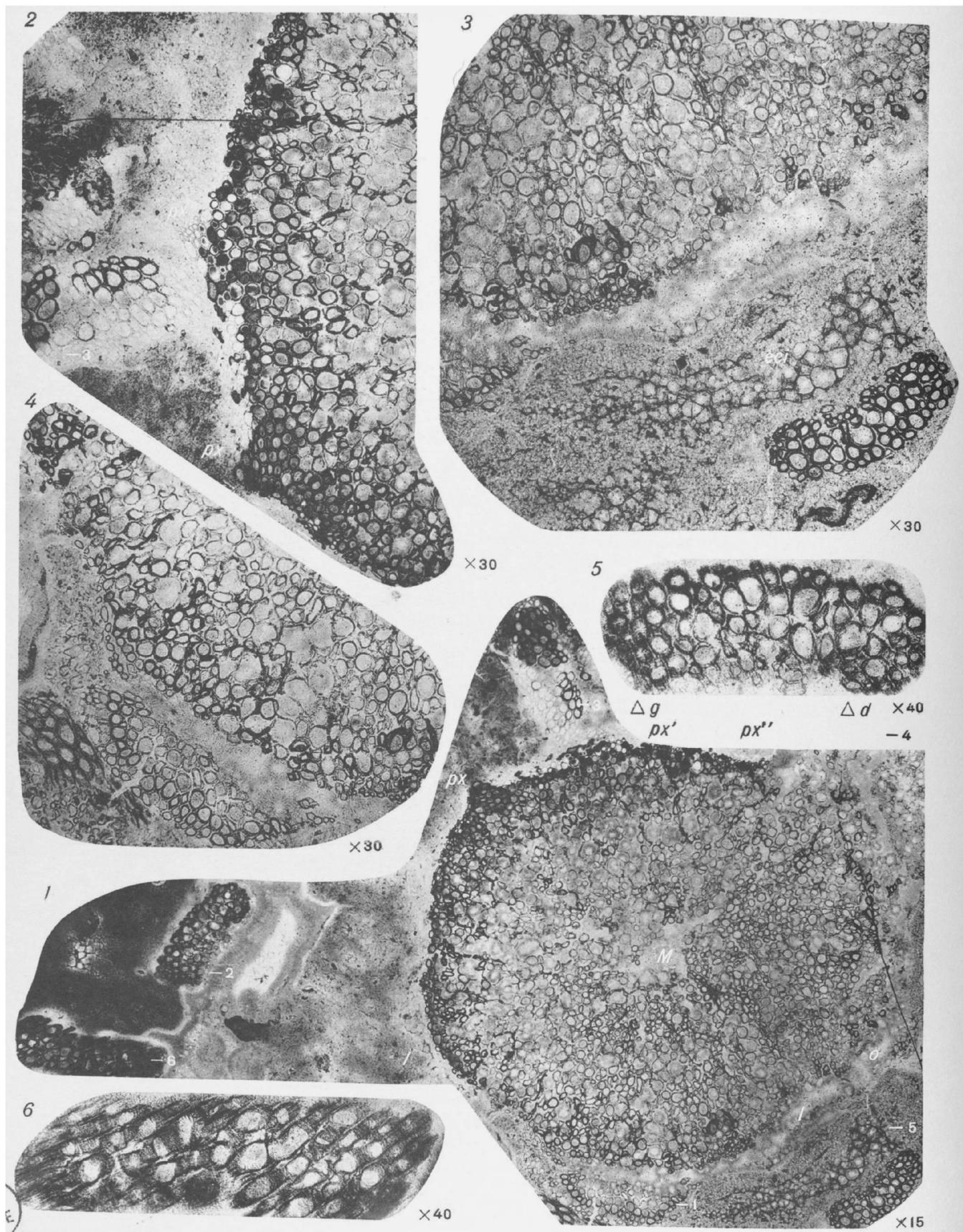
A = faisceau pétiole -22 ; *B* = faisceau pétiole -13 ;

C = faisceau pétiole -18 ; *D* = faisceau pétiole -14 ;

E = faisceau pétiole -19.

Origine. — Tranchée de chemin de fer entre Dracy et Cordesse.

ETAGE. — Autunien (Permien inférieur) ; Etage de la Comaille-Chambois.



GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault

PLANCHE VI

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault

Echantillon cotype.

Fig. 1. — Région centrale du stipe figuré Planche v. Gr. = 15.

M, moelle ;

l, liber ;

0 à 6 traces successives issues du cylindre central ;

px, *px'*, *px''*, pointements du protoxylème du cylindre central.

Fig. 2. — Zone périphérique du cylindre central en face de la trace -3. Gr. = 30.

px, *px'*, pointements de protoxylème du cylindre central.

Fig. 3 — Région périphérique du cylindre central en face de la trace -5. Gr. = 30.

éci, écorce interne.

Fig. 4. — Région périphérique du cylindre central en face de la trace -1. Gr. = 30.

Fig. 5 — Trace foliaire -2. Gr. = 40.

Δg et Δd , pôles fondamentaux.

Fig. 6 — Trace foliaire -6. Gr. = 40.

Origine. — Tranchée de chemin de fer entre Dracy et Cordesse.

ETAGE. — Autunien ; Etage de la Comaille-Chambois.

PLANCHE VII

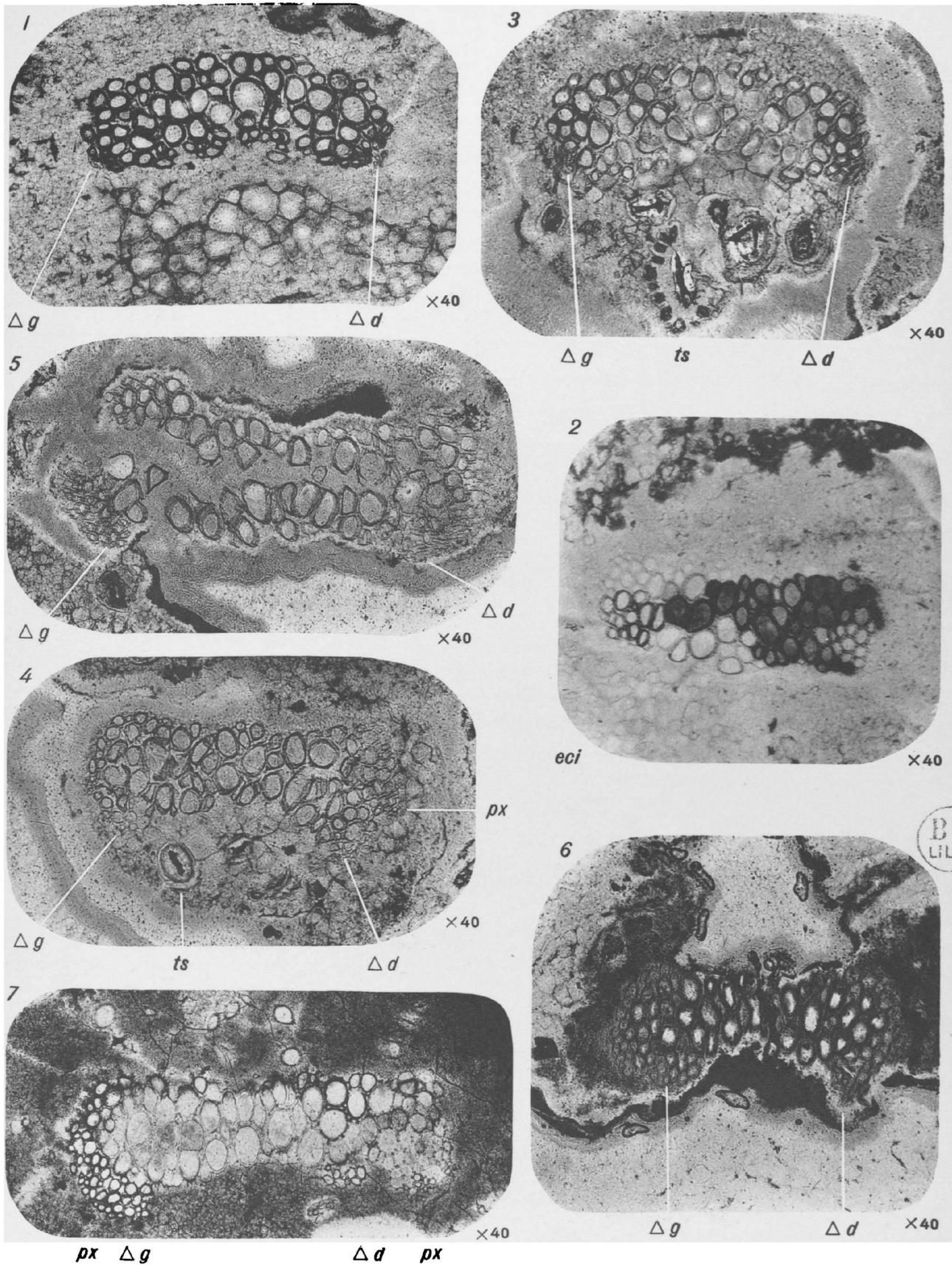
GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault

Echantillon cotype

- Fig. 1. — Trace foliaire -5 située dans l'écorce interne. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
- Fig. 2. — Trace foliaire -8. Gr. = 40.
 $\acute{e}ci$, écorce interne.
- Fig. 3. — Trace foliaire -9. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
 ts , tube sécréteur.
- Fig. 4. — Trace foliaire -10. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
 px , pôle sortant ;
 ts , tube sécréteur.
- Fig. 5 — Faisceau pétiolaire $B = -13$. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
- Fig. 6. — Faisceau pétiolaire $C = 18$. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux.
- Fig. 7. — Faisceau pétiolaire $A = -22$. Gr. = 40.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
 px , pôles sortants.

Origine. — Tranchée de chemin de fer entre Dracy et Cordesse.

ETAGE. — Autunien ; Etage de la Comaille-Chambois.



GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault

PLANCHE VIII

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault

Fig. 1 — Cylindre central de la 2^e lame mince effectuée dans l'échantillon cotype.
Gr. = 15.

M, moelle.

Fig. 2. — Cylindre central de la lame mince de la collection Roche. Gr. = 15.

px, pointement de protoxylème du cylindre central ;

Δg , pôle fondamental gauche de la trace sortante.

Fig. 3. — Partie de l'écorce d'un pétiole (-19) décurrent sur la tige. Gr. = 15.

Fig. 4. — Portion de la figure précédente. Gr. = 40.

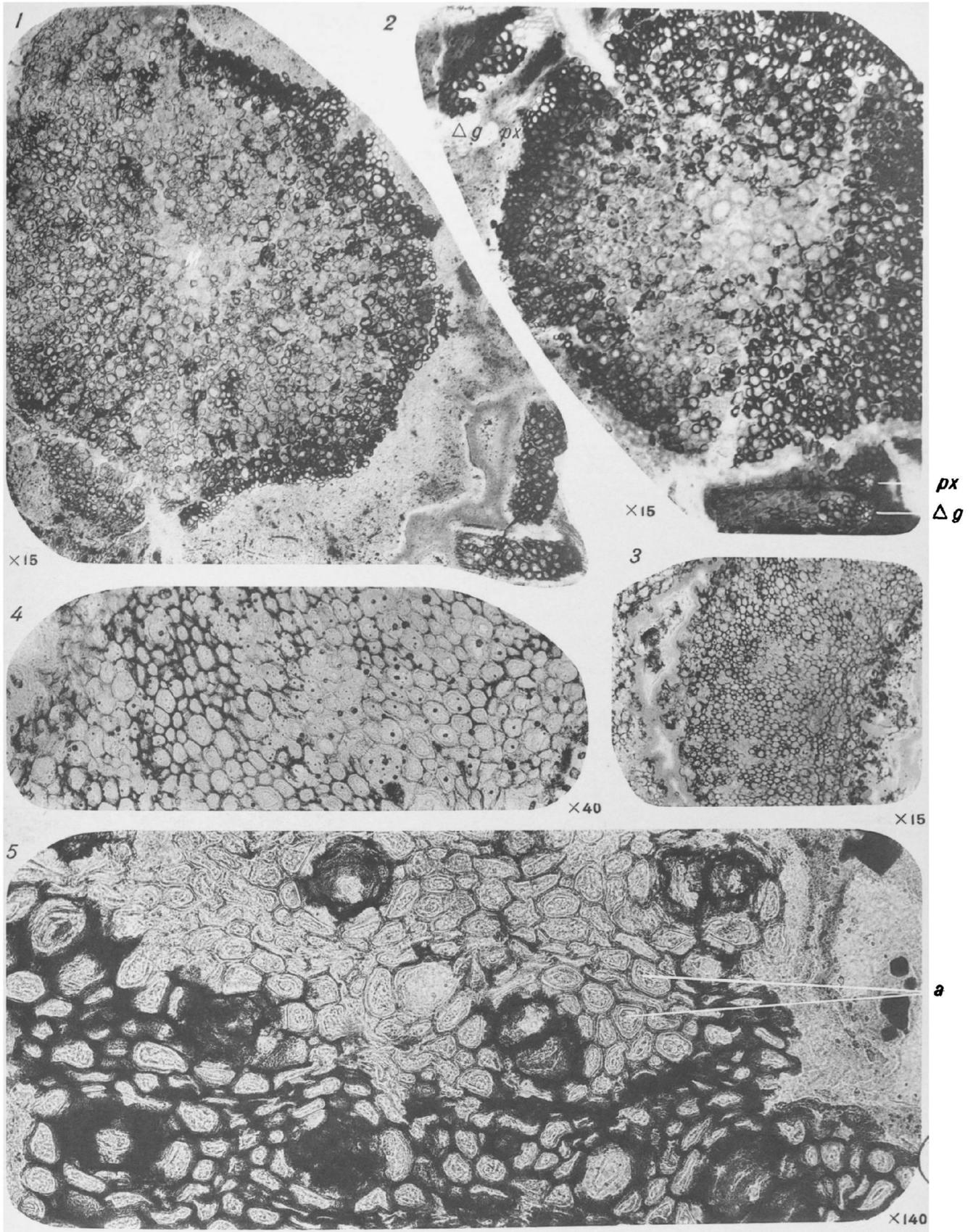
Fig. 5. — Ecorce moyenne sclérifiée (échantillon cotype) Gr. = 140.

En *a*, on distingue les trois parois de chaque fibre scléreuse.

Les masses noirâtres sont des cellules sécrétrices.

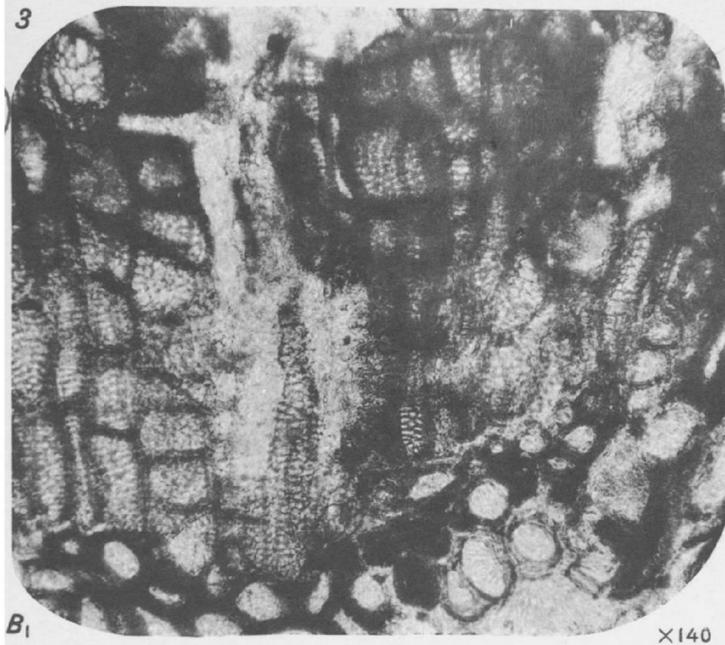
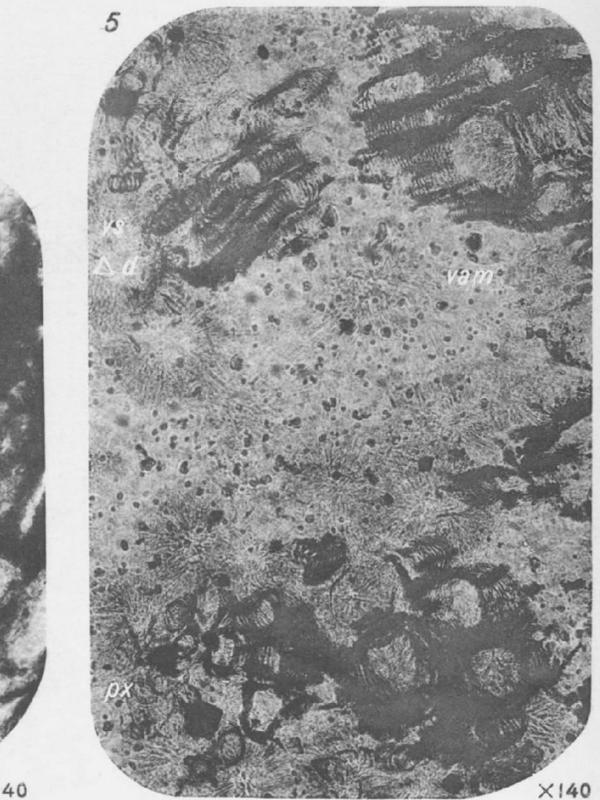
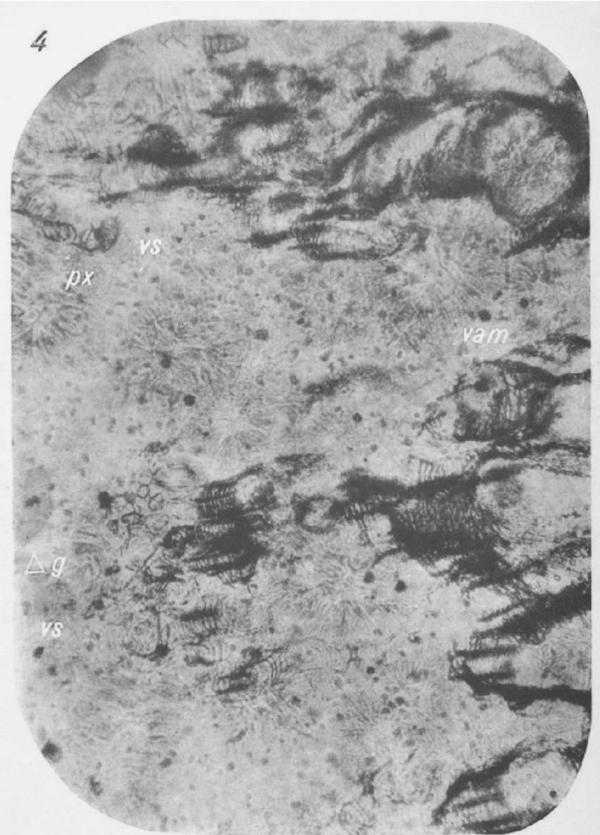
Origine. — Tranchée de chemin de fer entre Dracy et Cordesse.

ÉTAGE. — Autunien ; Etage de la Comaille-Chambois.



GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault

PL. IX



GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI Renault

PLANCHE IX

GRAMMATOPTERIS RIGOLLOTI B. Renault

Fig. 1. — Portion périphérique du cylindre ligneux de l'échantillon cotype (Lame mince Ragot). Gr. = 140.

vs, tube spiralé détaché du cylindre ligneux et coupé obliquement.

Fig. 2. — Partie périphérique du cylindre central de la 2^e lame mince effectuée dans l'échantillon cotype. Gr. = 140.

vs, tube spiralé.

Fig. 3. — Partie périphérique du cylindre central de l'échantillon type. Gr. = 140.

*B*₁, bois primaire ;

*B*₂, bois secondaire à punctuations multisériées.

Fig. 4. — Partie gauche du faisceau foliaire -|| (échantillon type). Gr. = 140.

Δg , pôle fondamental gauche ;

px, pôle sortant ;

vs, vaisceaux spiralés,

vam, éléments aréolés multisériés.

Fig. 5. — Partie droite du faisceau foliaire -|| (échantillon type). Gr. = 140.

Δd , pôle fondamental droit ;

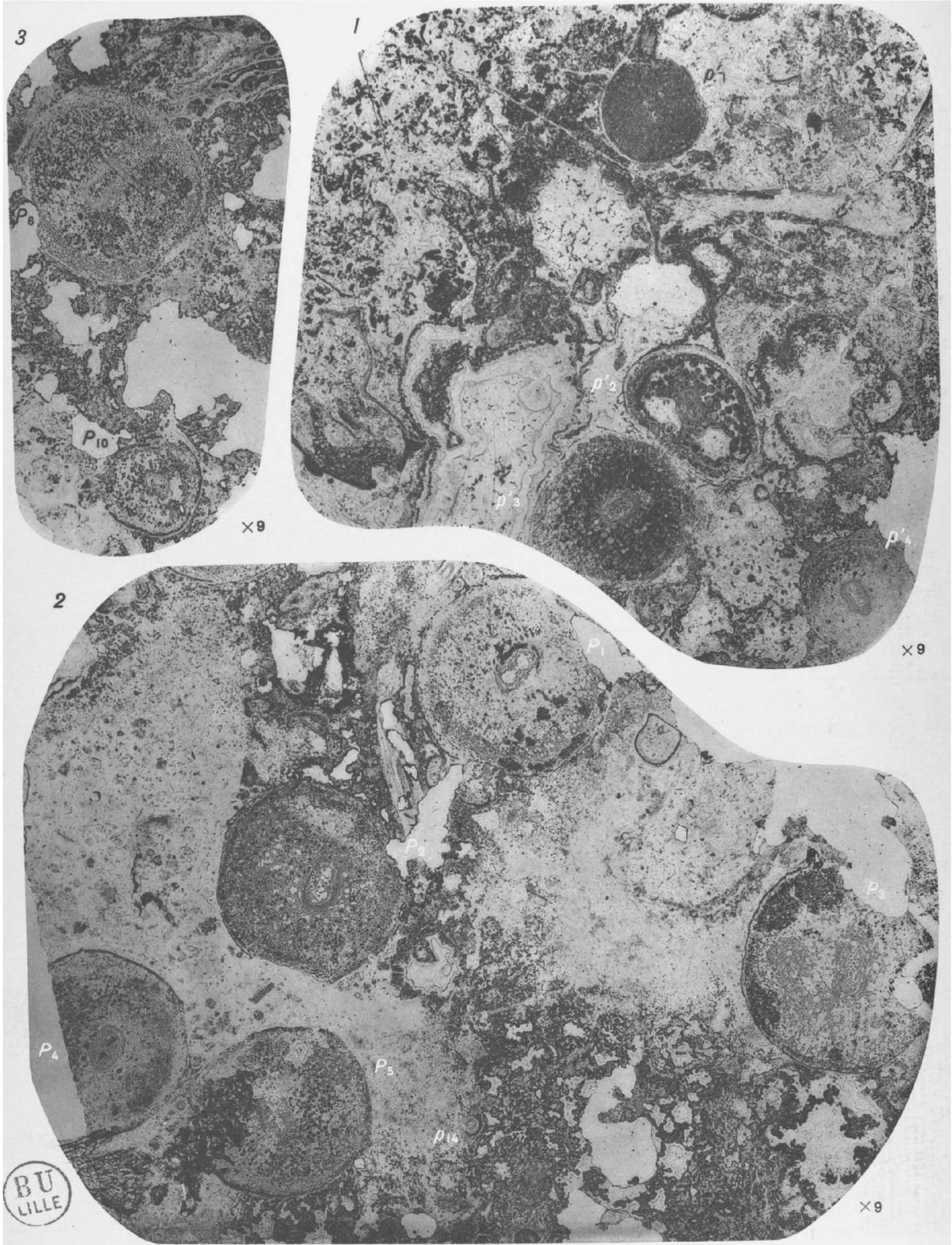
px, pôle sortant ;

vs, tubes spiralés ;

vam, métaxylème à punctuations aréolées multisériées.

Origine. — Environs d'Autun.

ÉTAGE. — Permien.



GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

PLANCHE X

GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

Fig. 1. — Partie de la préparation 2421, T₂. Section transversale. Gr. = 9.

On distingue les pétioles p'_1 , p'_2 , p'_3 , p'_4 (pétioles secondaires).

Fig. 2. — Partie de la préparation 2421, T₃. Section transversale. Gr. = 9.

Les pétioles primaires visibles sur cette figure sont annotés P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 ;
 p_{14} , pétiole tertiaire.

Fig. 3. — Partie de la préparation 2421, T₃. Section transversale ; Gr. = 9.

Pétiole primaire : P_6 ; pétiole secondaire : P_{16} .

Origine. — Esnost, Commune de Sommant (Saône et Loire).

ETAGE. — Viséen.

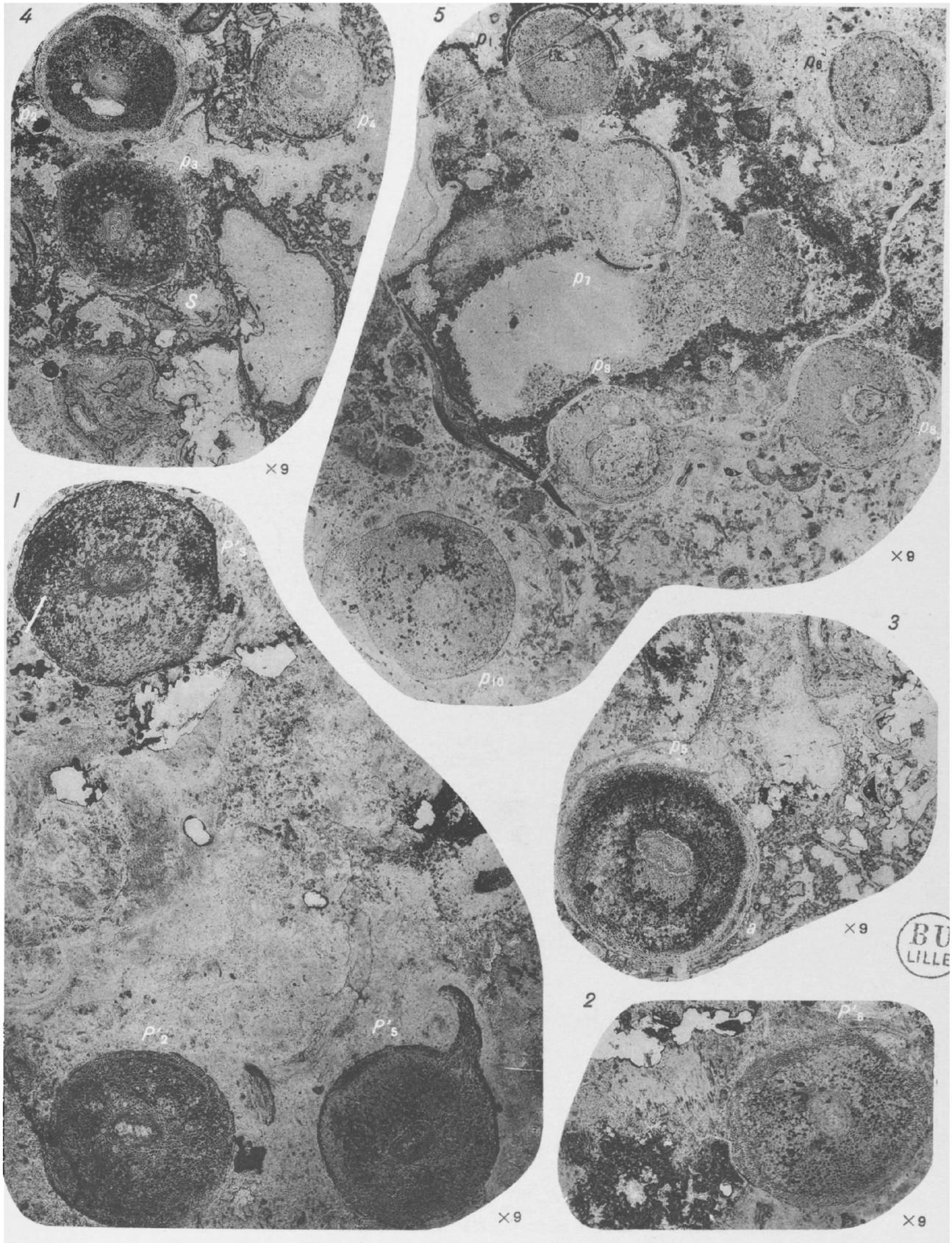
PLANCHE XI

GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

- Fig. 1 — Partie de la préparation 2421, T₁. Section transversale. Gr. = 9.
P'₂, P'₃, P'₅, pétioles correspondant aux pétioles P portant le même indice.
- Fig. 2. — Un coin de la préparation 2421, T₄. Section transversale. Gr. = 9.
P'₆ correspond à P₆ de la préparation 2421, T₃.
- Fig. 3 — Un pétiole isolé p₅ de la préparation 2421, T₃. Section transversale. Gr. = 9.
- Fig. 4. — Quelques pétioles de la préparation 2421, T₃. Section transversale Gr. = 9.
p₂, p₃, p₄, correspondent aux pétioles p', de la préparation 2421, T₂, ayant même indice.
S, sortie issue de p₃.
- Fig. 5. — Partie de la lame mince 2421, T₅, montrant les pétioles p₁, p₆, p₇, p₈, p₉, p₁₀.
Section transversale. Gr. = 9.

Origine. — Esnost, Commune de Sommant (Saône et Loire).

ETAGE. — Viséen.



GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

PLANCHE XII

GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

Fig. 1. — Pétiole primaire p_3 de la préparation 2421, T₃. Gr. = 30.

- fv*, faisceau vasculaire ;
- tf*, tissu fondamental parenchymateux ;
- ts*, tissu sclérifié ;
- ep*, épiderme cutinisé ;
- a*, région grossie fig. 1 b.

Fig. 1 a. — Faisceau vasculaire du pétiole précédent. Gr. = 100.

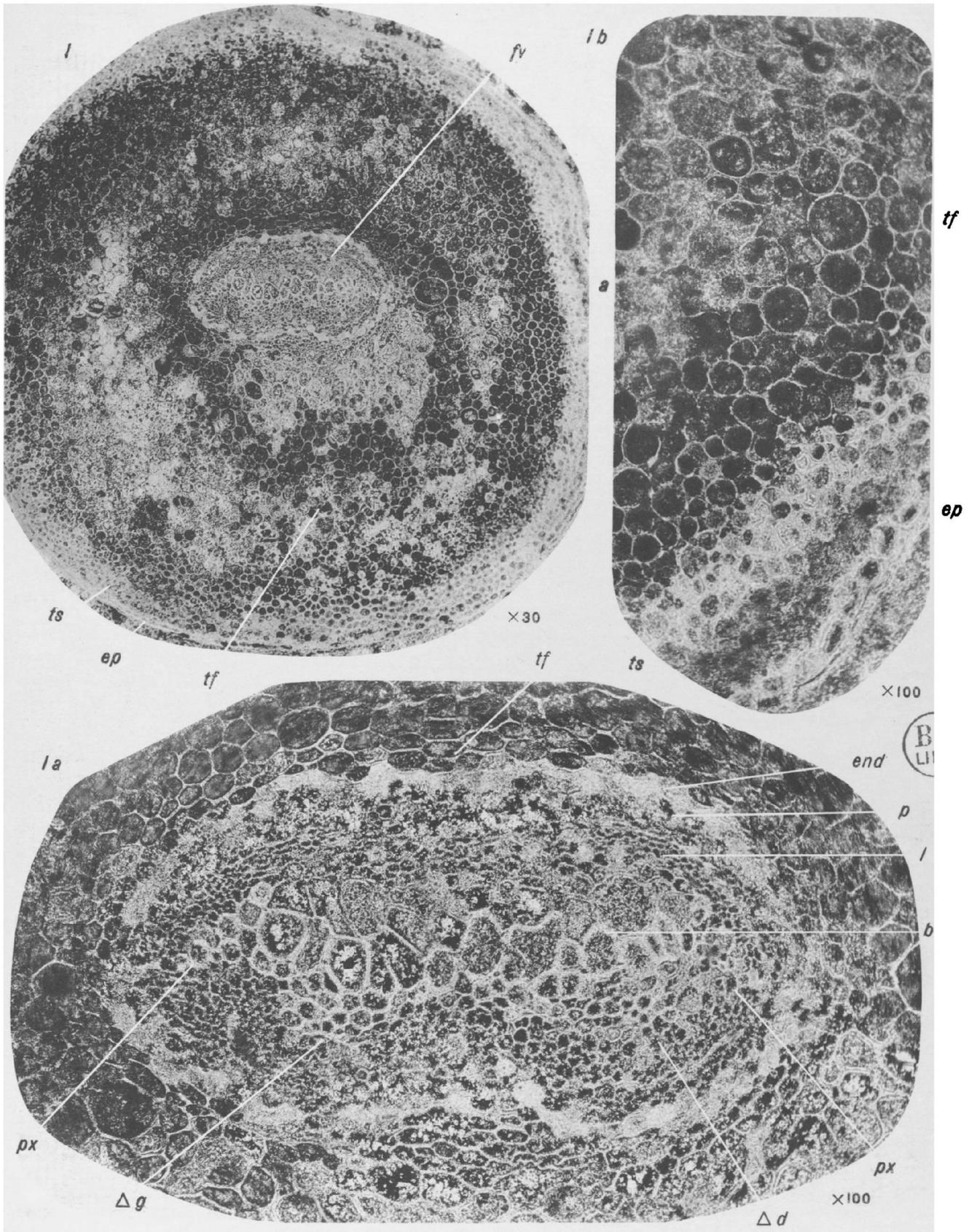
- tf*, parenchyme fondamental (cellules allongées tangentiellement et à parois épaissies) ;
- end*, endoderme (couche de cellules blanchâtres) ;
- p*, péricycle ;
- l*, liber ;
- b*, bois, métaxylème à grandes cellules ;
- $\Delta g, \Delta d$, pôles fondamentaux (protoxylème) ;
- px*, pôles sortants.

Fig. 1 b. — Ecorce et parenchyme fondamental du pétiole p_3 , région a de la fig. 1.
Gr. = 100.

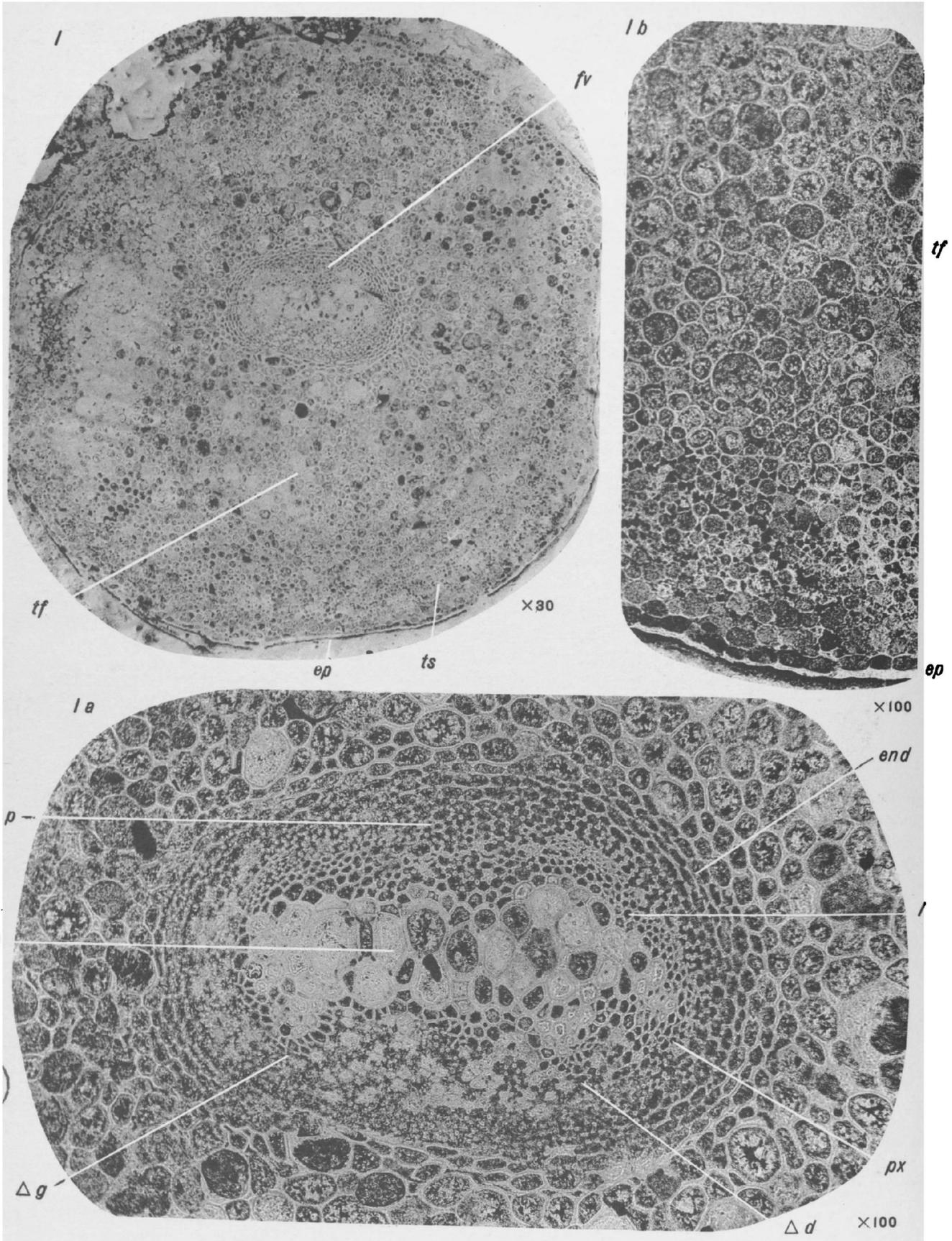
- ep*, épiderme très cutinisé ;
- ts*, zone de tissu scléreux ;
- tf*, parenchyme fondamental à parois minces. On remarquera les méats intercellulaires.

Origine. — Esnost.

ÉTAGE. — Viséen.



GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.



GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

PLANCHE XIII

GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

Fig. 1. — Pétiole primaire P_2 de la préparation 2421, T_3 . Gr. = 30.

fv, faisceau vasculaire ;
tf, tissu fondamental parenchymateux ;
ts, tissu sclérifié à lumière très petite ;
ep, épiderme

Fig. 1a. — Faisceau foliaire du pétiole précédent. Gr. = 100.

Le bois et le liber du faisceau sont bien conservés.

end, endoderme ;
p, péricycle ;
l, liber ;
b, métaxylème ;
 Δd , Δg , protoxylème = pôles fondamentaux ;
px, pôle sortant qui, avec le métaxylème situé derrière, donnera une sortie.

Fig. 1 b. — Portion périphérique du pétiole P_2 . Gr. = 100.

ep, épiderme très cutinisé ;
tf, parenchyme fondamental à parois minces.

Origine. — Esnost.

ÉTAGE. — Viséen.



GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

PLANCHE XIV

GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

Fig. 1. — Pétiole primaire P'_2 , de la préparation 2421, T_4 , et, correspondant à P_2 figuré précédemment. Gr. = 30.

La masse sortante des figures 1 et 1 a, Pl. XIII (px plus métaxylème situé derrière), est maintenant une sortie complètement individualisée située en S dans le parenchyme fondamental.

Fig. 1 a. — Faisceau foliaire du pétiole précédent. Gr. = 100.

Δg , Δd , pôles fondamentaux.

Fig. 2. — Pétiole secondaire p'_6 de la lame mince 2421, T_3 . Gr. = 30.

Au centre, on a le faisceau ligneux identique à celui des pétioles primaires mais plus petit.

S , sortie issue de p'_6 , située en dehors du pétiole.

Fig. 3. — Pétiole tertiaire p'_{13} , de la lame mince 2421, T_3 . Gr. = 100.

Fig. 4. — Pétiole tertiaire p'_{14} . Gr. = 100.

b , bois (métaxylème) ;

l , liber ;

end , endoderme ;

tf , tissu fondamental.

Origine. — Esnost.

ETAGE. — Viséen.

PLANCHE XV

GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

Fig. 1. — Pétiole primaire P_3 de la préparation 2421, T_3 . Gr. = 30.

Ce pétiole a la même composition que les précédents. Le faisceau foliaire est remarquablement bien conservé.

Fig. 1 a. — Faisceau foliaire du pétiole P_3 . Gr. = 100.

L'endoderme n'est pas très nettement délimité ; il se confond avec l'écorce parenchymateuse interne à cellules allongées tangentiellement et à parois épaissies (*end*).

Le péricycle est bien conservé, il est formé de cellules assez grandes et assez régulières (*p*). Le liber *l* est formé de cellules petites et irrégulières.

Δd et Δg , pôles fondamentaux ;

px, pôle sortant ;

S, sortie (métaxylème + pôle sortant) presque complètement détachée de la masse principale du faisceau foliaire.

Au centre métaxylème formé de gros éléments à parois très épaissies.

Fig. 2. — Pétiole secondaire P_{10} de la préparation 2421, T_3 . Gr. = 30.

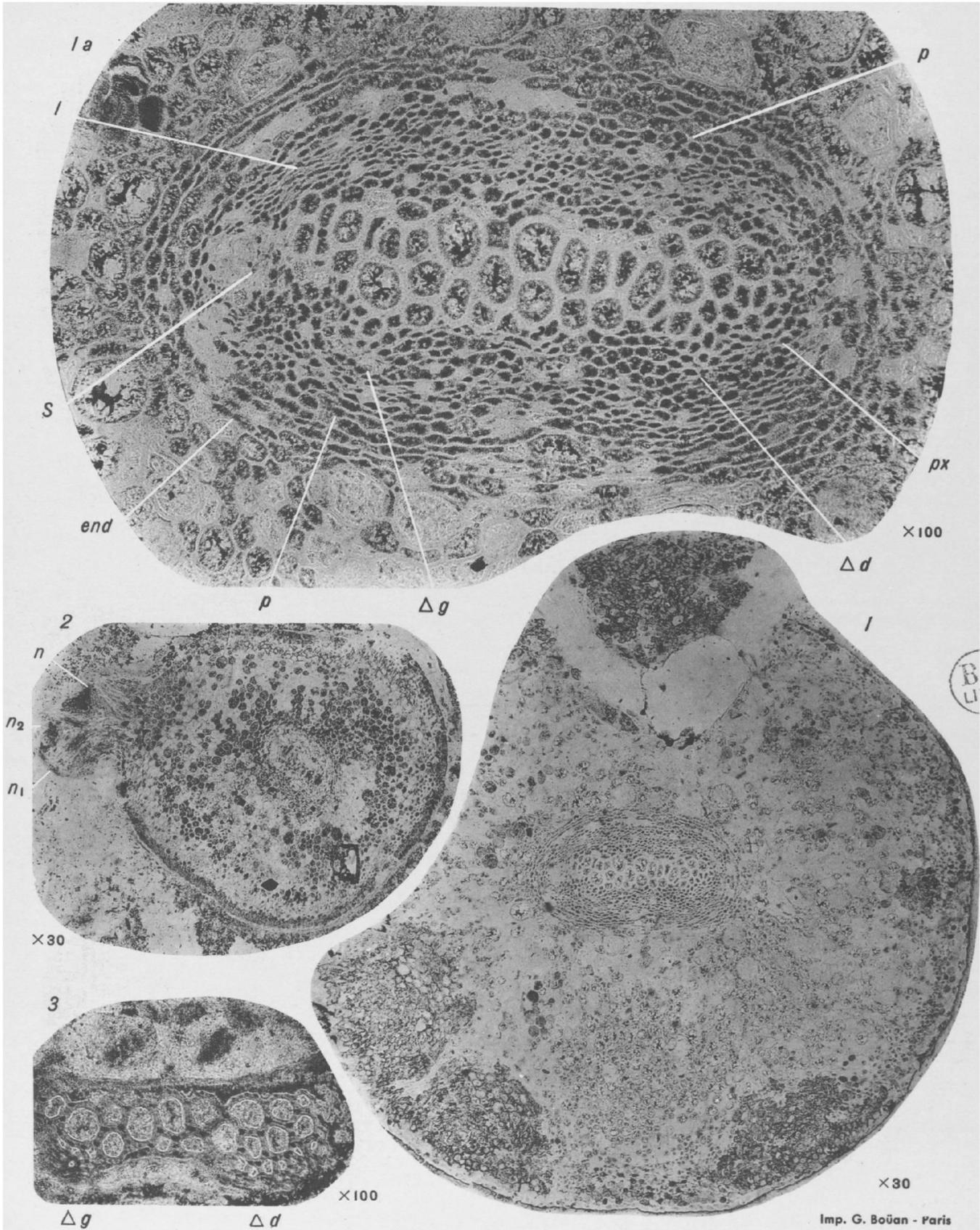
Le pétiole montre l'émission de pétioles tertiaires (ou nervures de feuilles) coupés longitudinalement (*n*, *n*₁, *n*₂).

Fig. 3. — Faisceau ligneux du pétiole p_9 , de la préparation 2421, T_5 . Gr. = 100.

Ce faisceau montre deux pointements de protoxylème ; Δg au repos, Δd étalé sur la face interne du métaxylème.

Origine. — Esnost.

ÉTAGE. — Viséen.



GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

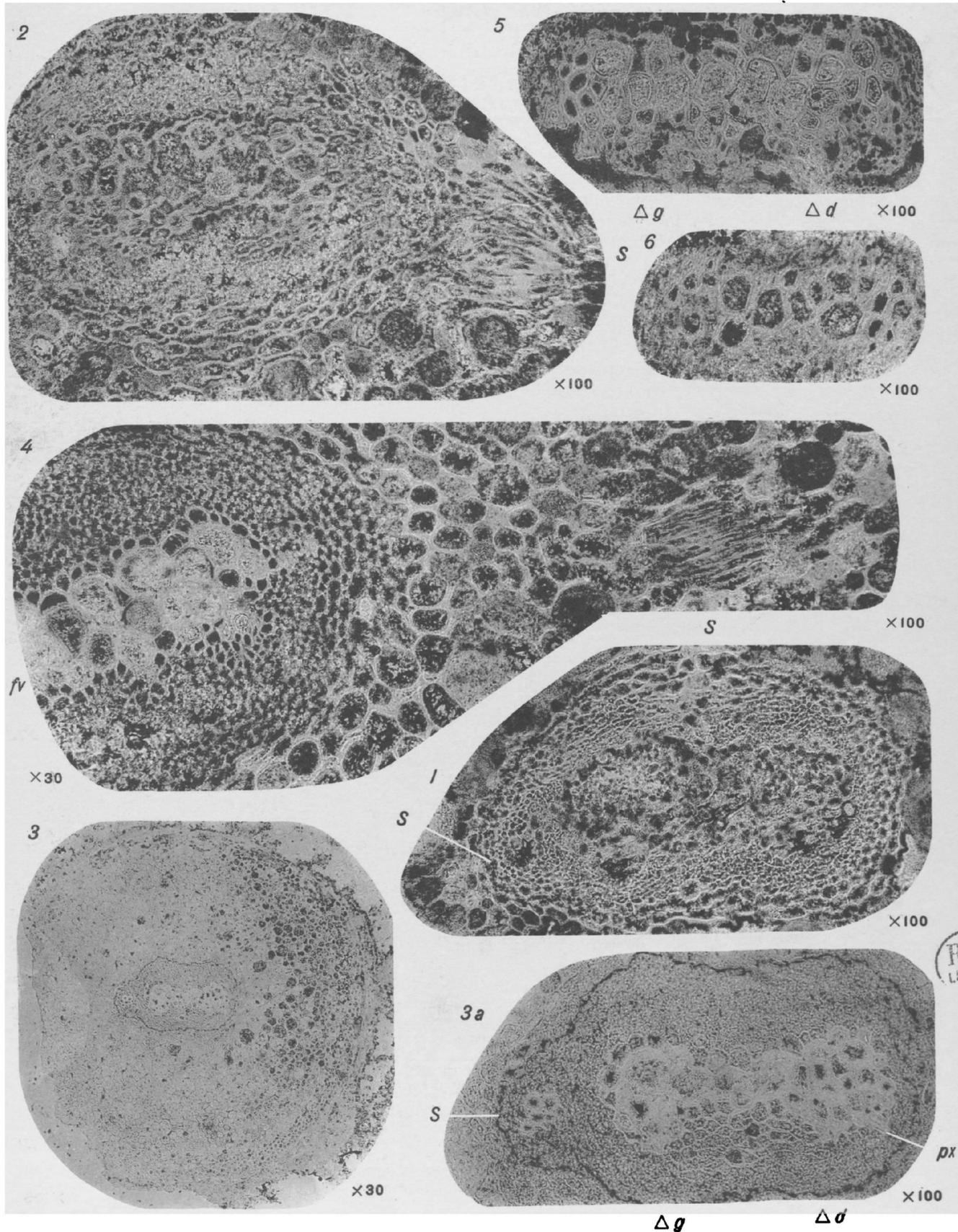
PLANCHE XVI

GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.

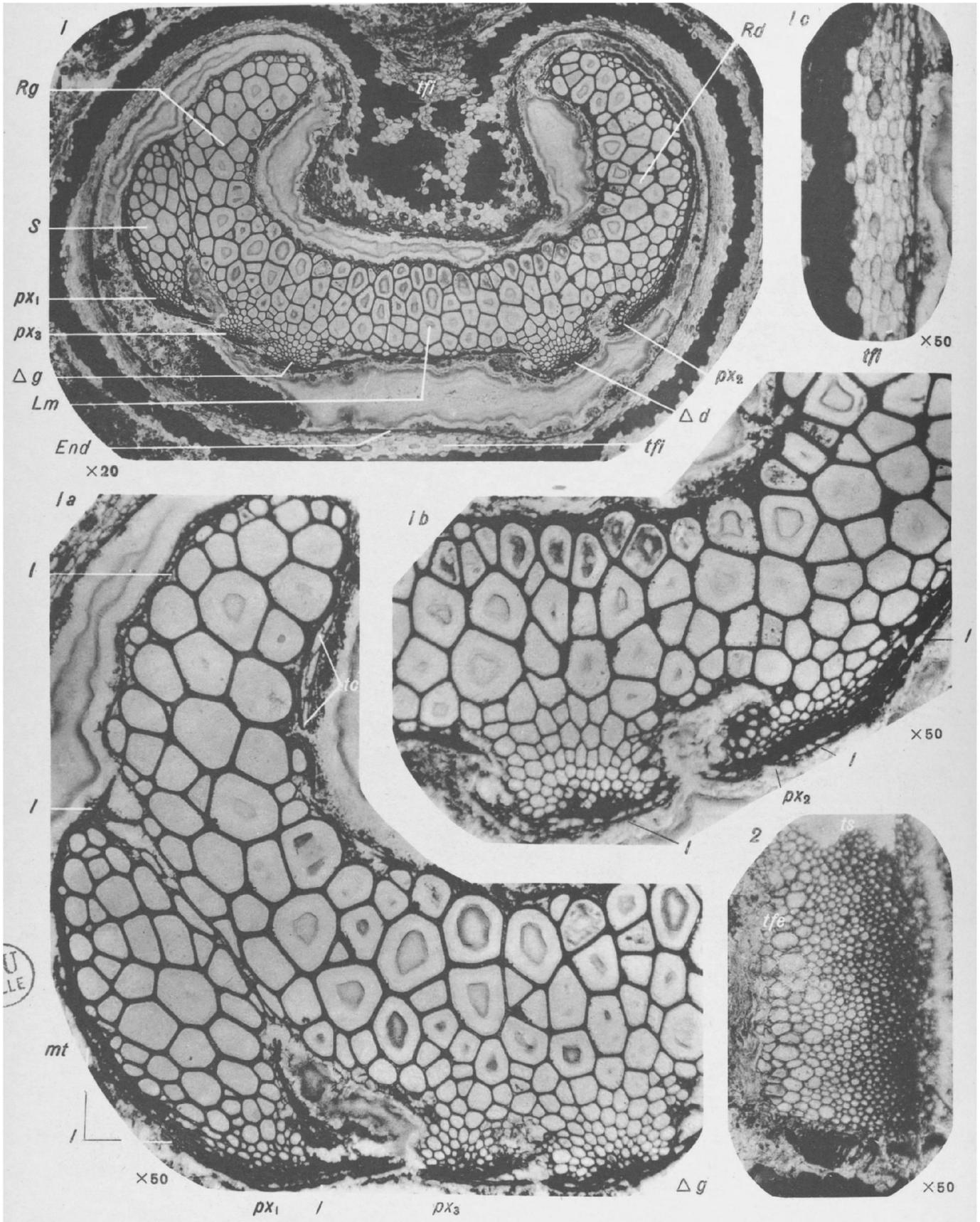
- Fig. 1. — Faisceau foliaire du pétiole secondaire p'_2 (lame mince 2421, T_2). Gr. = 100.
On voit en S une sortie située dans le péricycle et formant une protubérance à l'angle gauche du faisceau.
- Fig. 2. — Faisceau foliaire du pétiole secondaire p'_3 (lame mince 2421, T_2). Gr. = 100.
La sortie S est en dehors du faisceau mais lui est encore adhérente.
- Fig. 3. — Pétiole secondaire p'_4 , de la lame mince 2421, T_2 . Gr. = 30.
- Fig. 3 a. — Faisceau foliaire du pétiole précédent. Gr. = 100.
 S , sortie sur le point de se séparer du faisceau principal ;
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
 px , pôles sortant.
Le contour de l'endoderme est souligné naturellement par un trait noir.
- Fig. 4. — Partie du pétiole primaire P'_2 (lame mince 2421, T_4). Gr. = 100
On voit là le faisceau fv et la sortie S qui en est issue.
- Fig. 5. — Faisceau foliaire du pétiole secondaire p'_8 (lame mince 2421, T_2). Gr. = 100.
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
 px , pôle sortant.
- Fig. 6. — Faisceau ligneux du pétiole secondaire p'_6 (lame mince 2421, T_3). Gr. = 100

Origine. — Esnost.

ÉTAGE. — Viséen.



GRAMMATOPTERIS BERTRANDI nov. sp.



ANACHOROPTERIS ROBUSTA nov. nóm.

PLANCHE XVII

ANACHOROPTERIS ROBUSTA nov. nom.

Lame mince 76/26

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire. Gr. = 20.

Lm, lame médiane antérieure ;
Rd et *Rg*, arcs récepteurs ;
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
 px_1 , px_2 , px_3 , pôles sortants ;
S, sortie ;
End, endoderme ;
tji, tissu fondamental interne.

Fig. 1a. — Partie gauche du faisceau du pétiole fig. 1. Gr. = 50.

La masse ligneuse sortante est sur le point de se séparer du faisceau principal.
Elle est formée d'un pôle px_1 et du métaxylème *mt*.
 px_3 , pôle sortant situé le long du segment basilaire ;
l, liber ;
tc, tubes criblés.

Fig. 1 b. — Partie latéro-antérieure droite du même faisceau. Gr. = 50.

px_2 , pôle sortant ;
l, liber.

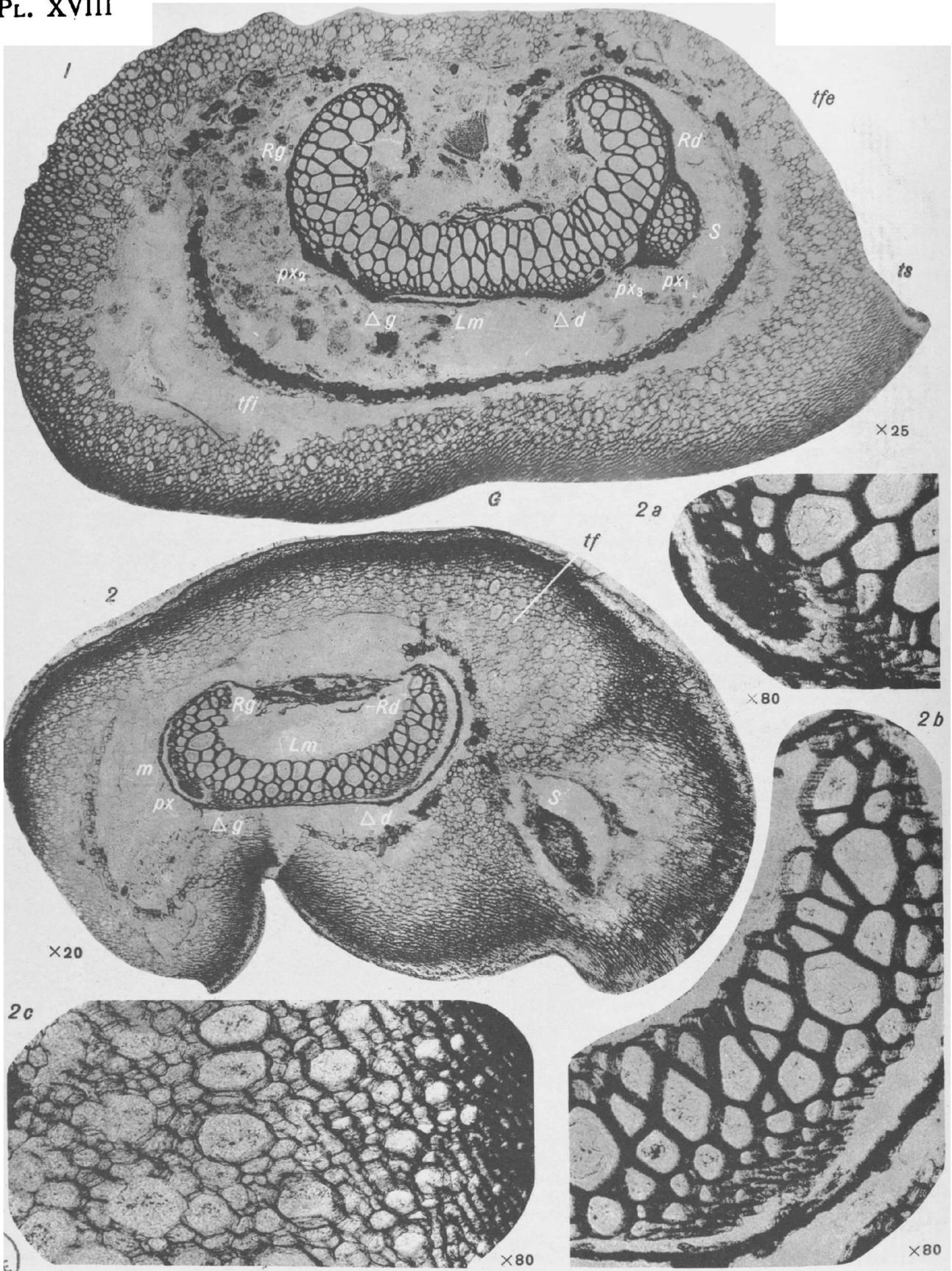
Fig. 1c. — Région *End*, de la figure 1. Parenchyme fondamental interne *tji* et endoderme. Gr. = 50.

Fig. 2. — Lambeau de tissus corticaux conservés sur la lame mince 76/26, mais non figuré, en 1, même planche. Gr. = 50.

ts, tissu scléreux ;
tfe, tissu fondamental externe.

Origine. — Combrigolles, près Grand' Croix, Bassin de St.-Etienne (Loire).

ETAGE. — Stéphanien (partie inférieure du Stéphanien moyen).



ANACHOROPTERIS ROBUSTA nov. nom.

PLANCHE XVIII

ANACHOROPTERIS ROBUSTA nov. nom

Fig. 1 — Section transversale d'un pétiole primaire (lame mince 76/100). Gr. = 25.

Lm, lame médiane antérieure ;
Rg et *Rd*, arcs récepteurs ;
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
 px_1 , px_2 , px_3 , pôles sortants ;
S, sortie ;
tfi, tissu fondamental interne ;
tfe, tissu fondamental externe ;
ts, tissu scléreux.

Fig. 2. — Section transversale d'un pétiole secondaire (section 76/86). Gr. = 20.

Lm, *Rg*, *Rd*, Δd , Δg et px : mêmes annotations que figure 1.
m, métaxylème qui se développe derrière le pôle sortant px .
S, sortie située dans le parenchyme fondamental.

Fig. 2 a. — Partie antérieure du segment basilaire gauche. Gr. = 80.

Fig. 2 b. — Arc récepteur droit et pôle fondamental correspondant. Gr. = 80.

Fig. 2 c. — Région *tf* de la figure 2 montrant le parenchyme fondamental et le tissu scléreux. Gr. = 80.

Origine. — Combrigolles.

ÉTAGE. — Stéphanien.

PLANCHE XIX

ANACHOROPTERIS PAUTETI nov. sp.

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire (préparation 1731, T₇). Gr. = 30.

Lm, lame ligneuse médiane antérieure ;

Rg et *Rd*, arcs récepteurs ;

Δg et Δd , pôles fondamentaux ;

px, pôle sortant ;

*S*₁, sortie ;

tf, tissu fondamental ;

ts, tissu scléreux ;

R, racine,

Fig. 1a. — Partie gauche de l'arc vasculaire du pétiole, fig. 1, même planche.
Gr. = 100.

Rg, *px*, Δg , mêmes annotations que fig. 1.

Mét., métaxylème de la sortie qui se prépare.

Fig. 1 b. — Partie droite de l'arc vasculaire du pétiole, fig. 1, même planche. Gr. = 100.

S, sortie ;

Rd et Δd , mêmes annotations que fig. 1.

Fig. 1 c. — Zone corticale, région *a* de la fig. 1. Gr. = 100.

Fig. 2. — Faisceau vasculaire du même pétiole coupé par la lame mince 1731, T₆,
faisant suite à 1731, T₇. Gr. = 30.

Lm, *Rg*, *Rd*, Δg , Δd , *px*, mêmes annotations que fig. 1.

*S*₂, sortie.

Fig. 3. — Faisceau vasculaire du même pétiole coupé plus haut (lame mince 1731, T₁).
Gr. = 30.

Lm, *Rg*, *Rd*, Δg , Δd , *px*, même annotations que figure 1.

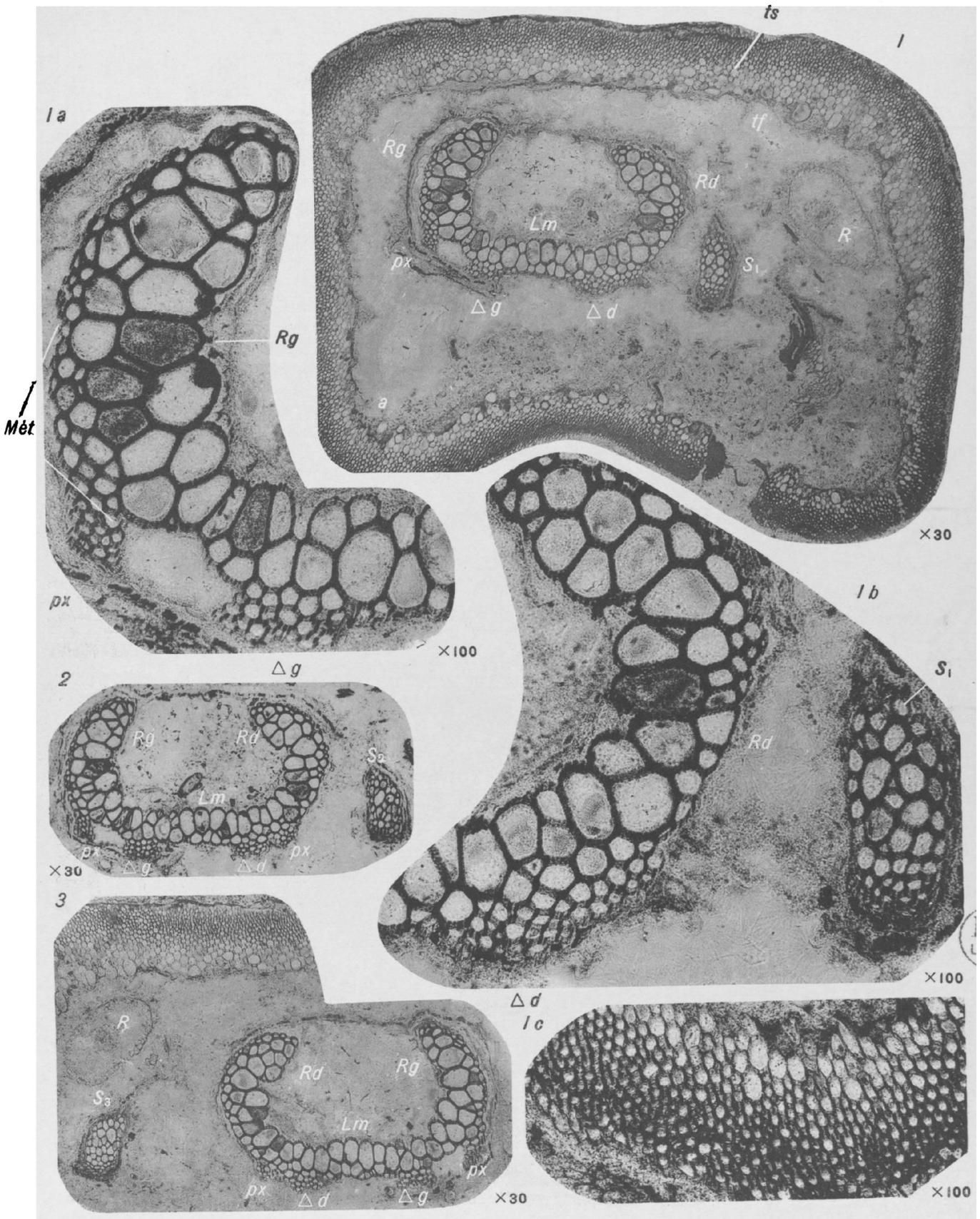
*S*₃, sortie ;

R, racine.

La lame mince a été retournée, il faut l'inverser pour la comparer aux fig. 1 et 2,
même planche.

Origine. — Grand'Croix.

ETAGE. — Stéphanien.



ANACHOROPTERIS PAUTETI nov. sp.

PLANCHE XX

ANACHOROPTERIS PAUTETI nov. sp.

Fig. 1. — Section transversale du même pétiole primaire, figuré planche précédente, coupé plus haut par la lame mince 1731, T₂. Gr. = 30.

Δg et Δd , pôles fondamentaux ;

ρx , pôles sortants.

La sortie S_4 est dédoublée par une cassure en biseau.

Il faut inverser cette figure pour la comparer aux fig. 1 et 2, Pl. XIX.

Fig. 1 a. — Arc récepteur droit et sortie S_1 . Gr. = 100.

Fig. 2. Région latéro-antérieure droite de l'arc vasculaire figuré en 3, Pl. XIX.
Gr. = 100.

Δg , pôle fondamental gauche ;

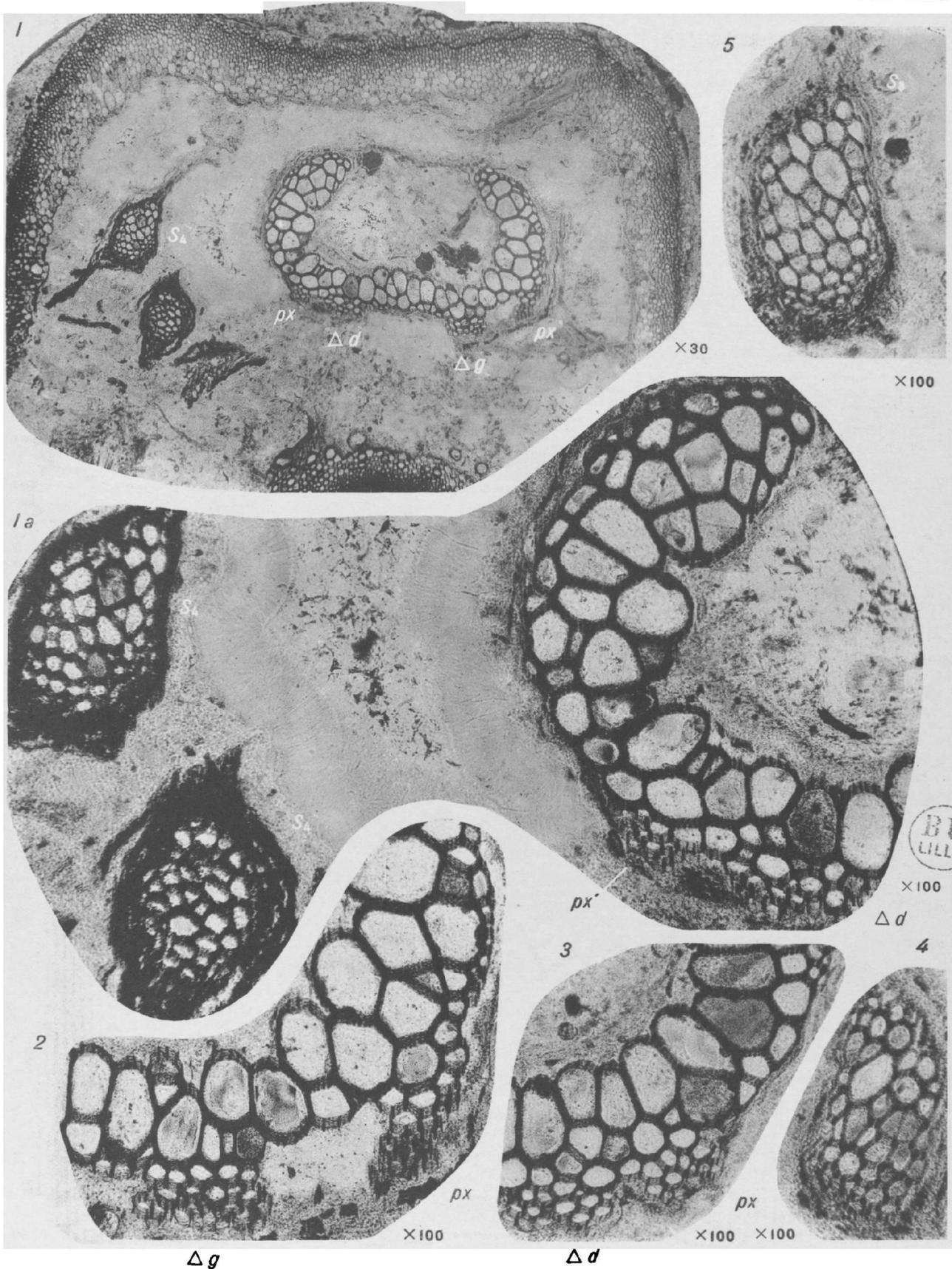
ρx , pôle sortant.

Fig. 4. — Sortie S_2 . Gr. = 100.

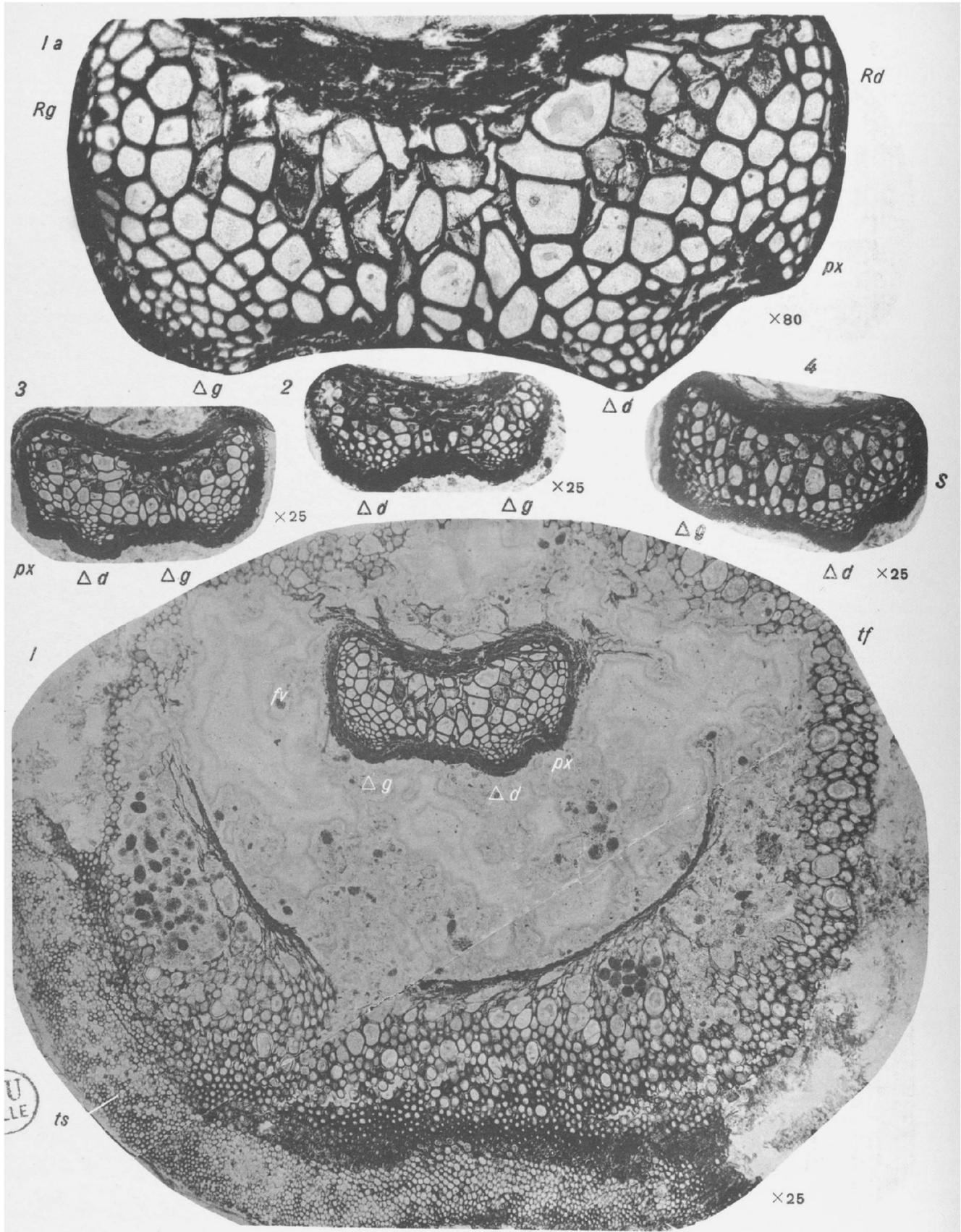
Fig. 5. — Même sortie que précédemment coupée à un niveau plus élevé, S_3 . Gr. = 100.

Origine. — Grand' Croix.

ETAGE. — Stéphanien.



ANACHOROPTERIS PAUTETI nov. sp.



ANACHOROPTERIS GILLOTI nov. sp.

PLANCHE XXI

ANACHOROPTERIS GILLOTI nov. sp.

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole (lame mince D. 34). Gr. = 25.

ts, tissu sclérifié ;
tf, parenchyme fondamental ;
fv, faisceau vasculaire ;
 Δg et Δd , pôles fondamentaux ;
px, pôle sortant.

Fig. 1a. — Faisceau vasculaire du pétiole, figuré en 1, même planche. Gr. = 80.

Δg , Δd , *px*, mêmes annotations que fig. 1.
Rd, *Rg*, renflements récepteurs droit et gauche.

Fig. 2. — Section transversale de l'arc vasculaire du même pétiole effectuée plus bas.
lame mince B. 34. Gr. = 25.

Δg et Δd , pôles fondamentaux.

Cette lame mince a été retournée, il faut l'inverser pour la comparer aux figures 1 et 4, même planche.

Fig. 3. — Section transversale de l'arc vasculaire du même pétiole située au-dessus de la précédente (lame mince C. 34). Gr. = 25.

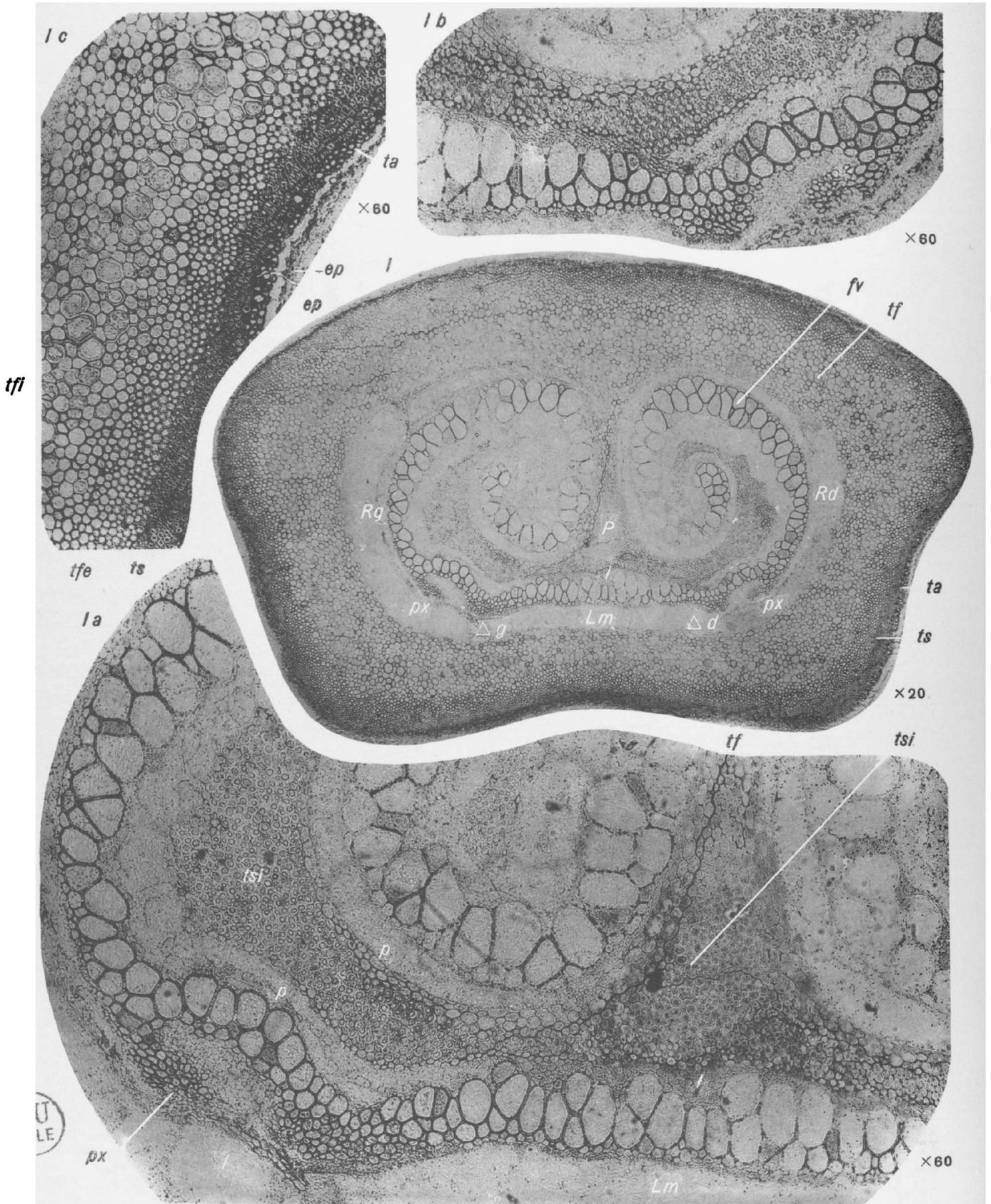
Δd et Δg , pôles fondamentaux ;

Cette section a été retournée.

Fig. 4. — Section transversale de l'arc vasculaire du même pétiole, effectuée à un niveau situé au-dessus de la section figurée en 1, même planche (lame mince E. 34). Gr. = 25.

Origine. — Grand' Croix.

ETAGE. — Stéphanien.



ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

PLANCHE XXII

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

Echantillon 1989 = 6^e échantillon

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire, lame mince T₁. Gr. = 20.

ep, épiderme ;
ta, tissu assimilateur ;
ts, tissu sclérifié = gaine mécanique ;
tf, tissu fondamental ;
fv, faisceau vasculaire ;
Lm, lame médiane antérieure ;
Rd, et *Rg*, arcs récepteurs ;
 Δd et Δg , pôles fondamentaux ;
px, pôles sortants ;
l, liber ;
P, pilier médian scléreux.

Fig. 1 a. — Partie antérieure et latérale gauche de l'arc vasculaire du pétiole figuré en 1. Gr. = 60.

Lm, Δg , *px*, *l*, *tf*, mêmes annotations que figure 1.
tsi, tissu scléreux interne du pilier médian ;
p, parenchyme bordant le pilier médian.

Fig. 1 b. — Partie latéro-antérieure droite du même faisceau. Gr. = 60.

l, liber. •

Fig. 1 c. — Tissus corticaux du pétiole figuré en 1. Région latérale droite. Gr. = 60.

ep, *ta*, *ts*, mêmes annotations que figure 1.
tfe, tissu fondamental sclérifié ;
tfi, tissu fondamental parenchymateux

Origine. — Grand'Croix.

ETAGE. — Stéphaniens.

PLANCHE XXIII

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

3^e Echantillon = N^o 1704.

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire (lame mince II *b*, T₁₀). Gr. = 20.

Le pétiole a été déformé par le milieu extérieur.

Lm, lame ligneuse médiane antérieure ;

Ab, arc basilaire antérieur ;

Ri, région d'insertion ;

Ap, Arc postérieur.

Ces 3 derniers termes forment l'arc récepteur *Rd*.

Δg , Δd , pôles fondamentaux ;

px_1 , px_2 , px_3 , pôles sortants ;

a, *b*, brèches.

Fig. 2. — Section transversale du même pétiole effectuée en-dessous de la précédente (lame mince II *b*, T₉). Gr = 20.

Lm, lame médiane antérieure ;

Rg, *Rd*, arcs récepteurs gauche et droit ;

a, *b*, brèches.

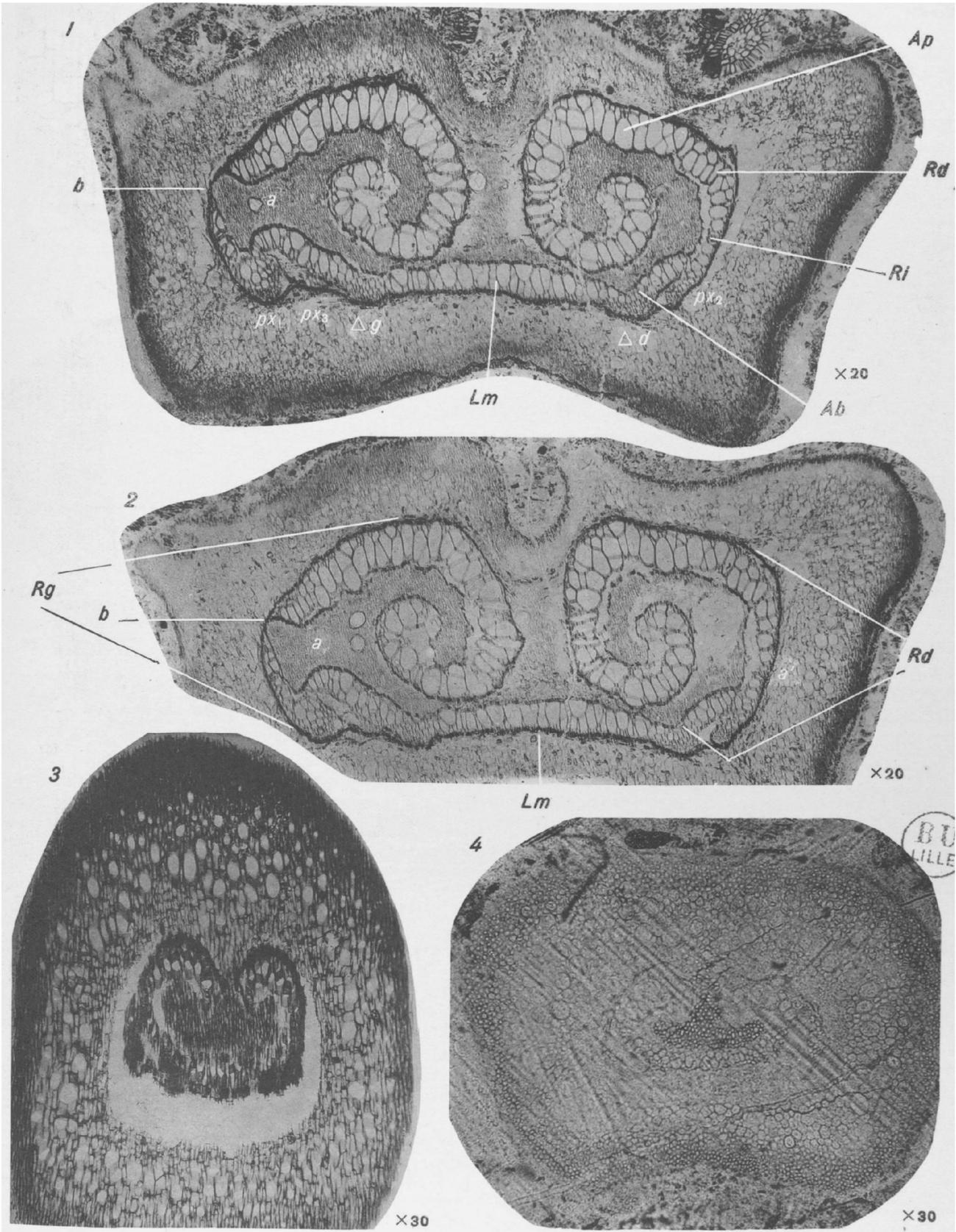
Fig. 3. — Section transversale d'un pétiole secondaire (lame mince II *a*, T₈). Gr. = 30.

Par suite de l'obliquité de la section par rapport au pétiole se dernier paraît allongé dans le sens antéro-postérieur. De même l'arc vasculaire paraît s'inscrire dans un contour circulaire alors qu'en réalité il s'inscrit dans un contour ovale à grand axe droite-gauche.

Fig. 4. — Section transversale d'un pétiole secondaire (lame mince II *b*, H₈). Gr. = 30.

Origine. — Grand' Croix.

ÉTAGE. — Stéphanien.



ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

PLANCHE XXIV

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

1^{er} échantillon = N° 80/52-54.

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire (lame mince 80/52). Gr. = 15.

Cette coupe montre une sortie S_1 , qui vient de se libérer de l'arc vasculaire principal.

Fig. 2. — Section transversale du même pétiole située au-dessus de la précédente (lame mince 80/54). Gr. = 15.

S_2 , sortie destinée au pétiole secondaire.

On voit la ligne $y z$ suivant laquelle se fera la séparation des 2 pétioles.

Aph , aphilébie postérieure insérée à la base du pétiole secondaire.

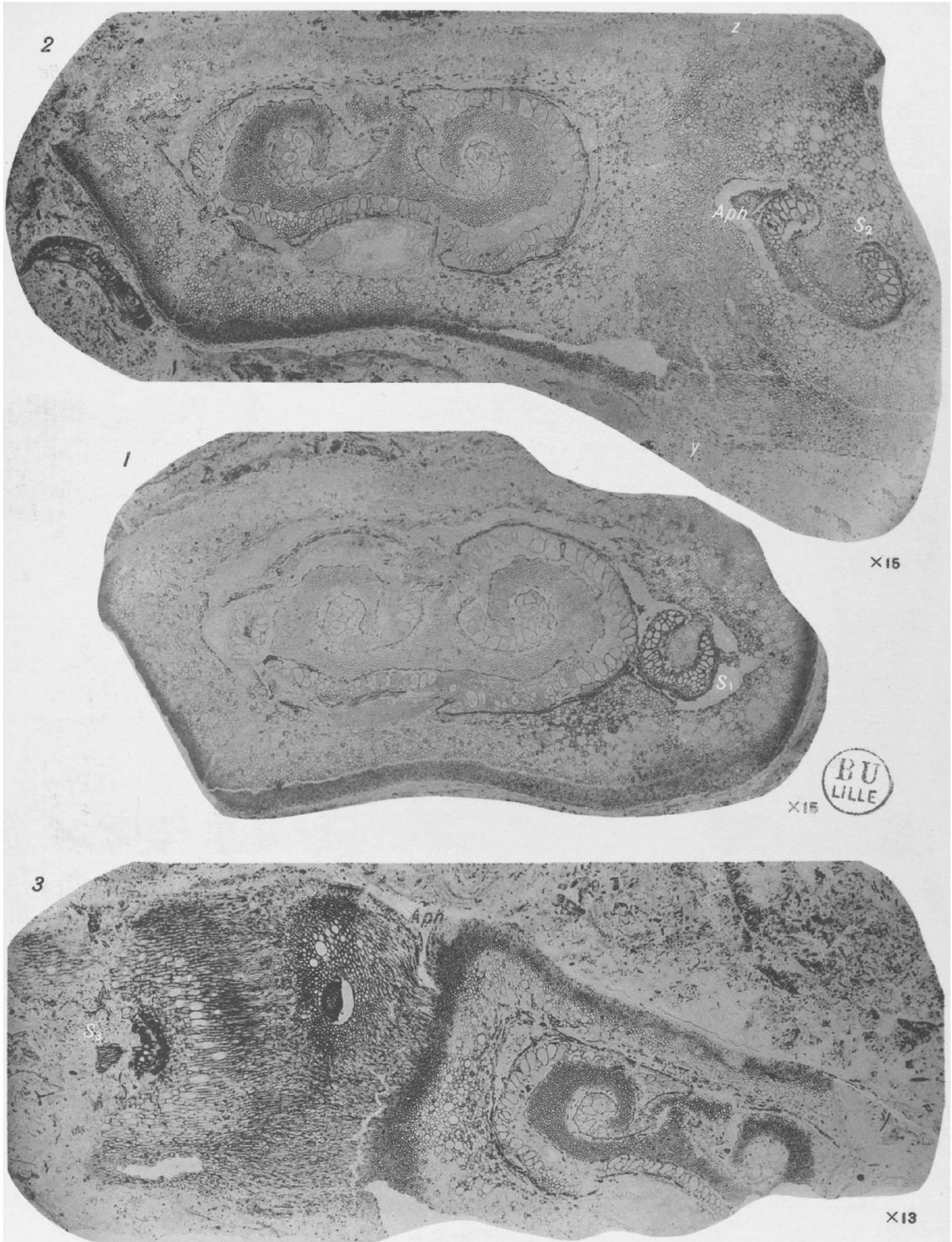
Fig. 3. — Section transversale du même pétiole située au-dessus des 2 précédentes (lame mince 80/53). Gr. = 13.

S_3 , sortie ;

Aph , aphilébie postérieure.

Origine. — Combrigolles (près de Grand' Croix).

ETAGE. — Stéphanien.



Imp. G. Boüan - Paris

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins



ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

PLANCHE XXV

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

1^{er} échantillon = N° 80/52-54

Fig. 1. — Arc vasculaire et partie des tissus extérieurs du pétiole fig. 2, Pl. XXIV (lame mince 80/54). Gr. = 25.

ep, épiderme ;
ts, tissu sclérifié ;
tf, tissu fondamental ;
Lm, lame médiane antérieure ;
Rg, *Rd*, arcs récepteurs ;
 Δg , Δd , pôles fondamentaux ;
P, pilier médian scléreux.
px, pôles sortants ;

Fig. 1 a. — Arc récepteur droit de l'arc vasculaire figuré en 1. Gr. = 60.

Δd , pôle fondamental ;
px, pôle sortant ;
l, liber.

Fig. 1 b. — Tissus corticaux du pétiole figure 1, région b. Gr. = 60.

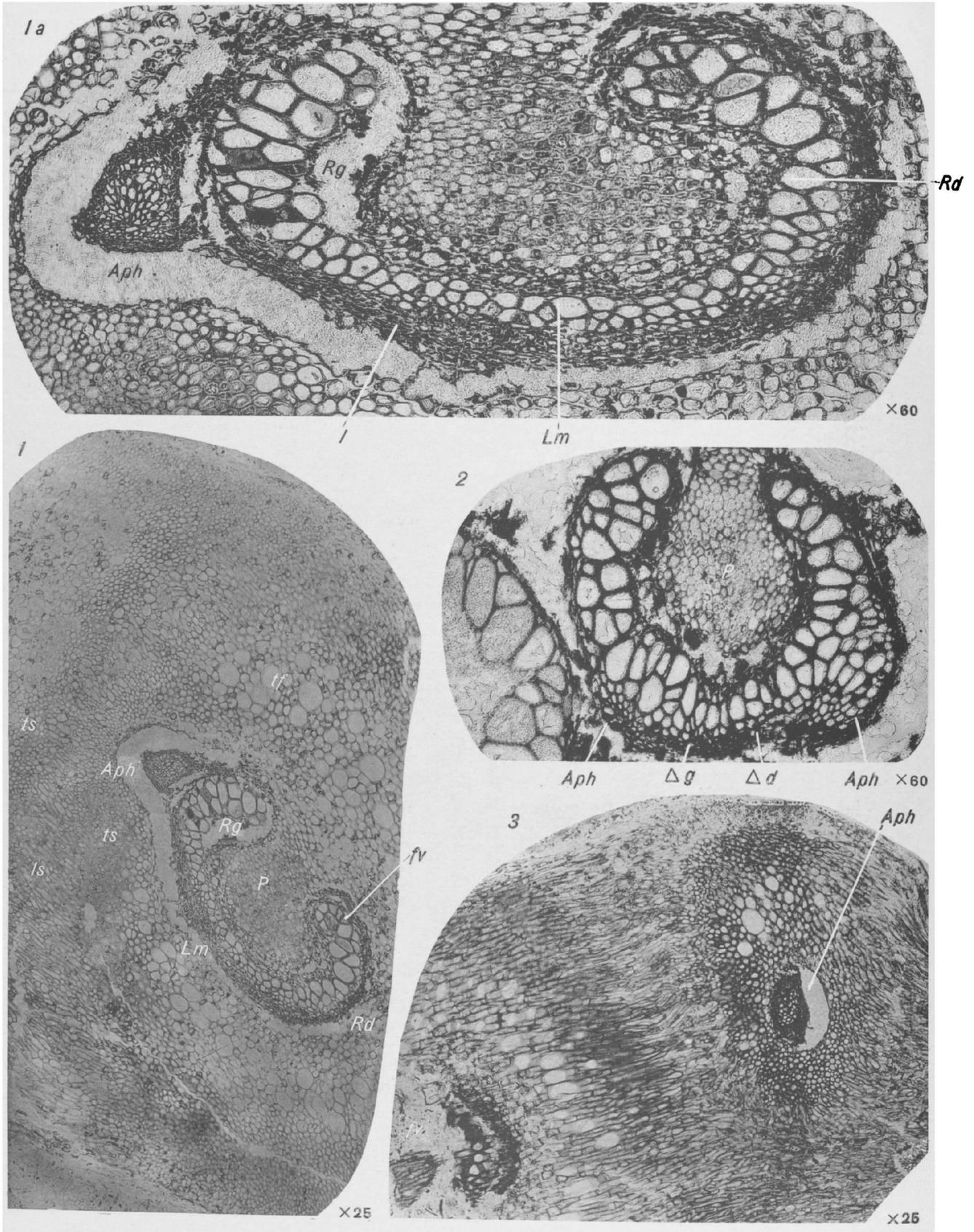
ep, épiderme ;
ts, tissu scléreux ;
tf, tissu fondamental.

Fig. 2. — Partie de la zone de séparation y z de la fig. 2, Pl. XXIV (lame mince 80/54). Gr. = 60.

tf, tissu fondamental ;
ts, tissu sclérifié.

Origine. — Combrigolles.

ETAGE. — Stéphanien.



ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

PLANCHE XXVI

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

1^{er} échantillon = 80/52-54.

Fig. 1. — Partic d'un pétiole secondaire encore adhérent au pétiole primaire (ensemble fig. 2, Pl. XXIV). Lame mince 80/54. Gr. = 25.

fv, faisceau vasculaire ;
Lm, lame ligneuse médiane artérielle ;
Rg, *Rd*, arcs récepteurs ;
P, pilier médian ;
Aph, aphilébie (sortie hâtive) ;
tf, tissu fondamental ;
ts, tissu scléreux ;
ls, région où se fera la séparation des 2 pétioles.

Fig. 1 a. — Arc vasculaire du pétiole précédent. Gr. = 60.

Lm, *Rg*, *Rd*, *Aph*, mêmes annotations que fig. 1.
l, liber.

Fig. 2. — Arc vasculaire du même pétiole au niveau où celui-ci vient de se séparer du faisceau du pétiole primaire (lame mince 80/52). Gr. = 60. (ensemble fig. 1, Pl. XXIV).

Δg , Δd , pôles fondamentaux ;
Aph, Aphilébies (sorties hâtives).

Fig. 3. — Partie du pétiole secondaire à un niveau situé au-dessus de la fig. 1, et aphilébies (sortie hâtive). Lame mince 80/53. Gr. = 25. (ensemble fig. 3, Pl. XXIV).

fv, arc vasculaire du pétiole secondaire ;
Aph, aphilébie.

Origine. — Combrigolles.

ETAGE. — Stéphanien.

PLANCHE XXVII

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

1^{er} échantillon = N^o 80/52-55

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire (lame mince 80/53). Gr. = 25.

Fig. 2. — Section longitudinale (80/55) effectuée dans le silex ayant donné 80/52-54. Gr. = 36.

B, B', B'', bois ;

ts, ts', ts'', tissu scléreux ;

tj, tj', tissu parenchymateux ;

tsf, tissu parenchymateux mêlé de fibres scléreuses.

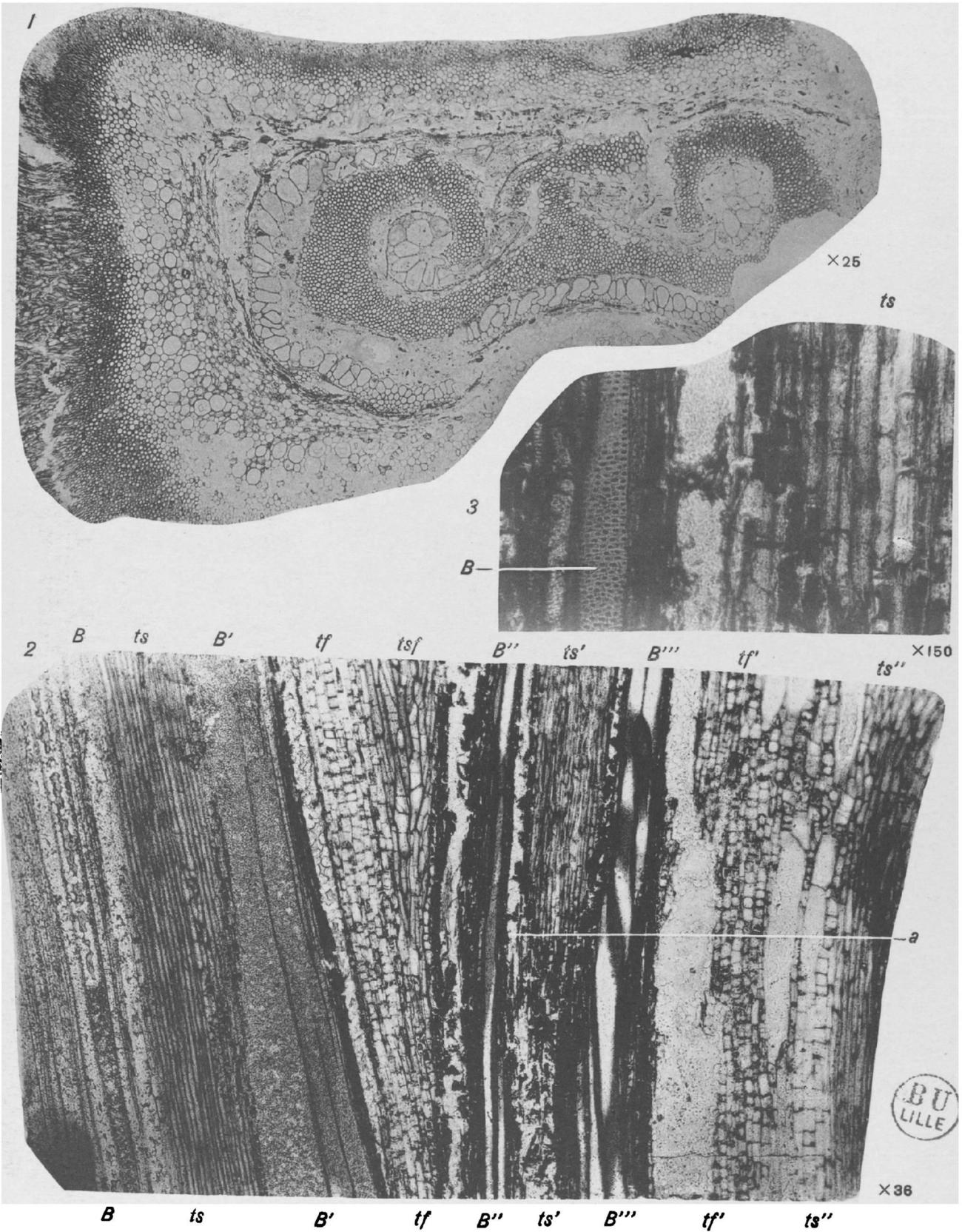
Fig. 3. — Détail de la figure 2, région *a*. Gr. = 150.

B, bois ;

ts, tissu scléreux.

Origine. — Combrigolles.

ETAGE. — Stéphanien.



ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

PLANCHE XXVIII

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

2° échantillon = 80/61-63 ; 4° échantillon = N° 1705, 5° échantillon = N° 1710

Fig. 1. — Arc vasculaire d'un pétiole primaire. Lame mince 80/61. Gr. = 30.

Ce pétiole est de plus petite taille que ceux qui ont été étudiés précédemment la lame ligneuse est moins enroulée. Cette section appartient probablement à une région située vers le sommet d'une fronde.

Fig. 2. — Section transversale effectuée dans le même pétiole (fig. 1). Lame mince 80/63. Gr. = 25.

S, sortie ;

Aph, aphilébie antérieure.

Fig. 3. — Section transversale d'un pétiole primaire. Lame mince 1705, T₂. Gr. = 20.

S, sortie ;

Aph, aphilébie antérieure.

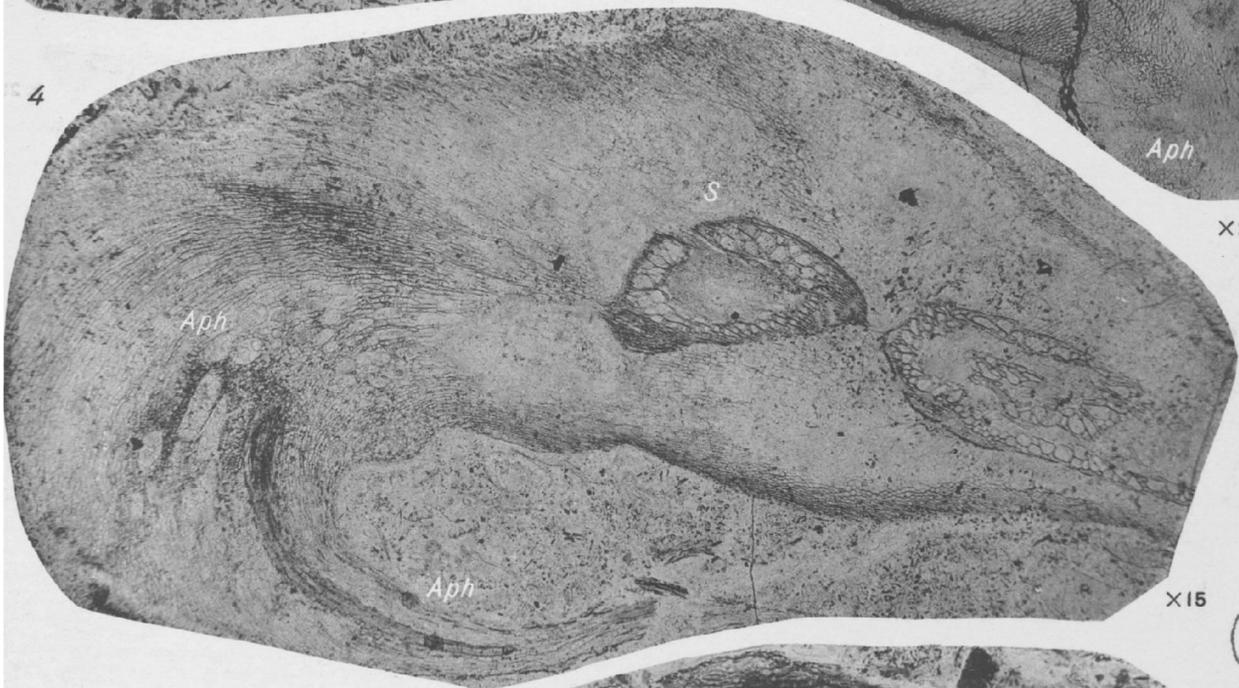
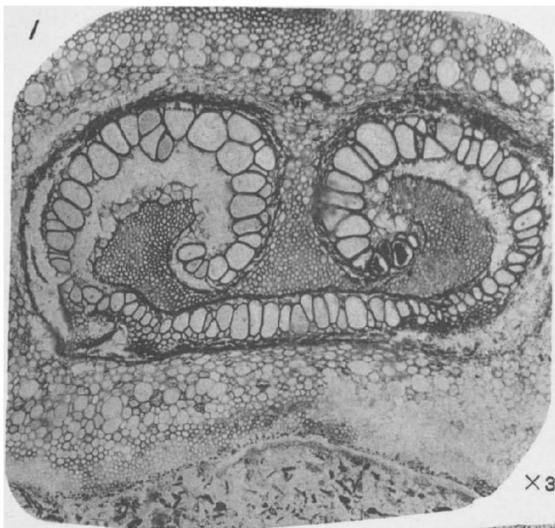
Fig. 4. — Section transversale d'un pétiole primaire. Lame mince 1710, T₁. Gr. = 15.

S, sortie ;

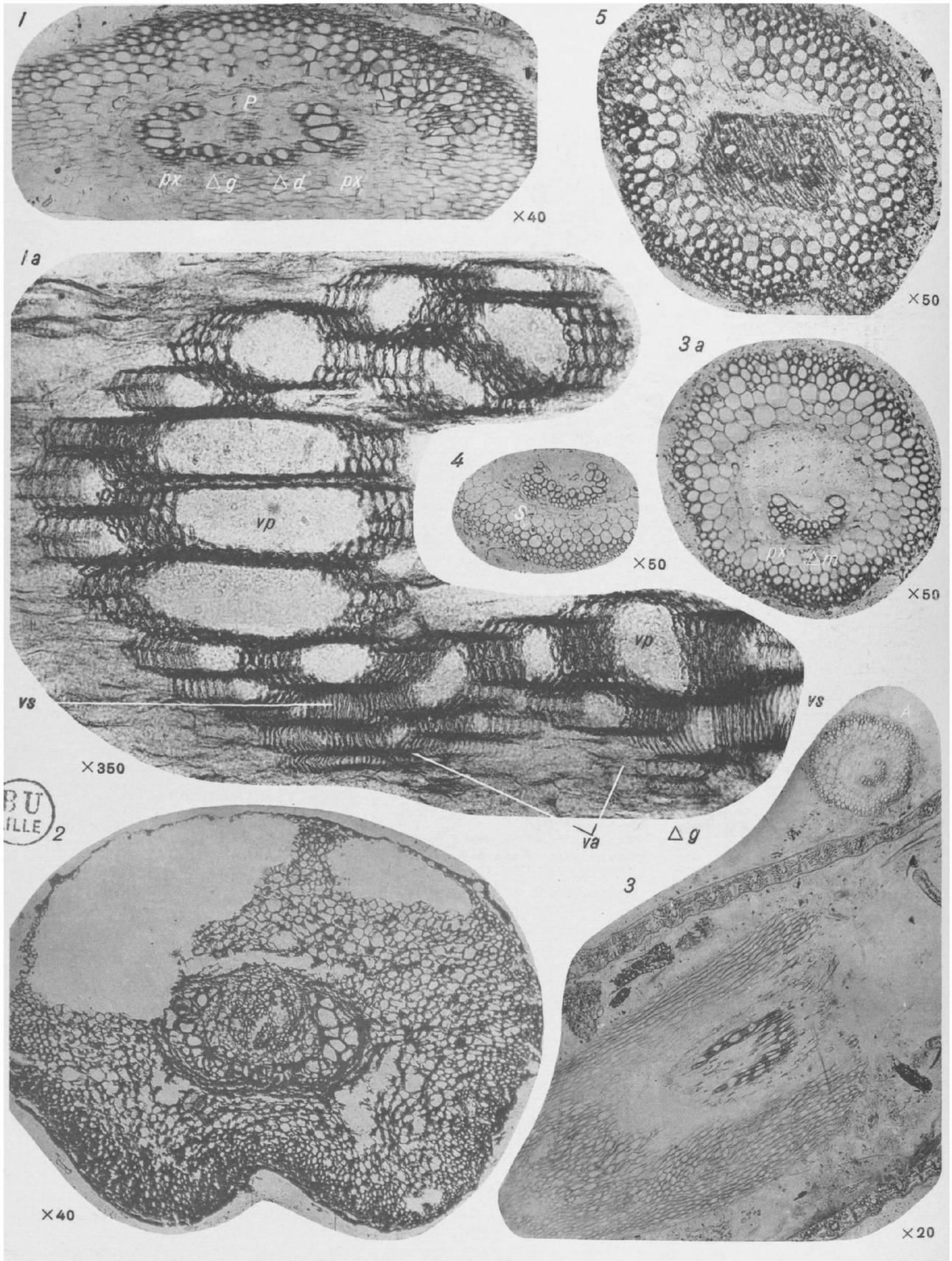
Aph, aphilébie antérieure.

Origine. — Grand' Croix (1705-1710) et Combrigolles (80/61-63).

ÉTAGE. — Stéphanien.



ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins



ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

PLANCHE XXIX

ANACHOROPTERIS INVOLUTA Hoskins

7° échantillon = N° 1919

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole tertiaire (lame mince 1919, 2). Gr. = 40.

Δg , Δd , pôles fondamentaux ;

ρx , pôles sortants ;

P , pilier médian.

Fig. 1a. — Partie gauche de l'arc vasculaire du pétiole fig. 1. Gr. = 350.

va , trachées ;

vs , trachéides scalariformes ;

vp , trachéides ponctuées.

Fig. 2. — Section transversale d'un pétiole secondaire (l. m. 1919, 1). Gr. = 40.

Fig. 3. — Section transversale de ramifications ultimes (l. m. 1919,2). Gr. = 20.

A , pétiole figuré en 3a, même planche.

Fig. 3a. — Section transversale du pétiole A , fig. 3. Gr. = 50.

Δm , pôle fondamental médian ;

ρx , pôle sortant.

Fig. 4. — Section transversale du pétiole A à un niveau plus élevé (l. m. 1919, 1).

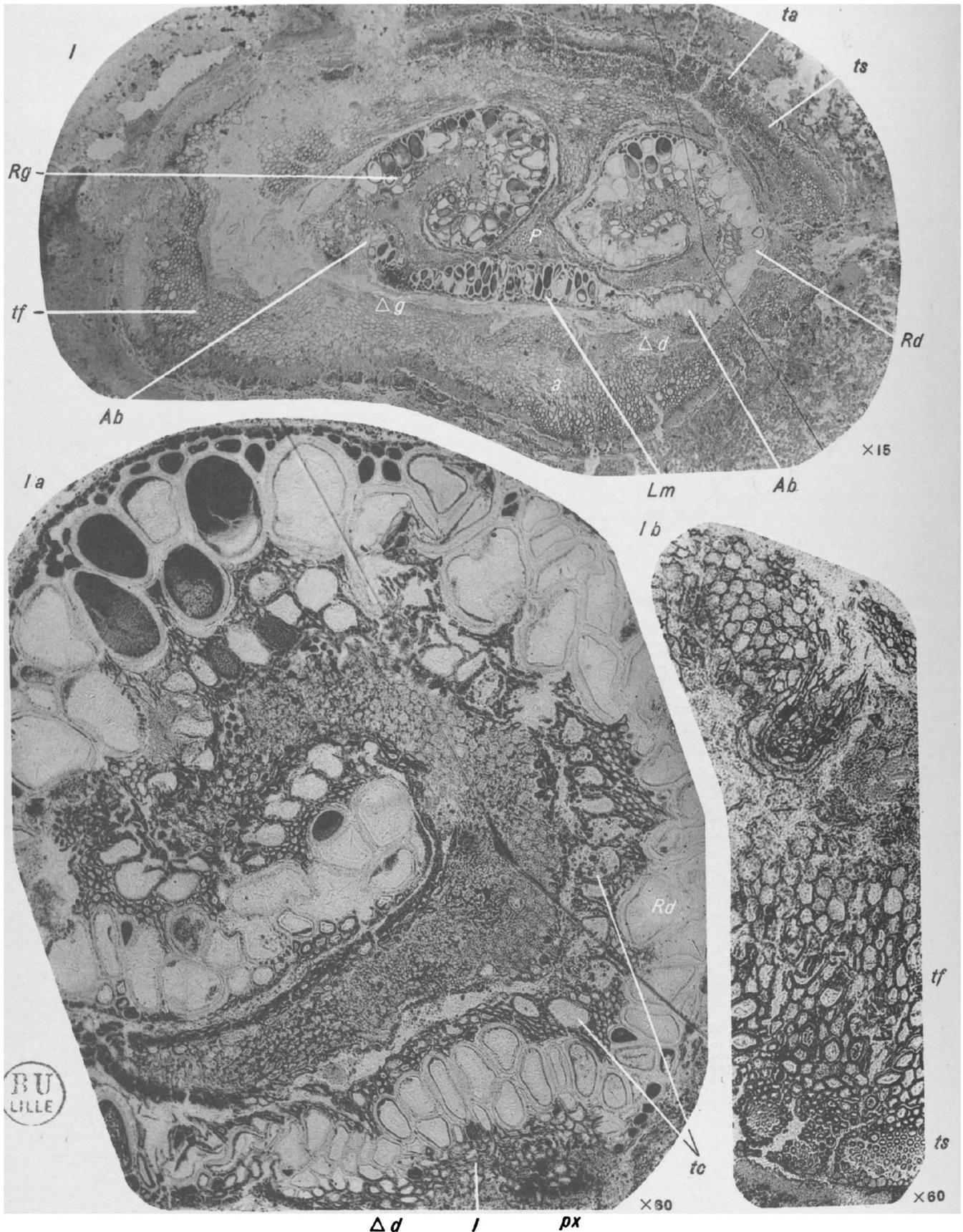
Gr. = 50.

S , sortie.

Fig. 5. — Section transversale d'un pétiole tertiaire (l. m. 1919,2) Gr. = 50.

Origine. — Grand' Croix.

ETAGE. — Stéphanien.



ANACHOROPTERIS GIGAS nov. sp.

PLANCHE XXX

ANACHOROPTERIS GIGAS nov. sp.

Echantillon d'Autun

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire. Gr. = 15. (Lame mince W. Hemingway)

Lm, lame ligneuse médiane antérieure ;
Ab, arcs basilaires antérieurs ;
Rg, *Rd*, arcs récepteurs ;
 Δg , Δd , pôles fondamentaux ;
P, pilier médian ;
tf, parenchyme fondamental ;
ts, tissu sclérifié ;
ta, tissu assimilateur.

Fig. 1a. — Arc récepteur droit du faisceau vasculaire du pétiole précédent. Gr. = 60.

Rd, arc récepteur droit ;
 Δd , pôle fondamental droit ;
px, pôle sortant ;
l, liber ;
tc, tubes criblés.

Fig. 1 b. — Zone corticale du pétiole précédent. Région *a* de la figure 1. Gr. = 60.

l, liber ;
tf, parenchyme fondamental ;
ts, tissu scléreux.

Origine. — Autun (Saône et Loire).

ETAGE. — Permien inférieur.

PLANCHE XXXI

1. — ANACHOROPTERIS GIGAS nov. sp.
2 — ANACHOROPTERIS PULCHRA (= *A. rotundata*) Corda
3. — ANACHOROPTERIS CIRCULARIS nov. sp
-

Fig. 1. — Partie gauche de la section transversale figuré en 1 Pl. xxx. Gr. = 60.
Echantillon d'Autun.

Rg, arc récepteur gauche ;

l, liber ;

B, boucle sortante résultant de la préparation d'une sortie.

Fig. 2. — Section transversale d'un pétiole secondaire d'*Anachoropteris pulchra* (= *A. rotundata*). Echantillon 1912 de Grand' Croix. Gr. = 30.

Δd , Δg , pôles fondamentaux ;

px, pôles sortants ;

a, *c*, poils coupés longitudinalement ;

b, *d*, poils coupés transversalement.

Fig. 3. — Section transversale d'un pétiole primaire d'*Anachoropteris circularis*.
Lame mince 77/6. Gr. = 15.

Lm, lame médiane antérieure ;

Rd, *Rg*, arcs récepteurs ;

Δd , Δg , pôles fondamentaux ;

px, pôles sortants ;

tf, parenchyme fondamental ;

ts, tissu scléreux.

Origine. — Fig. 1 et 3. Autun.

Fig. 2. Grand' Croix.

ÉTAGE. — Fig. 1 et 3. Permien inférieur,

Fig. 2. Stéphanien moyen.

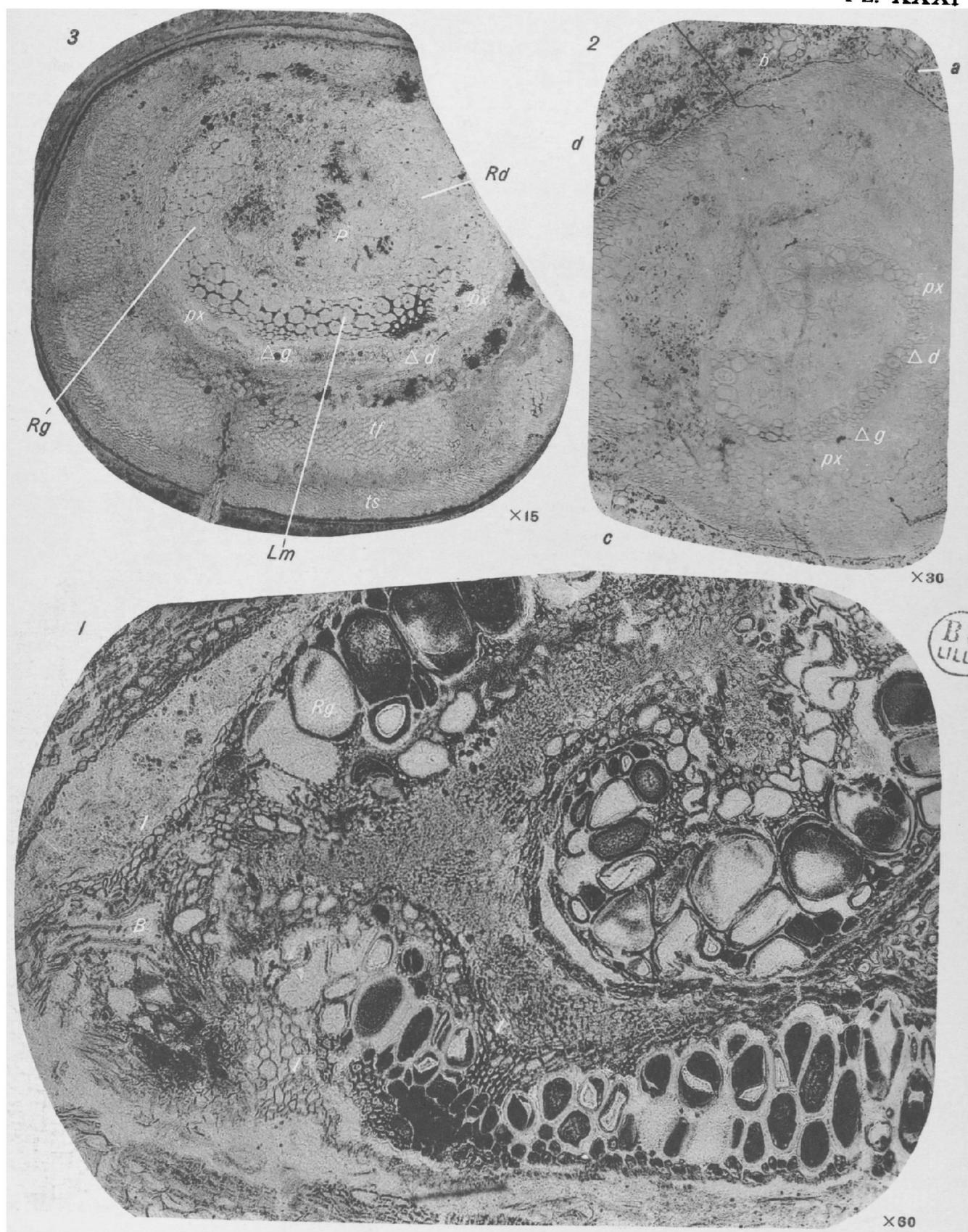


Fig. 1. - ANACHOROPTERIS GIGAS nov. sp.
 Fig. 2. - ANACHOROPTERIS PULCHRA Corda
 Fig. 3. - ANACHOROPTERIS CIRCULARIS nov. sp.

PLANCHE XXXII

ANACHOROPTERIS PULCHRA Corda.

Echantillon 80/12-14

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire. Lam. mince 80 14. Gr. = 20.

Lm, lame ligneuse médiane antérieure ;

Rg, *Rd*, arcs récepteurs ;

Δg , pôle fondamental gauche ;

Ab, arcs basilaires ;

px, pôles sortants ;

P, pilier médian ;

tj, parenchyme fondamental ;

ts, tissu scléreux ;

G, gouttière antérieure.

Fig. 2. — Section longitudinale effectuée dans le silex ayant livré la lam. mince précédente. Lam. mince 80/12. Gr. = 17.

p, poil ;

ts, tissu scléreux ;

tj, parenchyme fondamental ;

B, bois ;

a, région figurée à un plus fort grossissement fig. 2 *a*, même planche.

b, région figurée à un plus fort grossissement fig. 2 *b*, même planche.

Fig. 2 *a*. — Région *a* de la figure 2. Gr. = 100.

Fig. 2 *b*. — Région *b* de la figure 2. Gr. = 100

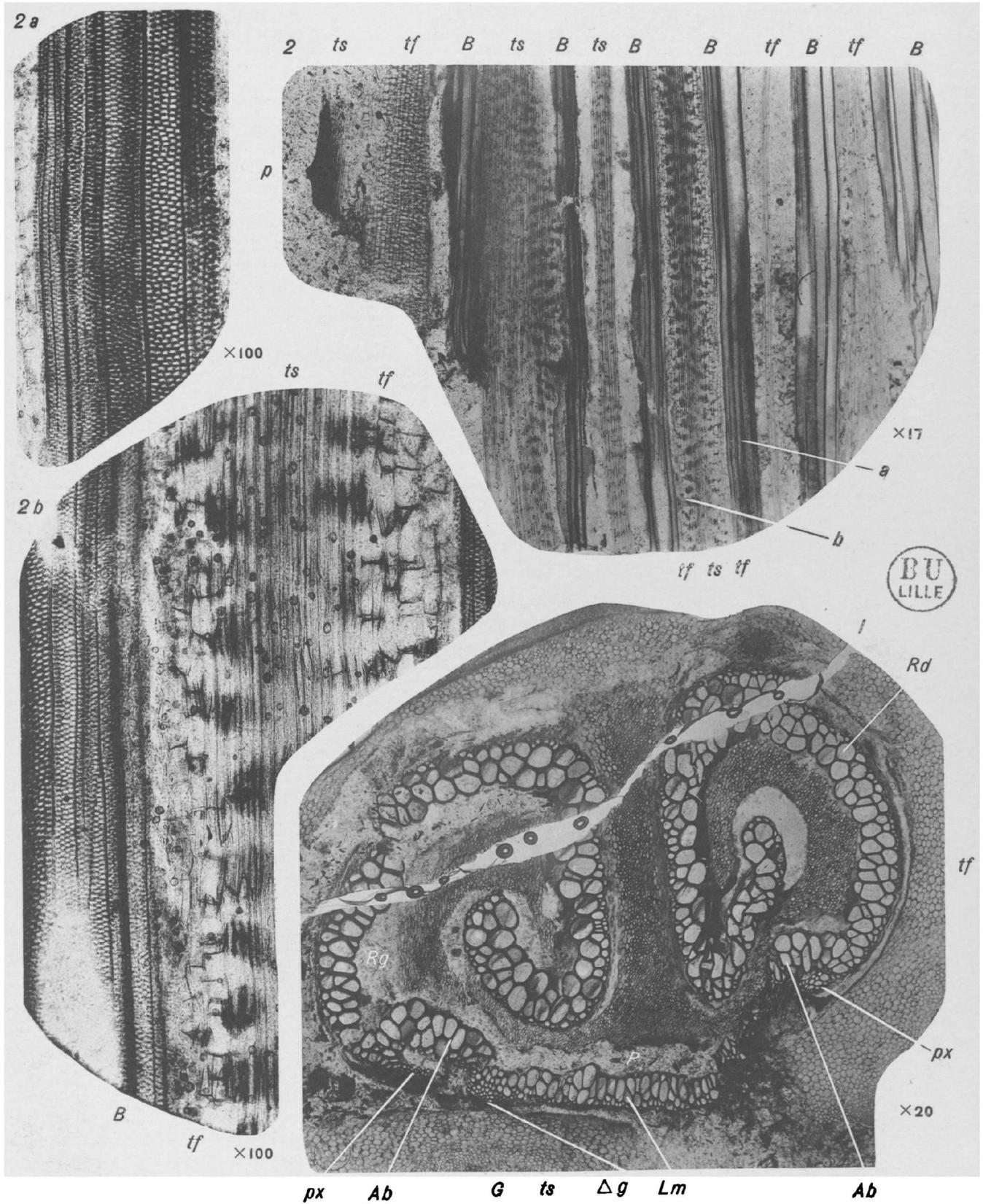
B, bois à ponctuations aréolées multisériées ;

tj, parenchyme fondamental ;

ts, tissu scléreux.

Origine. — Combrigolles.

ETAGE. — Stéphanien.



Imp. G. Boüan - Paris

ANACHOROPTERIS PULCHRA Corda



ANACHOROPTERIS OVATA nov. sp.

PLANCHE XXXIII
ANACHOROPTERIS OVATA nov. sp.

Echantillon 80/8

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire. Lame mince 80/8. Gr. = 15.

Lm, lame ligneuse médiane ;
Ab, arc basilaire ;
Rd, et *Rg*, arcs récepteurs ;
 Δd , et Δg , pôles fondamentaux ;
px, pôles sortants ;
tf, parenchyme fondamental ;
ts, tissu scléreux ;
a, région où l'arc ligneux se ressoude ;
b, région figurée en 1c ;
S, sortie.

Fig. — 1a. — Moitié gauche de l'arc ligneux du pétiole précédent et sortie adjacente.
Gr. = 60.

Δd , *px*, mêmes annotations que figure 1.
 $\Delta'g$, $\Delta'd$, pôles fondamentaux de la sortie ;
px' pôles sortants ;
P, pilier médian.

Fig. 1b. — Partie latérale antérieure droite du même faisceau. Gr. = 60.

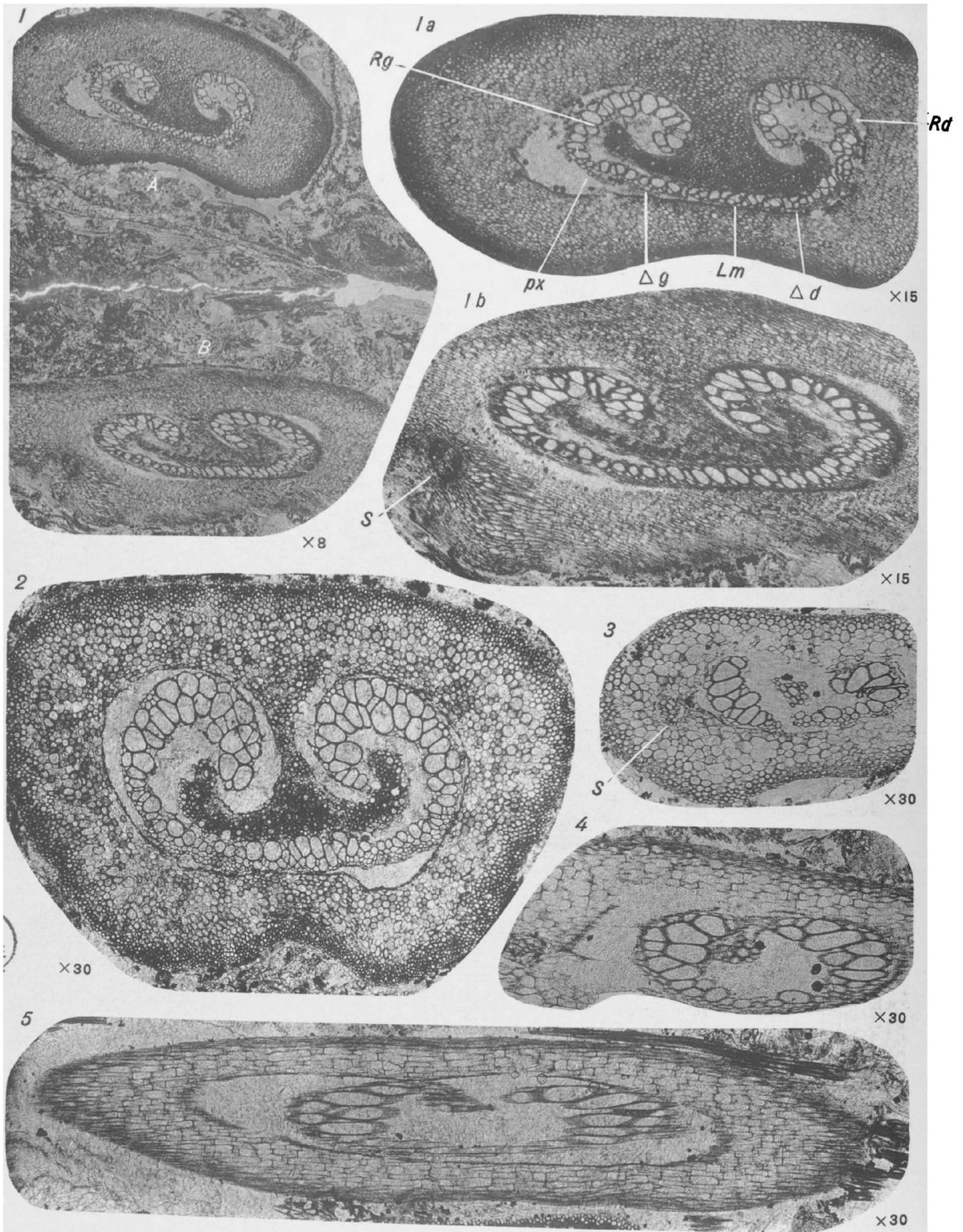
Δd , *px*, mêmes annotations que figure 1.

Fig. 1c. — Tissus corticaux du même pétiole, région *b*. Gr. = 60.

ts, tissu scléreux ;
tf, tissu fondamental.

Origine. — Autom.

ETAGE. — Permien inférieur.



ANACHOROPTERIS WILLIAMSONI Koopmans

PLANCHE XXXIV

ANACHOROPTERIS WILLIAMSONI Koopmans

Fig. 1. — Sections transversales de pétioles primaires. (Lame mince 356, Coll. M. Hovelacque). Gr. = 8.

A, pétiole figuré en *1a* ;

B, pétiole figuré en *1b* ;

Fig. 1a. — Section transversale du pétiole *A*, figure 1. Gr. = 15.

Lm, lame ligneuse médiane ;

Rg et *Rd*, arcs récepteurs ;

Δg et Δd , pôles fondamentaux ;

px, pôle sortant.

Fig. 1b. — Section transversale du pétiole *B*, fig. 1. Gr. = 15.

S, sortie.

Fig. 2. — Section transversale d'un pétiole primaire (Echantillon 1979, Lame mince 56). Gr. = 30.

Fig. 3. — Section transversale d'un pétiole secondaire (Echantillon 883, Lame mince T. 47). Gr. = 30.

S, sortie.

Fig. 4. — Section transversale d'un pétiole secondaire (Echantillon 883, Lame mince R. 12). Gr. = 30.

S, sortie.

Fig. 5. — Section oblique d'un pétiole secondaire. Gr. = 30. (Echantillon 883, Lame mince R. 11).

Origine. — 1. Oldham (Angleterre)

2. Shore (Angleterre)

3. 4. 5. Westphalie.

ETAGE. — Westphalien A.

PLANCHE XXXV

BOTRYOPTERIS FORENSIS Renault

Fig. 1. — Ensemble de la section transversale d'un pétiole. Lame mince 78/87 (Echantillon 78/87-89). Gr. = 7.

A, pétiole primaire ;

B, pétiole de *Botryopteris minor* nov. sp.

Fig. 1a. — Pétiole *A* de la figure 1. Gr. = 20.

Rg, *Rd*, arcs récepteurs ;

Ap, arc postérieur ;

Mm, masse médiane ;

tf, parenchyme fondamental ;

ts, tissu scléreux ;

ep, épiderme ;

p, poils.

Fig. 1b. — Partie antérieure du faisceau du pétiole *A*. Gr. = 60.

Δg et Δd , pôles fondamentaux ;

px_1 , px_2 , px_3 , px_4 , px_5 , px_6 , pôles sortants.

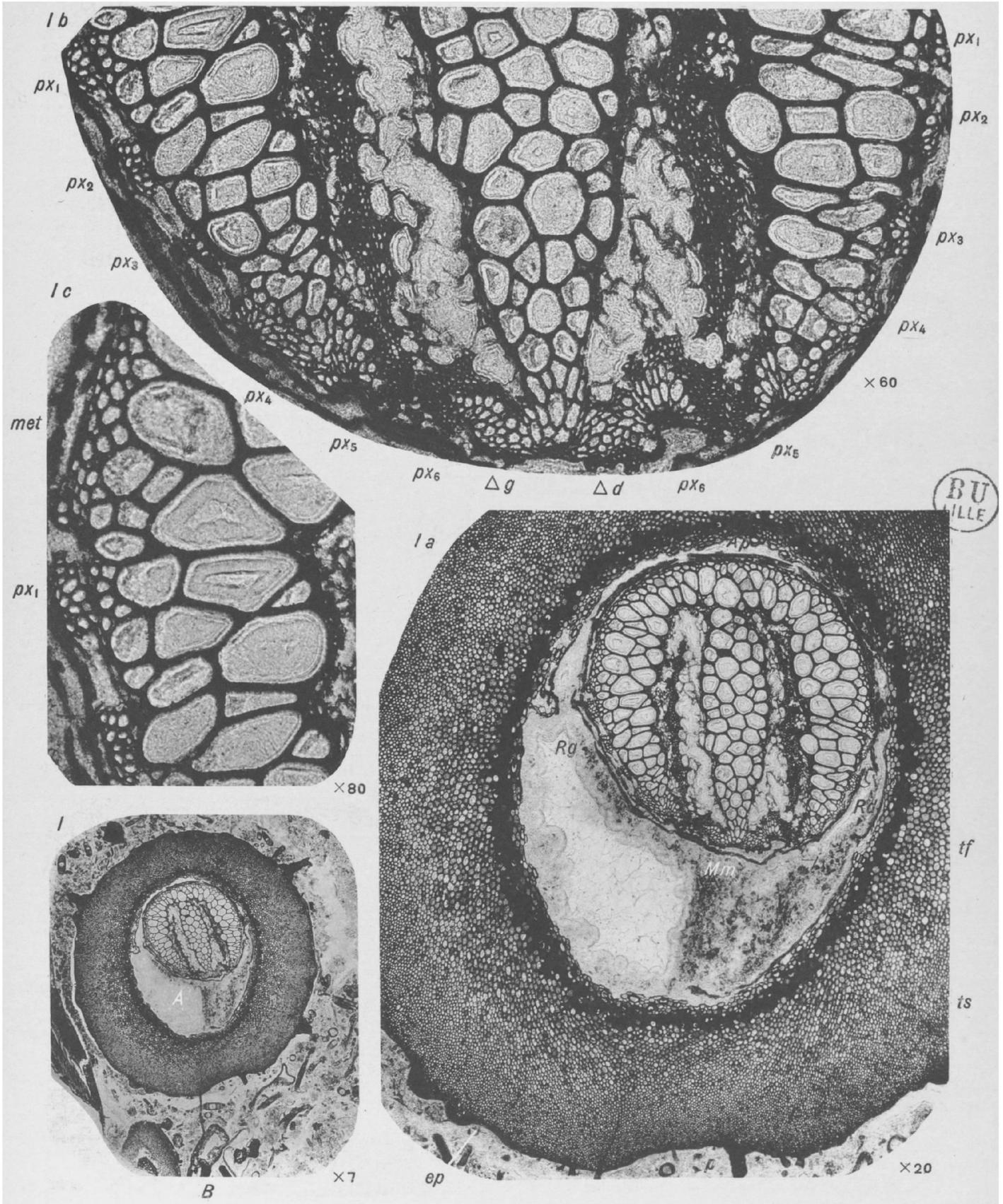
Fig. 1c. — Région d'insertion gauche du pétiole *A*. Gr. = 80.

px_1 , pôle sortant ;

met, métaxylème de la sortie.

Origine. — Combrigolles près de Grand' Croix (Bassin houiller de St.-Etienne).

ETAGE. — Stéphanien. Conglomérat de Grand' Croix.



BOTRYOPTERIS FORENSIS Renault

PLANCHE XXXVI

BOTRYOPTERIS FORENSIS Renault

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire (lame mince 78/85). Gr. = 20.

Fig. 1a. — Partie antérieure du faisceau de la fig. 1. Gr. = 80.

Mm, masse médiane ;

Rg et *Rd*, arcs récepteurs ;

Δg et Δd , pôles fondamentaux ;

px, pôle sortant ;

Sc, sclérenchyme.

Fig. 2. — Faisceau vasculaire d'un pétiole primaire en section transversale (lame mince 862.2). Gr. = 20.

Fig. 3. — Faisceau vasculaire du même pétiole, que fig. 2, coupé à un autre niveau (lame mince 862, 1). Gr. = 20.

*px*₁, *px*₂, *px*₃, pôles sortants. ▼

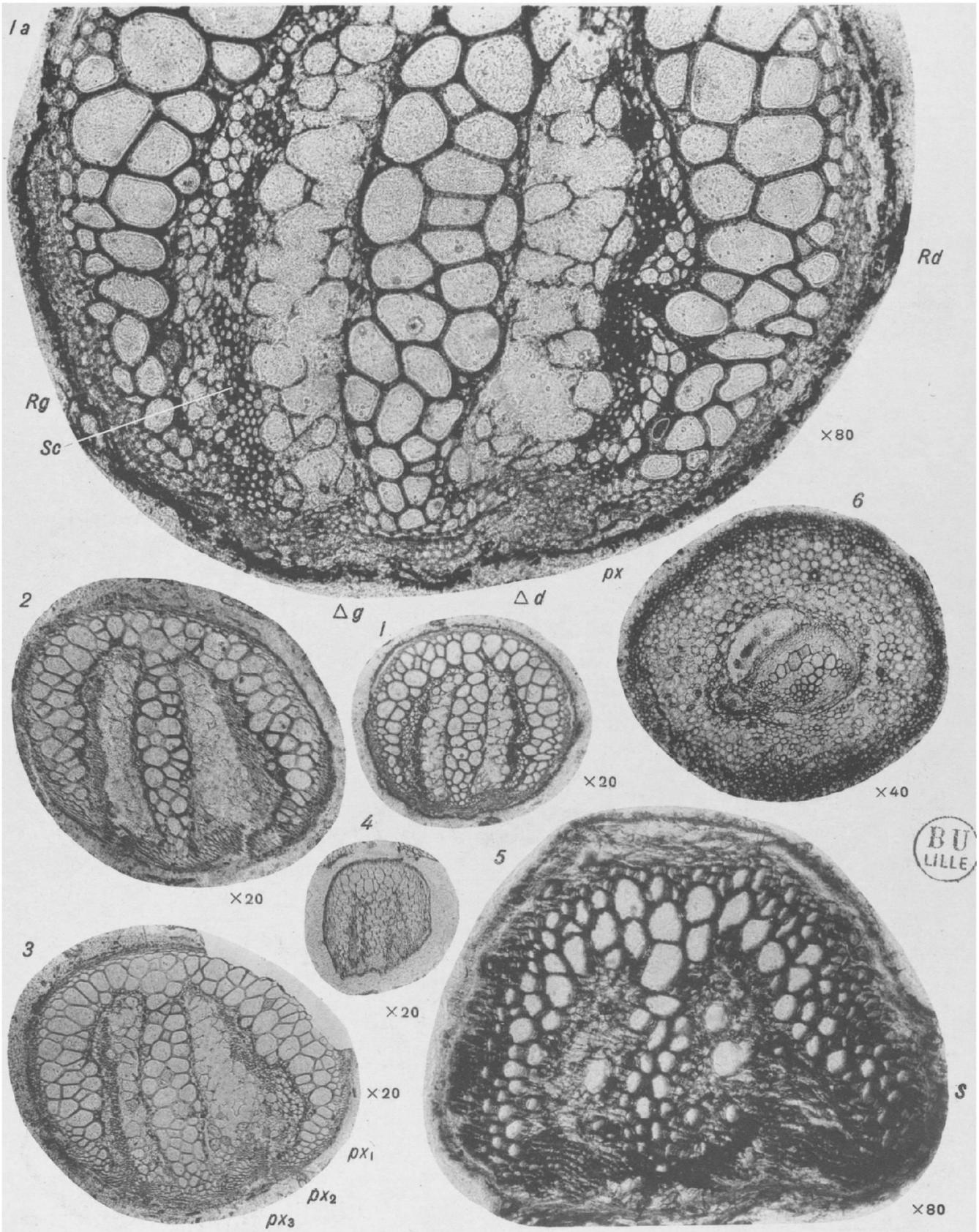
Fig. 4. — Section transversale d'un pétiole secondaire (lame mince 78/113). Gr. = 20.

Fig. 5. — Section transversale d'un pétiole secondaire (lame mince 78/103). Gr. = 80.

Fig. 6. — Section transversale d'un pétiole tertiaire (lame mince 1192/1). Gr. = 40.

Origine. — Combrigolles et Grand' Croix.

ÉTAGE. — Stéphanien inférieur. (Conglomérat de Grand' Croix).



BOTRYOPTERIS FORENSIS Renault

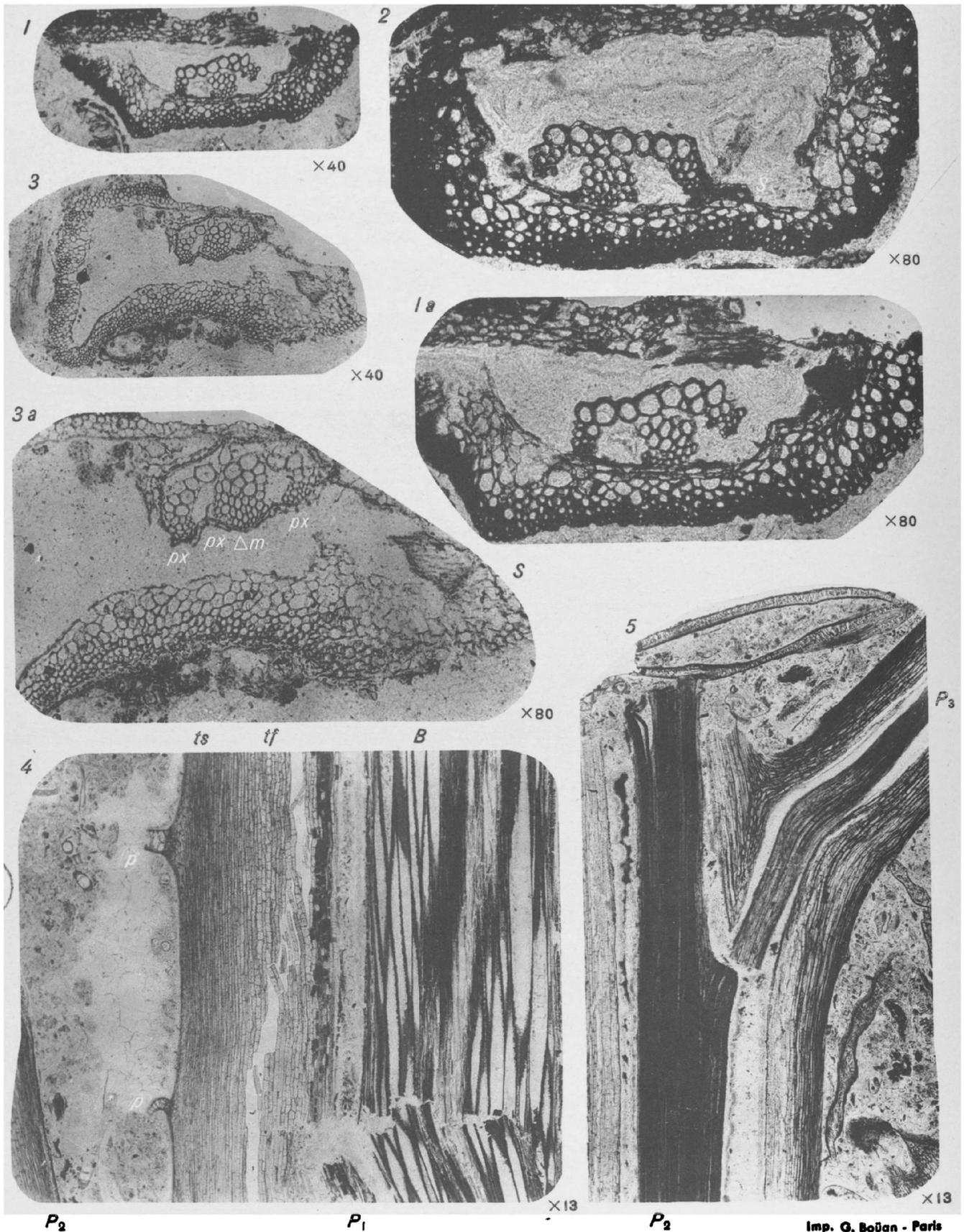


Fig. 1-3. - BOTRYOPTERIS MINOR nov. sp.

Fig. 4-5. - BOTRYOPTERIS FORENSIS Renault

Imp. G. Boüan - Paris

PLANCHE XXXVII

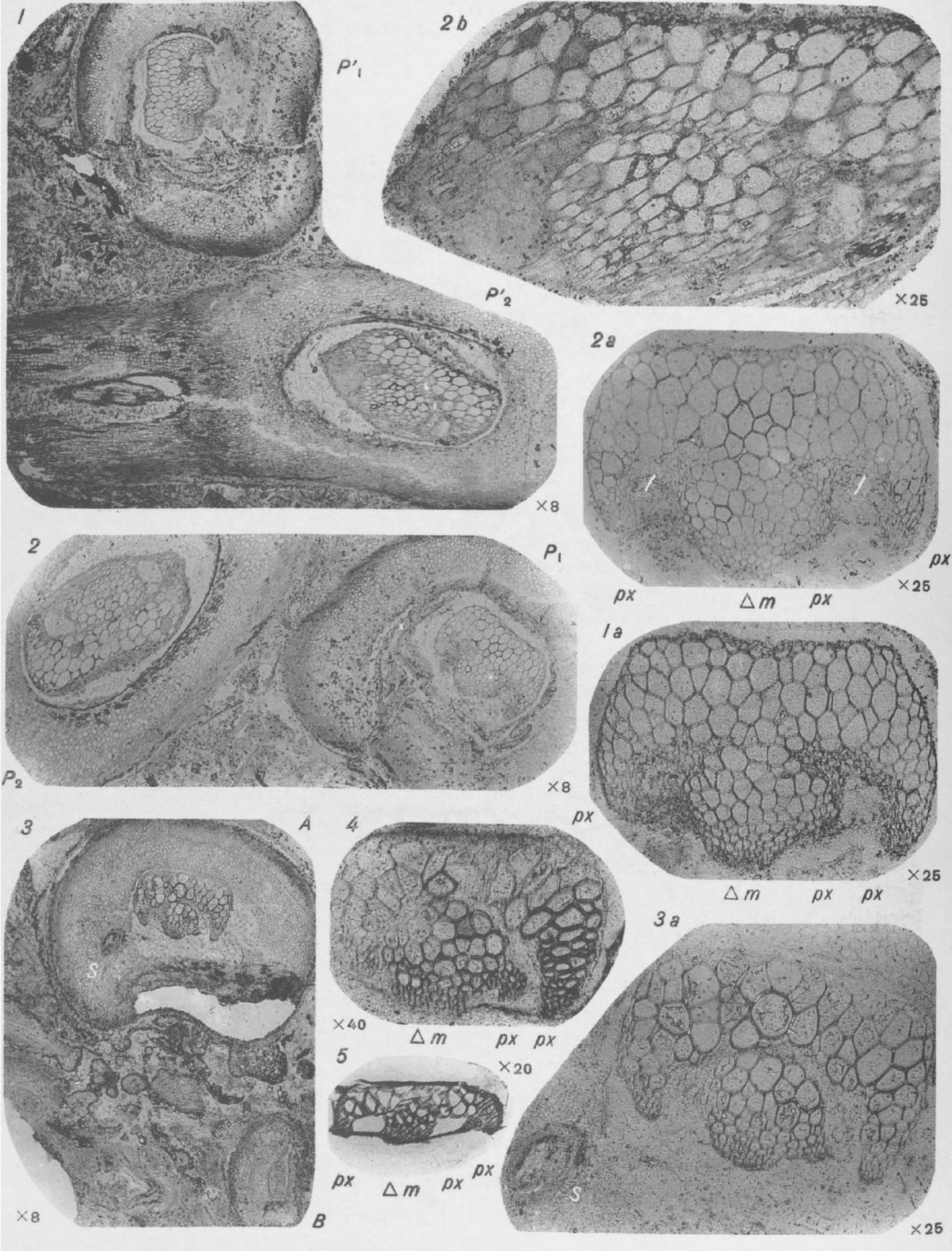
1-3 **BOTRYOPTERIS MINOR** nov. sp.

4-5 **BOTRYOPTERIS FORENSIS** Renault

- Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole (lame mince 78/89). Gr. = 40.
- Fig. 1_a. — Pétiole figuré en 1, même planche. Gr. = 80.
- Fig. 2. — Section du pétiole, figuré en 1 et 1_a, coupé à un niveau supérieur. (Lame mince 78/87) Gr. = 80.
- S, sortie.
- Fig. 3. — Section transversale d'un pétiole (lame mince 78/113). Gr. = 40.
- Fig. 3_a. — Partie du pétiole figuré en 3. Gr. = 80.
- Δm , pôle fondamental médian ;
- ρx , pôles sortants ;
- S, sortie.
- Fig. 4. — Coupe longitudinale exécutée dans l'échantillon 78/87-86 (lame mince 78/88). Gr. = 13.
- P_1 , pétiole primaire ;
- P_2 , pétiole secondaire ;
- ts , tissu scléreux ;
- tf , tissu fondamental parenchymateux ;
- B, bois.
- ρ , poils.
- Fig. 5. — Coupe longitudinale exécutée dans l'échantillon 78/103-104 (lame mince 78/104). Gr. = 13.
- P_2 , pétiole secondaire ;
- P_3 , pétiole tertiaire.

Origine. — Combrigolles près Grand' Croix.

ETAGE. — Stéphanien.



BOTRYOPTERIS RENAULTI C.-E. Bertrand et F. Cornaille

PLANCHE XXXVIII

BOTRYOPTERIS RENAULTI C. Eg. Bertrand et F. Cornaille

Fig. 1. — Section transversale de deux pétioles primaires. Lame mince 2418, T₂ (échantillon 2418). Gr. = 8.

P_1' , Section de pétiole correspondant à P_1 de la fig. 2, mais situé à un niveau inférieur.

P_2' , section de pétiole correspondant à P_2 de la fig. 2, mais situé à un niveau inférieur.

S, sortie.

Fig. 1a. — Faisceau foliaire du pétiole P_1' de la fig. 1. Gr. = 25.

Δm , pôle fondamental médian ;

px , pôles sortants.

Fig. 2. — Section transversale de 2 pétioles primaires. Lame mince 2418, T₁. (Echantillon 2418). Gr. = 8.

Cette lame mince se place en-dessus de 2418, T₂.

P_1 , P_2 , pétioles.

Fig. 2a. — Faisceau foliaire du pétiole P_1 , de la fig. 2. Gr. = 25.

Δm , pôle fondamental médian ;

px , pôles sortants ;

l , liber.

La masse ligneuse centrale est attachée aux pièces réceptrices.

Fig. 2b. — Faisceau foliaire du pétiole P_2 , de la fig. 2. Gr. = 25.

La lame centrale de ce faisceau qui, à un niveau inférieur (Fig. 1 P_2') était largement adhérente aux pièces réceptrices est là sur le point de se détacher de celles-ci.

Fig. 3. — Section transversale d'un pétiole primaire (A) et d'un pétiole secondaire (B). Lame mince 2422, T₁. Gr. = 8.

S, sortie du pétiole primaire.

Fig. 3a. — Faisceau du pétiole A. Lame mince 2422, T₁. Gr. = 25.

S, sortie.

La masse ligneuse centrale est libre.

Fig. 4 — Section transversale d'un faisceau d'un pétiole primaire (lame mince 862,2). Gr. = 40.

Δm , pôle fondamental médian ;

px , pôles sortants.

Fig. 5. — Faisceau d'un pétiole secondaire (lame mince 76/86). Gr. = 20.

Δm , pôle fondamental ;

px , pôle sortant.

Origine. — Grand' Croix.

ETAGE. — Stéphanien.

PLANCHE XXXIX

BOTRYOPTERIS RENAULTI C. Eg. Bertrand et F. Cornaille

Fig. 1. — Section transversale d'un pétiole primaire. Lame mince 76/46. Gr. = 20.

ts, tissu scléreux ;
tf, parenchyme fondamental ;
end, endoderme.

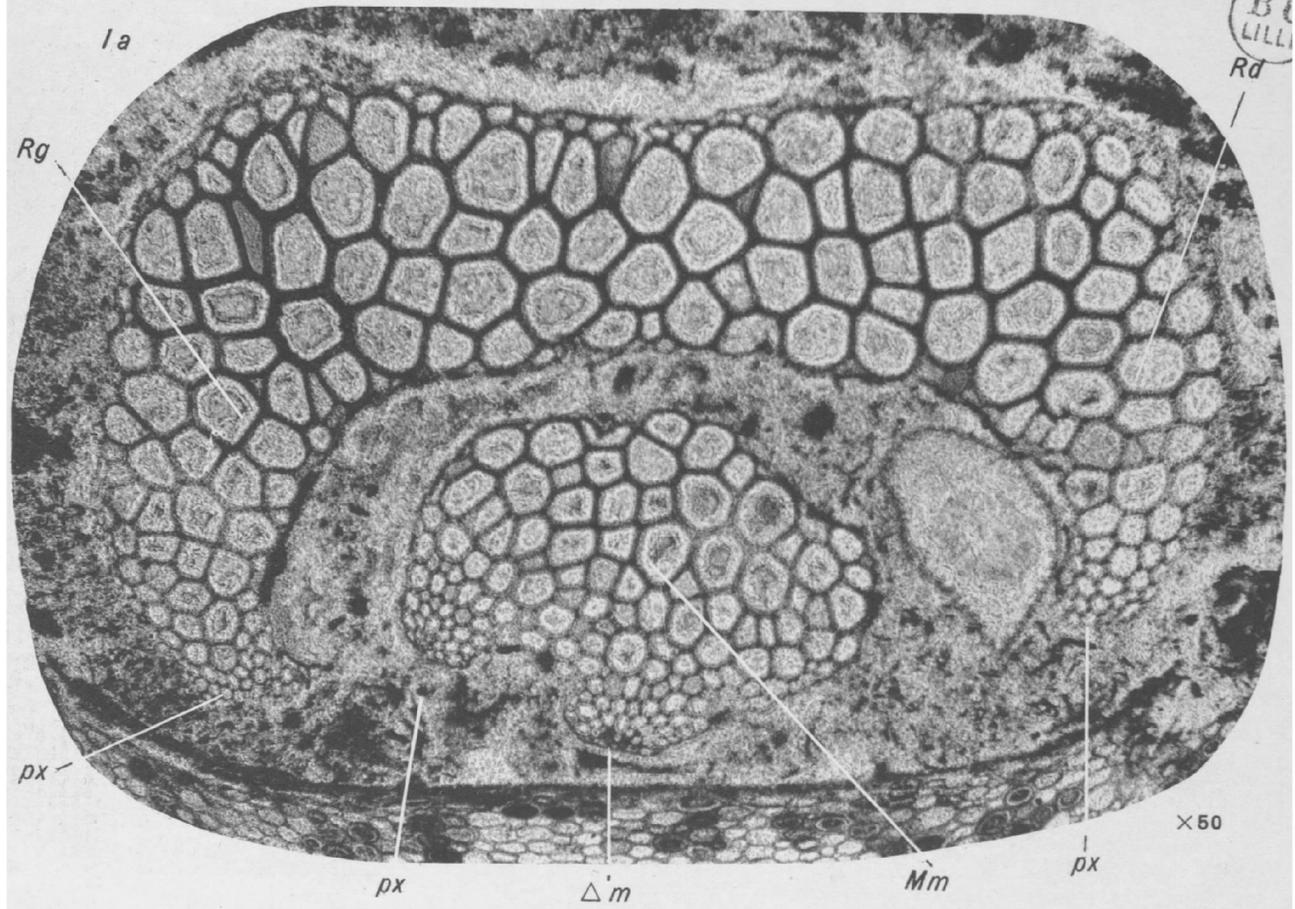
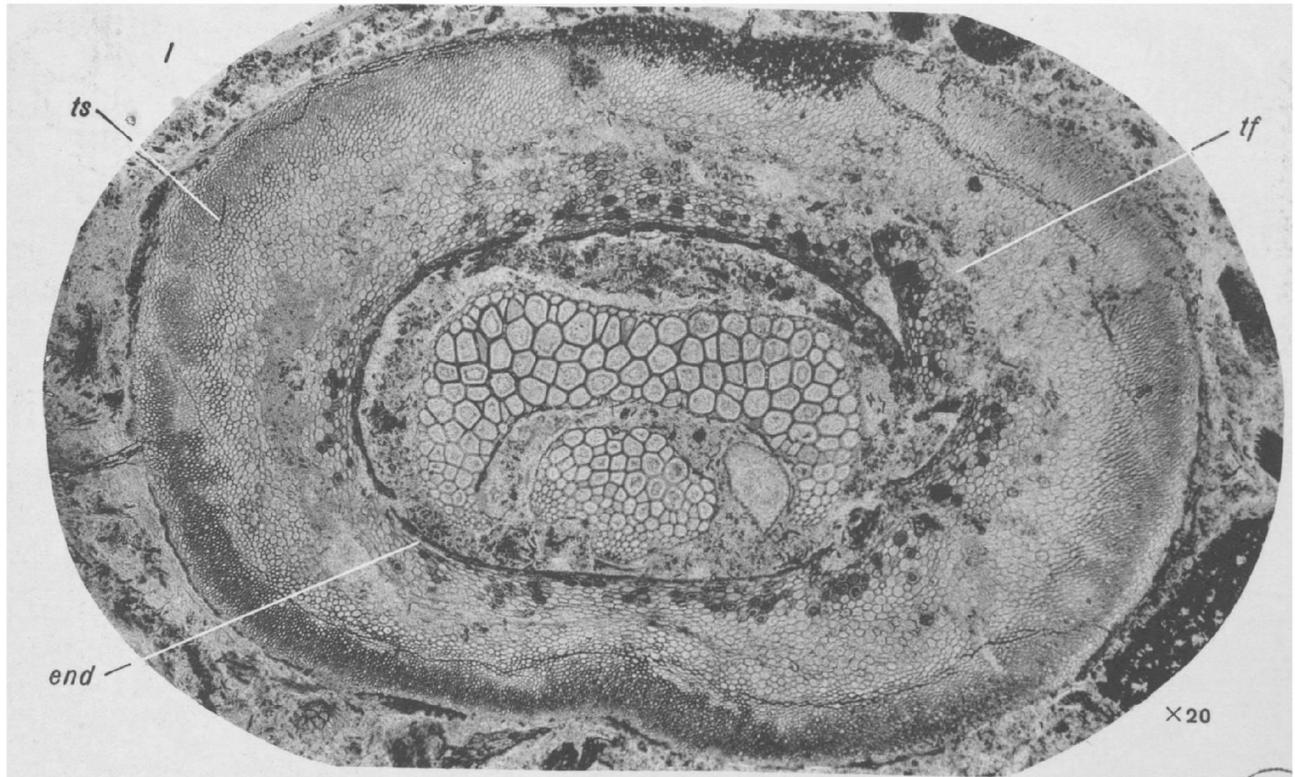
Au centre, le faisceau ligneux, dont la masse médiane est complètement indépendante de l'arc postérieur.

Fig. 1a. — Faisceau foliaire de la fig. 1. Gr. = 50.

Mm, masse médiane ;
Ap, arc postérieur ;
Rg et *Rd*, arcs récepteurs ;
 Δm , pôle fondamental médian,
px, pôles sortants.

Origine. — Combrigolles près Grand'Croix.

ETAGE. — Stéphanien.



BOTRYOPTERIS RENAULTI C.-E. Bertrand et F. Cornaille

PLANCHE XL

BOTRYOPTERIS RENAULTI C. Eg. Bertrand et F. Cornaille

Fig. 1. — Faisceau foliaire d'un pétiole primaire coupé obliquement (Lame mince 1218. M III). Gr. = 10.

Fig. 1a. — Faisceau foliaire précédent au grossissement 40.

Δm , pôle fondamental médian ;

ρx , pôles sortants.

Fig. 2. — Tissu extérieur du pétiole 76/46. Gr. = 50.

tf , tissu fondamental parenchymateux ;

ts , tissu scléreux.

Fig. 3. — Section transversale d'un pétiole primaire (lame mince 76/86). Gr. = 20.

ts , tissu scléreux ;

tf , tissu fondamental parenchymateux ;

fv , faisceau vasculaire.

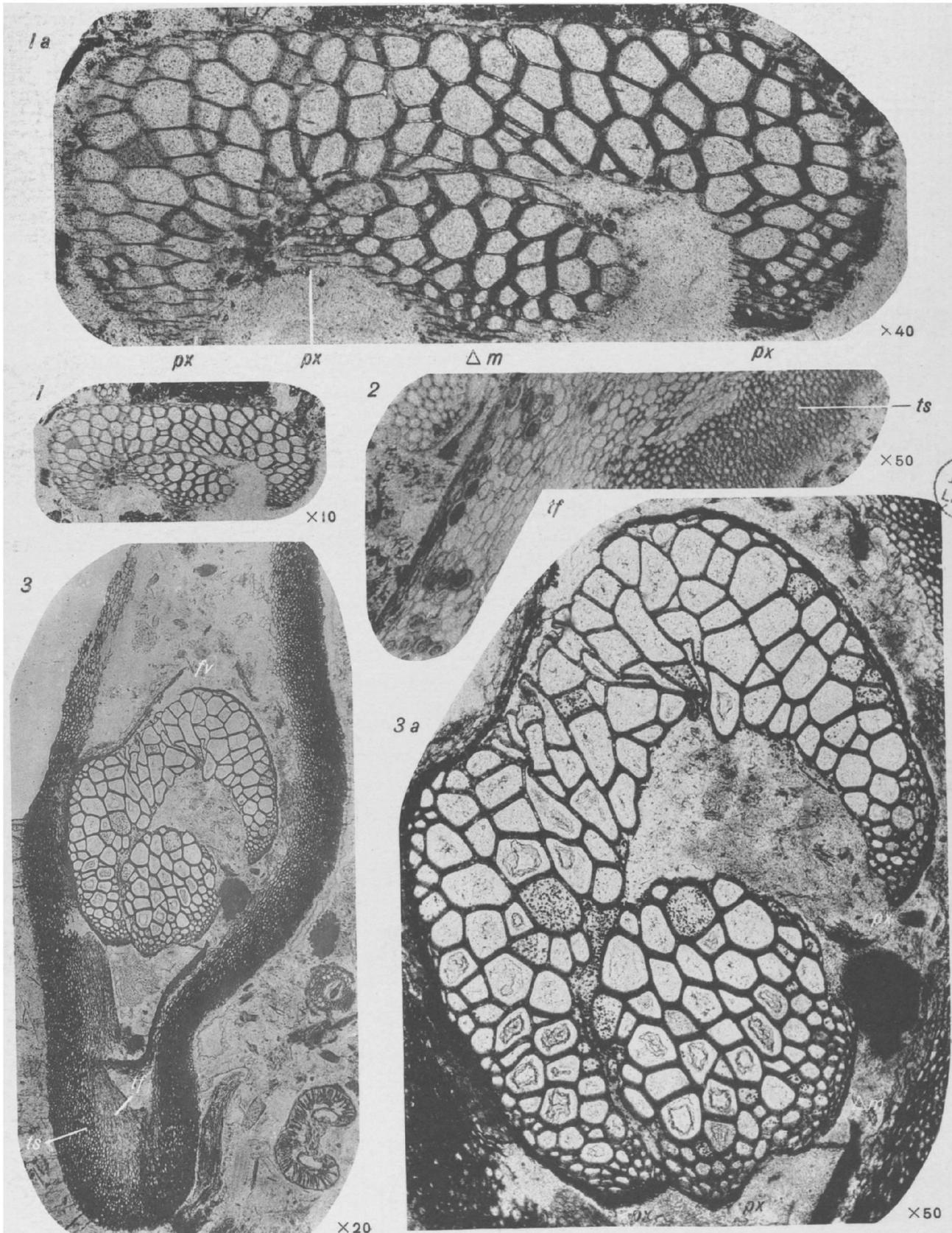
Fig. 3a. — Faisceau vasculaire du pétiole, fig. 3. Gr. = 50.

Δm , pôle fondamental médian ;

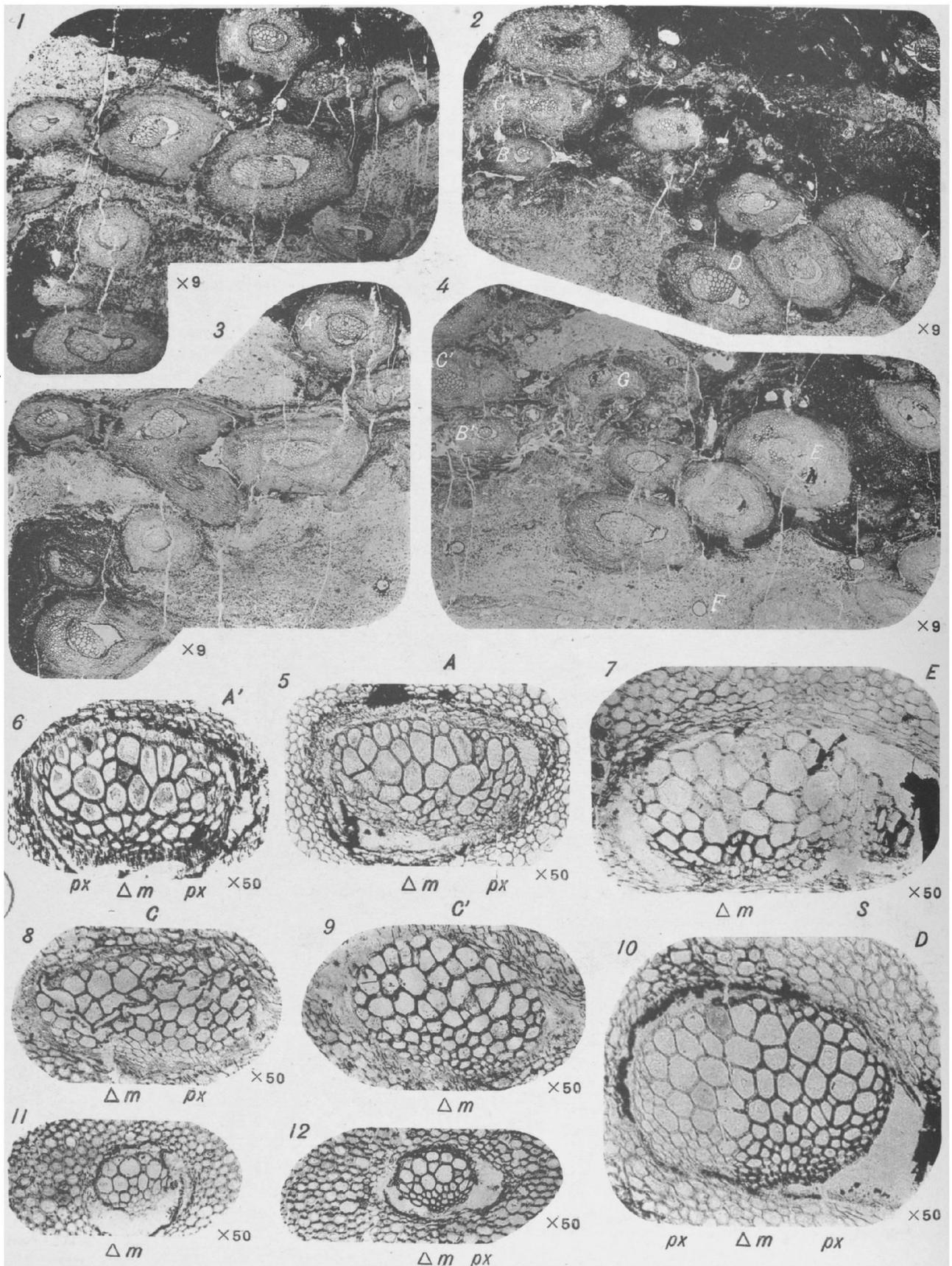
ρx , pôles sortants.

Origine. — Grand' Croix (1218) et Combrigolles (76/86).

ÉTAGE. — Stéphanien.



BOTRYOPTERIS RENAULTI C.-E. Bertrand et F. Cornaille



BOTRYOPTERIS ANTIQUA Kidston

PLANCHE XLI
BOTRYOPTERIS ANTIQUA Kidston

Fig. 1-2. — Parties de la préparation 2419, T₁ en section transversale (Echantillon 2419). Gr. = 9.

Fig. 3-4. — Parties de la préparation 2419, T₂ en section transversale (Echantillon 2419). Gr. = 9.

La lame mince 2419, T₂ se place au-dessus de la lame mince 2419, T₁.

A, A', 2 sections d'un même pétiole primaire ;

B, B', 2 sections d'un même pétiole secondaire ;

C, C', 2 sections d'un même pétiole primaire ;

D, E, G, section de divers pétioles ;

F, sporange.

Fig. 5-6. — Section A et A' du faisceau d'un même pétiole primaire. Gr. = 50.

Δm , pôle fondamental médian ;

px , pôles sortants.

Fig. 7. — Faisceau foliaire du pétiole E de la lame mince 2419, T₂. Gr. = 50.

Δm , pôle fondamental médian ;

S, sortie encore adhérente au faisceau principal.

Fig. 8-9. — Section C et C' du faisceau d'un même pétiole primaire. Gr. = 50.

Δm , pôle fondamental médian ;

px , pôles sortants.

Fig. 10. — Faisceau foliaire du pétiole D de la lame mince 2419, T₁. Gr. = 50.

Δm , pôle fondamental médian ;

px , pôles sortants.

Fig. 11, 12. — Sections B et B' d'un même pétiole secondaire. Gr. = 50.

Δm , pôle fondamental médian ;

px , pôles sortants.

Origine. — Esnost près d'Autun (Commune de Sommant).

ETAGE. — Viséen.

PLANCHE XLII

BOTRYOPTERIS ANTIQUA Kidston

Fig. 1-2. — 2 sections transversales, du faisceau d'un même pétiole, provenant des lames minces 2420, T₁ et 2420, T₂. Gr. = 50.

La lame mince 2420, T₂ a été effectuée à un niveau inférieur à 2420, T₁.

Δm , pôle fondamental médian ;

S, sortie.

Fig. 3. — Pétiole primaire (lame mince 2420, T₁) montrant une sortie S, située dans le parenchyme fondamental. Gr. = 50.

Fig. 4. — Pétiole G. de la lame mince 2419, T₂, figurée Pl. XLI, fig. 4. Gr. = 50.

S, sortie.

Fig. 5. — Pétiole primaire P₁ et pétiole secondaire P₂ de la lame mince 2420, T₁. Gr. = 50.

S, sortie adjacente au faisceau principal.

Fig. 6. — Section transversale du faisceau foliaire d'un pétiole primaire (lame mince 911,2). Gr. = 50.

Δm , pôle fondamental médian ;

Fig. 7-8. — 2 sections transversales, du faisceau d'un même pétiole, provenant des lames minces 928, 1 et 928,2. Gr. = 50.

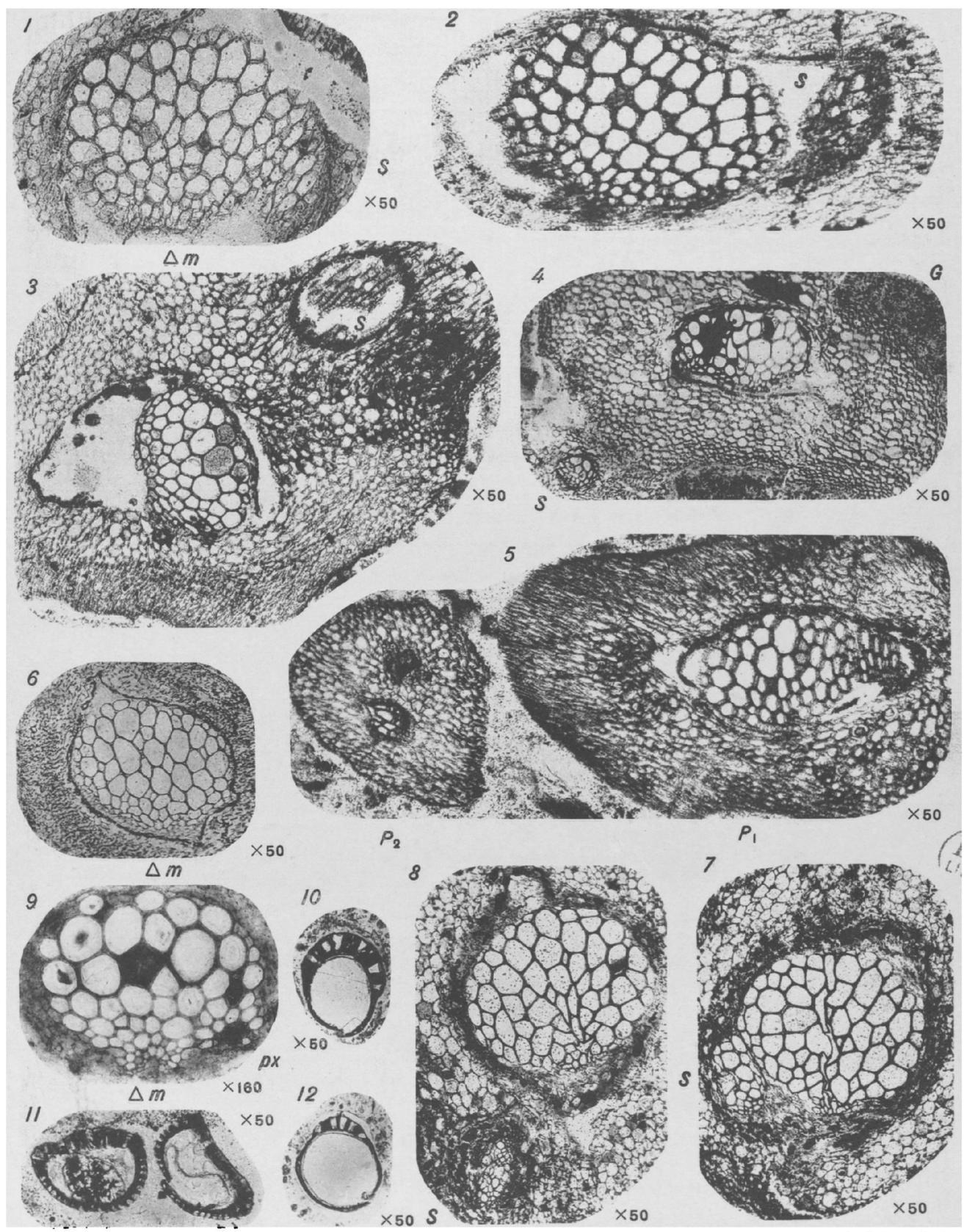
S, sortie.

Fig. 9. — Faisceau d'un pétiole secondaire. Gr. = 160.

Fig. 10-11-12. — Sporangies. (Lame mince. 2419 T₂ : fig. 10 et 12) (lame mince 2420 T₂ : fig. 11). Gr. = 50.

Origine : Esnost, Commune de Sommant près d'Autun.

ETAGE. — Viséen.



BOTRYOPTERIS ANTIQUA Kidston

Imp. G. Boüan - Paris
2259