

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DU NORD

TOME VII
I

STRUCTURE DES STIPES
d'ASTEROCHLÆNA LAXA Stenzel

PAR

Paul BERTRAND

Maître de Conférences de Paléontologie Houillère à l'Université de Lille

LILLE

IMPRIMERIE LIÉGEOIS-SIX
244, Rue Léon Gambetta, 244

1911



STRUCTURE DES STIPES
d'ASTEROCHLOENA LAXA Stenzel

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DU NORD

TOME VII
I

STRUCTURE DES STIPES
d'ASTEROCHLÆNA LAXA Stenzel

PAR

Paul BERTRAND

Maître de Conférences de Paléontologie Houillère à l'Université de Lille

LILLE
IMPRIMERIE LIÉGEOIS-SIX
244, Rue Léon Gambetta, 244

1911

Structure des Stipes d'ASTEROCHLÆNA LAXA, Stenzel

INTRODUCTION

A l'époque où j'ai publié mes *Etudes sur la Fronde des Zygoptéridées*, les stipes n'étaient connus que dans les cinq genres : *Clepsydropsis*, *Asteropteris*, *Asterochlæna*, *Ankyropteris* et *Tubicaulis*. La structure générale des stipes d'*Ankyropteris* avait été décrite par Renault, Williamson et Stenzel. Celle des stipes de *Tubicaulis* venait d'être complétée par le travail de M^{lle} M. C. Stopes sur le *T. Sutcliffii*. Par contre, il était nécessaire de reprendre entièrement cette étude dans les trois autres genres.

Les stipes de *Clepsydropsis*, dont j'ai annoncé la découverte en novembre 1908, constituent un problème des plus intéressants, mais aussi des plus délicats. L'état fragmentaire des échantillons rend leur spécification extraordinairement difficile ; les échantillons et les préparations d'Unger sont dispersés dans plusieurs musées d'Allemagne, de France et d'Angleterre. L'étude d'ensemble, que j'ai entreprise, demandera encore un peu de temps avant d'être terminée.

L'*Asteropteris noveboracensis*, qui n'est connu que par l'exemplaire de Dawson conservé au Canada, est difficilement accessible aux paléobotanistes européens.

Dans ces conditions, j'ai été conduit à présenter d'abord une monographie des stipes de l'*Asterochlæna laxa*, Stenzel, dont j'ai pu aborder immédiatement l'étude grâce aux excellentes préparations, qui m'ont été communiquées par M. J. T. Stenzel et par M. le Comte de Solms-Laubach.

Pendant l'exécution de ce travail, M. W. T. Gordon a découvert à Pettycur (Ecosse), le stipe du *Diplolabis Römeri*, qui lui a fourni le sujet d'un très intéressant mémoire. Plus récemment, M^{lle} M. Benson a trouvé, également à Pettycur, le stipe du *Metaclepsydropsis duplex*. Ces deux stipes sont pourvus d'une masse de bois à contour circulaire, pleine ou avec parenchyme interne.

Enfin M. R. Kidston a trouvé à Langton Burn (Berwickshire), un petit stipe avec masse ligneuse étoilée, dont il a bien voulu m'envoyer une photographie.

Ces découvertes successives permettent d'espérer que bientôt le stipe sera connu dans les principaux genres de Zygoptéridées.

J'adresse ici mes sincères remerciements à M. J. T. Stenzel, directeur du Musée d'Histoire Naturelle de la ville de Chemnitz et à M. le Comte de Solms-Laubach, qui avec la plus grande complaisance ont mis à ma disposition les éléments essentiels de cette étude.

Je remercie également : M. le Professeur W. Deecke, Directeur de l'Institut géologique de Fribourg en Brisgau, MM. les Professeurs Frech et Gürich de l'Institut géologique de Breslau, M. le Dr R. Kidston, pour les documents, qu'ils m'ont communiqués.

HISTORIQUE

Le genre *Asterochlæna* n'est connu que par deux espèces, qui proviennent toutes les deux du terrain permien. Le premier exemplaire trouvé fut décrit et figuré par Cotta en 1832 sous le nom de *Tubicaulis ramosus* (1).

En 1845, Corda sépara le *T. ramosus* des trois autres *Tubicaulis* de Cotta : *T. Solenites*, *T. dubius* et *T. primarius*. Il changea le nom de *T. ramosus* en celui d'*Asterochlæna Cottai* (2).

En 1865, Göppert figure un nouvel échantillon d'*Asterochlæna*. La description de cet échantillon est due à G. Stenzel (3), qui avait cru pouvoir le rapporter à *A. ramosa*.

En 1889, G. Stenzel dans son remarquable travail : *Die Gattung Tubicaulis*, a repris en détail l'étude de tous les échantillons alors connus d'*Asterochlæna*; il a montré que sous le nom d'*A. ramosa*, on avait réuni deux espèces : *A. ramosa* et *A. laxa*. Je donnerai plus loin un résumé des principaux résultats de son travail, relatifs aux *Asterochlæna*. Malheureusement les descriptions de Stenzel ont été faites uniquement d'après l'extérieur des échantillons et d'après les sections transversales polies ; il n'a pas eu à sa disposition de lames minces. Ceci explique l'incertitude qu'il a laissé subsister sur plusieurs caractères anatomiques importants de ces stipes.

M. Tansley (1907) et M. le Dr D. H. Scott (1900-1908) ont esquissé à nouveau des projets de classification des *Inversicaténales*. L'insuffisance des documents publiés jusqu'alors sur *Asterochlæna* ne leur a pas permis de préciser la position systématique de ce genre. Pour M. Tansley (4), *Asterochlæna* se rapproche des *Zygopteris* (*Z. Grayi*) par l'étoile ligneuse de son stipe, mais il doit être rangé à part, car sa trace foliaire rappelle plutôt le *Grammatopteris*, qui lui-même semble se relier aux *Botryopteris*.

M. Scott de son côté a rattaché sans hésitation les *Asterochlæna* au groupe *Zygopteris* (5). Avec une prescience remarquable, il signalait dès 1907, la ressemblance que les stipes d'*Asterochlæna* offrent avec ceux des Cladoxylées (stipes de *Clepsydropsis*), que l'on rangeait alors parmi les Cycadofilicinées (6). M. Scott estime que le genre *Asterochlæna* est connu dans le dévonien ; cette opinion provient de ce que, à l'exemple de Stenzel, il réunit aux *Asterochlæna* l'*Asteropteris* de Dawson et les *Clepsydropsis* d'Unger. J'ai indiqué les caractères distinctifs des traces foliaires d'*Asterochlæna* et de *Clepsydropsis*. Quant à l'*Asteropteris*, c'est certainement un stipe de Zygoptéridée, voisin des *Clepsydropsis*. Provient-il réellement du dévonien ou seulement du carbonifère inférieur ? Il est difficile de le savoir. Quoiqu'il en soit, il n'existe pas à ma connaissance d'autres exemplaires d'*Asterochlæna*, que ceux qui ont été trouvés dans les couches permienes de Chemnitz en Saxe et de Neu-Paka en Bohême.

(1) R. COTTA, Die Dendrolithen in Beziehung auf ihren inneren Bau, Pl. III.

(2) CORDA, Beiträge zur Flora der Vorwelt.

(3) G. STENZEL in GÖPPERT, Die fossile Flora der permischen Formation.

(4) A. G. TANSLEY, Lectures on the evolution of the filicinean vascular system. *New Phytologist*, Vol. VI, 1907. p. 68.

(5) D. H. SCOTT, Studies in fossil botany. 1^{re} édition (1900) et surtout 2^{me} édition (1908).

(6) *Id.*, The present position of palæozoic botany. *Progressus rei botanicæ*. Vol. I, part. 1, p. 139-217. 1907.

En 1907, puis en 1909, j'ai précisé la position systématique des *Asterochlæna* (1). Ce genre doit être classé dans la famille des Zygoptéridées et non pas dans celle des Botryoptéridées.

Les relations des *Asterochlæna* avec les principaux genres de Zygoptéridées sont mises en évidence dans le tableau que j'ai donné de cette famille (2). La structure de la trace foliaire établit qu'*Asterochlæna* offre les affinités les plus étroites avec *Ankyropteris* et *Clepsydropsis* ; tous les autres genres s'éloignent des *Asterochlæna* à cause de l'ouverture des bouches périphériques.

Résumé des principaux résultats de Stenzel relatifs aux ASTEROCHLÆNA (3)

Stenzel plaçait le genre *Asterochlæna* entre les genres *Tubicaulis* et *Zygopteris* ; il avait élargi la signification primitive de ce genre, en réunissant aux *Asterochlæna* proprement dits d'autres Fougères caractérisées par des stipes à masse ligneuse étoilée et par des traces foliaires simples, droites ou courbées. Le genre était divisé en trois sections : la section *Menopteris*, caractérisée par une trace foliaire courbée à concavité postérieure ne comprenait que le *Tubicaulis dubius* de Cotta ; la section *Asterochlæna* caractérisée par une trace foliaire à concavité antérieure comprenait deux espèces : *A. ramosa* Cotta, et *A. laxa* Stenzel ; enfin la section *Clepsydropsis*, caractérisée par une trace foliaire rectiligne réunissait : *C. antiqua* Unger, *C. kirgisisica* Stenzel, *Rachiopteris duplex* Williamson, *Asteropteris noveboracensis* Dawson.

Stenzel donne la diagnose suivante pour la section *Asterochlæna* du genre *Asterochlæna* :

Tronc herbacé-arborescent, couvert par les bases persistantes des pétioles. Faisceau vasculaire central simple profondément sillonné ; côtes elles-mêmes profondément incisées. En section transversale, étoile ligneuse à rayons rameux, émettant des faisceaux foliaires au travers de l'écorce, qui est très épaisse. Pétioles renfermant un faisceau vasculaire simple, légèrement canaliculé, à concavité tournée vers l'intérieur.

Pour l'*Asterochlæna ramosa* Cotta *sp.* la diagnose donnée par Stenzel reproduit une partie des caractères du genre. Comme caractères distinctifs, il ajoute :

Pétioles très nombreux, plus grêles à la base, augmentant de volume vers le haut et se comprimant réciproquement.

Stenzel insiste beaucoup sur ce caractère, qui se retrouve chez les *Tubicaulis*.

Le gisement d'*A. ramosa* est inconnu. Un seul exemplaire a été trouvé jusqu'ici, dont deux morceaux sont conservés au Musée de l'École des Mines de Freiberg ; un autre morceau est au Musée minéralogique de Dresde. Cet exemplaire est figuré : Pl. III, fig. 1 des *Dendrolithes* de Cotta et Pl. III, fig. 27 et 29 du travail de Stenzel.

L'étoile ligneuse est composée essentiellement de trachéides. Dans le milieu, on aperçoit presque toujours une étroite bande plus foncée, qui participe à toutes les divisions des lames ligneuses rayonnantes, mais cesse à l'intérieur des extrémités arrondies (4). Stenzel serait tenté d'attribuer cette bande à l'existence de trachéides

(1) P. BERTRAND. Classification des Zygoptéridées d'après les caractères de leurs traces foliaires. *C.-R. Acad. d. Sciences, Paris*, 4 nov. 1907. — Etudes sur la fronde des Zygoptéridées. Lille, 1909.

(2) *Ibid.*, p. 225.

(3) *Clef* : G. STENZEL, Die Gattung *Tubicaulis* Cotta, *Mitt. aus d. kgl. miner.-geol. u. prähist. Museum in Dresden*. 8^{me} fasc. Cassel, 1889. p. 15 et ss.

(4) Il s'agit ici des bandes médianes de protozylème.

plus petites, si elle ne rappelait les bandes parenchymateuses à l'intérieur du faisceau des stipes de *Zygopteris*, qui doivent être regardées comme une moëlle peu développée.

Les pétioles sont serrés autour de la tige et forment 28 séries radiales. Comme l'étoile ligneuse à sa périphérie n'offre que 14 lames rayonnantes, il faut que l'extrémité de chaque lame donne naissance à deux files de traces foliaires (p. 17, 4^e alinéa, du travail de Stenzel). Sur la section transversale il y a plus de 120 pétioles visibles.

Les faisceaux foliaires sont minces, à bords épaissis, avec deux taches aux extrémités marquant la place des premiers éléments différenciés (Foyers trachéens = *Bildungsherde*).

Chaque faisceau foliaire émet de grêles ramifications, très probablement destinées aux folioles, qu'on aperçoit en très petit nombre entre les gros pétioles.

Stenzel donne la diagnose suivante pour l'*Asterochlæna laxa* Stenzel :

Tronc épais, herbacé, dressé. Faisceau central grêle, profondément incisé ; sillons larges, sinueux ; en section transversale, étoile à rayons rameux. — Pétioles relativement peu nombreux, écartés les uns des autres, diminuant nettement de volume vers le haut ; faisceau vasculaire, légèrement canaliculé à concavité tournée vers la tige.

Cette espèce provient du permien moyen de Flöha et d'Hilbersdorf, près de Chemnitz en Saxe ; elle a été trouvée aussi à Neu-Paka en Bohême.

Stenzel signale les exemplaires suivants :

1^o Echantillon type provenant de la collection Cotta, dont une partie est conservée à Chemnitz et l'autre à Berlin, Pl. IV, fig. 33 et 34 du travail de Stenzel.

2^o Autre échantillon conservé au Musée de Chemnitz, Pl. IV, fig. 35 et 36.

3^o Echantillon figuré dans : GÖPPERT, *Die fossile Flora der permischen Formation*, Pl. VIII, fig. 1 et Pl. IX fig. 1a et 1b, et conservé au Musée de Breslau.

4^o Echantillon de la collection du maître de fabrique Leuckart de Chemnitz.

5^o Echantillon de l'Institut géologique de Vienne, trouvé à Neu-Paka. Ce fragment n'offre que quelques pétioles et pas le centre du stipe, fig. 37, Pl. IV du travail de Stenzel.

A. laxa a d'abord été confondu avec *A. ramosa* ; c'est Stenzel qui a fait la séparation entre les deux espèces.

Chez *A. laxa*, il y a des espaces libres entre les pétioles, dans lesquels circulent de nombreuses racines, alors que chez *A. ramosa* les pétioles sont serrés les uns contre les autres. Stenzel compte 21 à 22 séries radiales de feuilles chez *A. laxa*, au lieu de 28 chez *A. ramosa*. Il compte 10 à 11 branches à l'étoile ligneuse.

Dans leur structure, les pétioles présentent beaucoup de ressemblance avec ceux de *T. Solenites*.

Longtemps avant de quitter la tige, les faisceaux foliaires émettent des faisceaux latéraux, destinés à des pétioles secondaires.

Dans le présent travail, j'étudierai quatre échantillons, qui paraissent tous appartenir à l'*Asterochlæna laxa*, Stenzel.

1^o L'échantillon type d'*A. laxa* de Stenzel (Echantillon I) ;

2^o Un échantillon conservé au Musée géologique de l'Université de Fribourg en Brisgau et dont deux préparations m'ont été communiquées par M. de Solms-Laubach (Echantillon II) ;

3^o Un échantillon faisant partie de la collection de M. de Solms-Laubach (Echantillon III) ;

4^o Enfin l'échantillon du Musée de Breslau figuré par Stenzel in : Gœppert, *Die fossile Flora der permischen Formation* (Echantillon IV).

PREMIÈRE PARTIE

Échantillon type d'ASTEROCHLÆNA LAXA, Stenzel

(ÉCHANTILLON I)

CHAPITRE I

Documents. — Aspect extérieur de l'échantillon

Documents. — L'étude suivante est basée essentiellement sur une grande section transversale (Préparation T2 du Musée de Chemnitz) que M. le Directeur J. T. Stenzel a bien voulu faire exécuter à mon intention. La section T2 a été prise à la partie inférieure de l'échantillon original décrit par Stenzel. (Fig. 33 et 34, Pl. IV, *Die Gattung Tubicaulis*).

Grâce à la bienveillance de M. Stenzel, j'avais pu étudier sommairement l'échantillon original au mois d'août 1907, avant la taille ; j'avais pris une photographie de la face supérieure polie ; ce document m'a été très utile pour établir la distribution des traces foliaires.

Remarque. — La préparation T2 a été montée, retournée sur le slide ; pour rétablir les choses dans l'ordre naturel, il aurait fallu la photographier par dessous, opération à peu près impossible avec les appareils, dont nous disposons. Afin d'éviter tout accident à la préparation, je n'ai procédé à aucun retournement. Sur mes photographies et sur mes dessins les sections transversales de l'échantillon de Stenzel sont donc supposées vues par leur face inférieure ou par réflexion dans un miroir.

Dimensions et aspect extérieur. — Avant la taille, l'échantillon type de Stenzel était une plaquette en silex de 30 mm. d'épaisseur au maximum. C'est d'après Stenzel tout ce que l'on possédait de cet exemplaire. La section transversale elliptique mesurait : 85 × 70 mm. Mais la portion appartenant au stipe ne mesurait pas plus de 50 × 40 mm. Le reste de la section était occupé par les pétioles et par les racines formant un revêtement autour du stipe (1).

Au centre, on voyait une étoile ligneuse à branches ramifiées, entourée de masses ligneuses représentant pour la plupart des traces foliaires sortantes ; quelques-unes plus petites sont en réalité des faisceaux bipolaires de racines. Latéralement, l'échantillon ne montrait que des pétioles dirigés obliquement.

D'après Stenzel, cet échantillon provenait du Permien moyen (*Oberer Porphyrtuff*) de Flöha, près de Chemnitz.

(1) La préparation T2, ayant été prise à la partie inférieure de l'échantillon, la face supérieure décrite et figurée par Stenzel a été conservée intacte.

CHAPITRE II

Distribution des traces foliaires

Pour bien comprendre la structure du stipe, il est indispensable de connaître exactement la distribution des traces foliaires.

Etant donné le nombre considérable des traces foliaires visibles sur une seule section transversale d'*A. laxa* et la complexité de l'étoile ligneuse, on pouvait croire que le cycle serait très compliqué. Il n'en est rien : on constate que tous les stipes d'*A. laxa* offrent une disposition verticillée ou sub-verticillée.

Les figures 1 et 2 du texte montrent que dans l'échantillon type de Stenzel, les traces foliaires se rangent toutes :

- 1° Suivant 21 séries radiales ;
- 2° Suivant 10 hélices secondaires dextres ;
- 3° Suivant 11 hélices secondaires sénestres.

Chacun de ces trois systèmes de lignes englobe à lui seul toutes les traces foliaires visibles sur les deux sections transversales, y compris celles qui appartiennent à des frondes déjà détachées du stipe. Toutes les traces foliaires sont ainsi repérées très exactement par l'intersection de trois lignes. En prolongeant ces lignes vers l'intérieur, on trouvera les états de la trace foliaire à des niveaux de plus en plus bas.

Connaissant les nombres d'hélices secondaires dextres et sénestres, on peut calculer le cycle de l'hélice primaire, au moyen des formules simples établies par M. J. d'Ascensao Guimaraes (1).

D'après ces formules, le dénominateur du cycle est égal à la somme des nombres d'hélices secondaires dextres et sénestres, soit : $10 + 11 = 21$.

Les mêmes formules permettent de voir aisément que quand les deux nombres en question sont, comme c'est le cas actuel, de la forme : n et $n + 1$, le numérateur du cycle ne peut être que 2. Le cycle cherché est donc : $\frac{2}{21}$.

Si le dénominateur était pair, on aurait une disposition rigoureusement verticillée, avec alternance d'un verticille au suivant. Comme le dénominateur est impair nous dirons que la disposition est subverticillée. L'hélice primaire est sénestre.

L'examen des figures 1 et 2 du texte confirme le résultat fourni par les formules de M. d'Ascensao.

La fig. 1 est une esquisse de la face supérieure de l'échantillon original de Stenzel ; elle a été calquée sur la photographie, que j'avais prise au mois d'août 1907, à Chemnitz ; mais j'ai dû retourner mon dessin face pour face afin de le rendre comparable à la préparation T2. La fig. 33, Pl. IV de Stenzel représente la même face de l'échantillon, grandeur naturelle et sans retournement. La

(1) J. D'ASCENSAO GUIMARAES. Divergences phyllotaxiques. *Bull. Soc. Bot. de France*. 4^{me} série, t. V, mars 1905. pp. 143-156.

figure de Stenzel a été reproduite partiellement par MM. Tansley et Scott dans les ouvrages cités plus haut (voir Historique).

Sur mon dessin, j'ai laissé de côté les frondes détachées du stipe, à l'exception de celles situées à son voisinage immédiat ; les hélices secondaires se poursuivent du reste sans trop de difficulté vers l'extérieur (1). Je me suis borné à indiquer les contours de l'étoile ligneuse et des traces foliaires

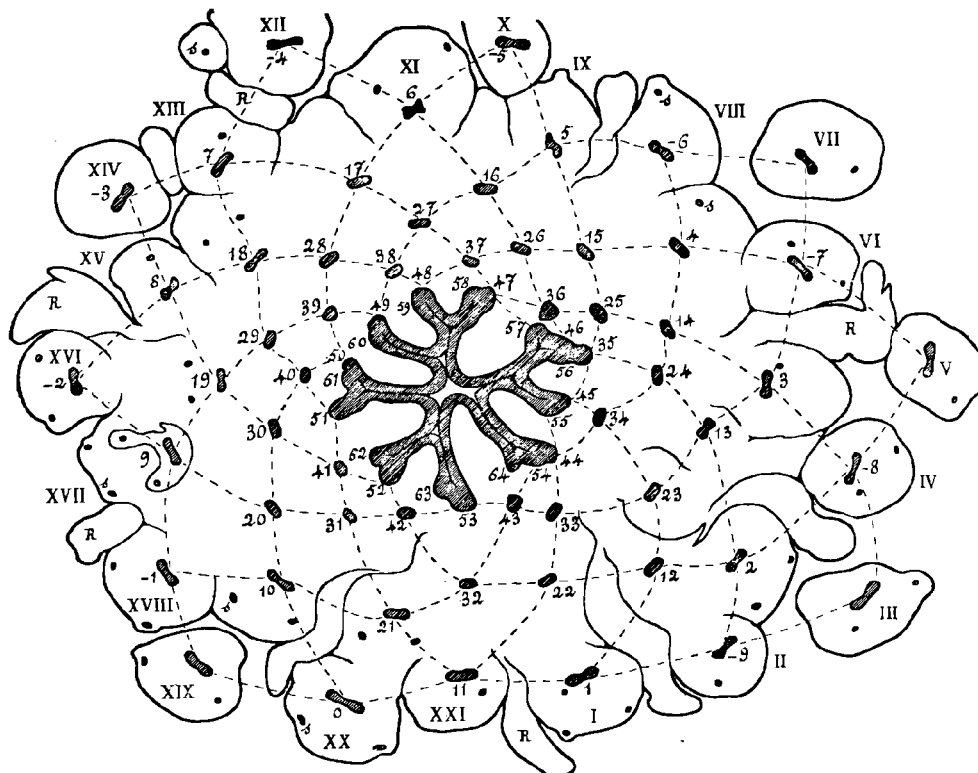


FIG. 1. — Face supérieure de l'échantillon type de Stenzel conservé au Musée de Chemnitz. — Dessin schématisé destiné à montrer la distribution des traces foliaires.

Les lignes pointillées représentent les hélices secondaires.

Les chiffres romains de I à XXI servent à désigner les séries radiales de traces foliaires.

Les traces foliaires ont été numérotées de - 9 à 0 et de 0 à 64, dans l'ordre où on les rencontre en suivant l'hélice primaire.

R, racines.

s, anneaux ligneux sortants destinés aux pétioles secondaires.

N.-B. — Le dessin a été limité au stipe proprement dit.

res ; j'ai indiqué en outre le trajet oblique de quelques racines et un certain nombre d'anneaux ligneux destinés à des pétioles secondaires.

Sur la fig. 1, les hélices secondaires ont seules été tracées. Les traces foliaires ont été numé-

(1) Les perturbations, que l'on observe en dehors du stipe, sont dues aux dérangements subis par quelques pétioles.

rotées de 1 à 64 en suivant l'hélice primaire ; la trace foliaire n° 1 a été choisie arbitrairement sur le rayon I.

Pour un cycle complet, l'hélice primaire passe par 21 traces foliaires et décrit deux fois le tour du stipe. Les traces foliaires de deux tours consécutifs alternent entre elles, comme si elles appartenaient à deux verticilles alternes.

De 1 à 64, l'hélice primaire décrit 6 tours, soit : 3 cycles complets. A partir du n° 43 l'hélice primaire coupe toutes les branches de l'étoile ligneuse et ne rencontre plus que des traces foliaires incomplètement individualisées. Théoriquement, le n° 64 serait la dernière trace foliaire reconnaissable sur la section considérée.

En prolongeant l'hélice primaire d'un tour vers l'extérieur, on rencontre une dizaine de frondes prêtes à se détacher du stipe ; leurs traces ont été numérotées de 0 à — 9.

Sur la section transversale du stipe, on compte donc au maximum : $64 + 10 = 74$ traces foliaires à tous les états. Il y a : $43 + 10 = 53$ traces foliaires libérées (1).

Enfin chaque série radiale ne comporte pas plus de trois traces foliaires libérées à l'intérieur du stipe et l'émission des anneaux sortants aux dépens de ces traces commencent dès qu'elles sont à peu près au milieu de l'écorce. Certaines traces comme le n° 9 sont accompagnées de 4 anneaux sortants.

La fig. 2 du texte représente la région centrale de la préparation T2 du Musée de Chemnitz. La préparation T2 a été prélevée à la partie inférieure de l'échantillon ; elle est séparée de la surface polie, représentée fig. 1, par une longueur d'au plus 30 mm., mais il était avantageux, pour l'étude phyllotaxique de raisonner comme si la préparation T2 représentait un niveau immédiatement inférieur à celui de la surface polie. Ceci m'a permis de conserver aux traces foliaires la même numérotation que sur la fig. 1. De cette façon, tout se passe comme si on retrouvait sur la fig. 2 les mêmes traces foliaires, mais plus rapprochées du centre.

Une partie de la section a été détruite au moment de la taille ; on la complète facilement, en se servant de la fig. 1.

J'ai tracé sur la fig. 2 les *tours successifs* de l'hélice primaire : V1, V2, V3, V4, et les *séries radiales* de traces foliaires : I, II, III, etc.

Les traces foliaires destinées à une même génératrice sont naturellement en section transversale situées sur le même rayon : on compte 21 séries radiales comme Stenzel l'avait déjà remarqué. Le rayon I a été choisi arbitrairement sur le bord de la préparation T2 et les autres rayons ou génératrices foliaires ont été numérotés en tournant de droite à gauche dans le même sens, que l'hélice primaire. Les rayons XVIII, XIX, XX et XXI manquent sur la préparation ; la comparaison avec la surface polie m'a permis de les rétablir.

Si l'on tient compte du retournement signalé au début, les caractéristiques phyllotaxiques de l'échantillon type d'*Asterochlæna laxa* peuvent se résumer comme suit :

Cycle : $\alpha = \frac{2}{21}$ dextre.

Frondes distribuées suivant 10 hélices secondaires sénestres et 11 hélices secondaires dextres.

Observations au sujet du tracé des hélices foliaires. — Stenzel n'a pas réussi à déterminer le cycle des stipes d'*Asterochlæna* pour deux raisons : il n'avait pas déterminé avec certitude le nombre

(1) Pourtant le n° 35 est en retard et adhère encore à l'étoile ligneuse.

des séries radiales et il ne s'était pas servi des hélices secondaires. Le tracé de ces hélices offre en effet quelques difficultés ; il nous paraît utile de les signaler brièvement :

1° *Présence de masses ligneuses bipolaires destinées à des racines.* — Ces masses ne sont coupées à peu près transversalement qu'au voisinage du stipe ; ailleurs elles ont un trajet plus ou moins horizontal. Elles sont plus petites que les traces foliaires, ce qui permet de les distinguer à la loupe. Pour éviter toute confusion, je ne les ai pas représentées sur mes dessins.

2° *Aplatissement du stipe.* — Avant la pétrification, la tige était couchée sur le côté ; dans cette position, elle s'est légèrement affaissée ; la section transversale a pris un contour elliptique ; il en est résulté une déformation peu marquée des hélices secondaires.

3° *Affaissement des cordons foliaires.* — Par suite du ramollissement des tissus entourants, et peut être aussi du retrait, certains cordons foliaires sont plus ou moins écartés de leur position normale. Tel est le cas des cordons :

11, 21, 32, 33, 42, 43 ; les hélices secondaires, passant par ces traces, subissent des déformations importantes (fig. 1).

4° *Retard des traces foliaires situées sur les rayons VI, VII et VIII.* — Toutes les traces, appartenant aux rayons VI, VII, VIII sont affectées d'un retard considérable, qui atteint aussi, quoiqu'à un degré bien plus faible les rayons voisins V et IX.

Les tours successifs de l'hélice primaire éprouvent tous une forte déviation vers le centre en coupant ce groupe de rayons (fig. 2). La déviation devient très marquée sur le tour intérieur V4 : les traces foliaires 33, 34, 37, 38, 39 et

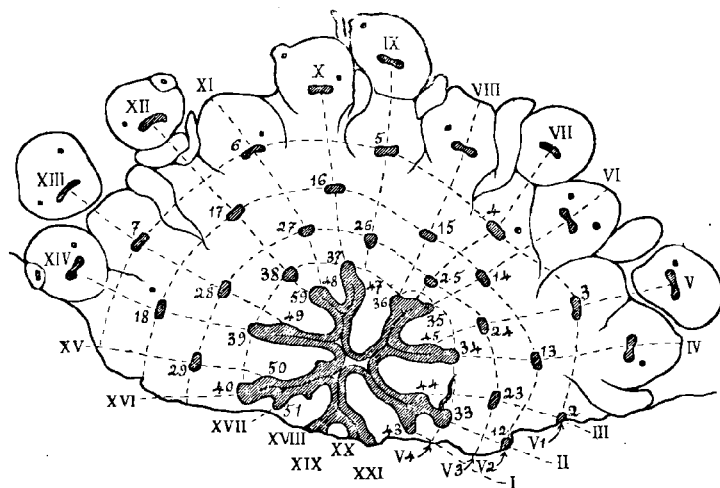


FIG. 2. — Face inférieure de l'échantillon type de Stenzel. — Dessin schématisé exécuté d'après la préparation T2 du Musée de Chemitz (Voir fig. 22, Pl. IV).

Les traces foliaires ont été numérotées de 0 à 59 dans l'ordre, où on les rencontre en suivant l'hélice primaire.

V1, V2, V3, V4, tours successifs de l'hélice primaire.

I à XVI, séries radiales de traces foliaires.

N.-B. — Le dessin a été limité au stipe proprement dit.

40 sont toutes sensiblement au même état ; elles s'apprêtent à se détacher de l'étoile ligneuse. 35 et 36 sont au contraire en retard ; elles sont à peine plus avancées que les traces foliaires 47, 48, 49, etc., appartenant au tour suivant de l'hélice primaire.

Sur la fig. 1, on aperçoit de même les déviations des hélices secondaires à leur intersection avec les rayons VI, VII et VIII. Il paraît exister aussi un retard assez important sur les rayons IV et V ; et un retard très faible sur les rayons : IX à XI.

Il est fort possible qu'une légère obliquité des sections ou encore un affaissement longitudinal des tissus suffise à expliquer ces perturbations. Sinon, il faudrait admettre, que c'est là une déformation réelle, produite au cours de la croissance de la plante. L'échantillon II d'*A. laxa*, que je décrirai plus loin, offre une déformation analogue.

CHAPITRE III

Les points récepteurs de l'étoile ligneuse

Sommets de l'étoile ligneuse. — Par définition, j'appellerai *sommet* de l'étoile ligneuse tout point récepteur ou tout point générateur d'une série de traces foliaires. Il y a 21 sommets que je désignerai par les mêmes notations que les génératrices foliaires correspondantes.

La fig. 2 du texte permet de trouver immédiatement l'emplacement de ces sommets et leur distribution ; il suffit pour cela de prolonger chaque rayon vers l'intérieur jusqu'à sa rencontre avec l'étoile ligneuse.

Branches bilobées et trilobées. — Contrairement à ce qui se présente ordinairement chez les Fougères, les points récepteurs ne sont pas isolés ; ils sont groupés par deux ou par trois à l'extrémité d'une même branche. J'appellerai *branche bilobée* ou *lame bilobée*, toute branche de l'étoile ligneuse terminée par deux sommets, et *branche trilobée* ou *lame trilobée*, toute branche terminée par trois sommets. Chaque lobe représente une trace foliaire en préparation.

L'étoile ligneuse de l'échantillon type de Stenzel offre :

6 branches bilobées et
3 branches trilobées (1).

Couronne. — J'appellerai *couronne* toute la périphérie de l'étoile ligneuse, c'est-à-dire l'extrémité des lames bi- ou trilobées avec les points récepteurs. Par opposition j'appellerai *région anastomotique*, toute la région centrale, où les lames ligneuses s'anastomosent les unes aux autres.

La distribution des branches, la manière dont elles s'anastomosent entre elles sont quelconques. Il n'y a pas là de caractère spécifique, car il est infiniment probable que la distribution varie d'un individu à l'autre, peut-être même d'un rameau à l'autre du même individu.

A la rigueur sur l'échantillon de Stenzel, on pourrait distinguer un groupement des branches par trois, il y aurait comme une symétrie ternaire ; on a en effet :

2 branches trilobées et 1 bilobée : I-II-III, IV-V, VI-VII-VIII.

3 branches bilobées : IX-X, XI-XII, XIII-XIV.

2 branches bilobées et 1 trilobée : XV-XVI-XVII, XVIII-XIX, XX-XXI.

Mais dans ce groupement, on voit que les branches trilobées sont distribuées d'une façon tout à fait quelconque par rapport aux branches bilobées. Il ne faut donc pas chercher de règle fixe dans l'arrangement des branches de l'étoile les unes par rapport aux autres.

Une particularité des branches trilobées, c'est que les 3 sommets, qui les terminent, ne sont pas équidistants du centre ; ils sont situés sur une droite oblique au rayon moyen (et non sur une perpendiculaire à l'extrémité de ce rayon). Ce phénomène s'observe bien sur la branche VI-VII-VIII. (fig. 2 du texte ; fig. 1, Pl. I et fig. 6, Pl. II). Le sommet VIII est notablement plus rapproché du

(1) Total : 9 branches. Si Stenzel a trouvé : 10 ou 11 branches, c'est qu'il a compté une ou deux branches trilobées, pour 2 branches chacune.

centre que le sommet VII et surtout que le sommet VI. Les deux autres branches trilobées donnent lieu à la même remarque.

Situation des éléments de protoxylème. — Chaque lame ligneuse offre dans son intérieur une bande d'éléments plus petits qui paraissent être les premiers éléments différenciés du bois primaire; ces *bandes médianes de protoxylème* s'arrêtent bien avant d'atteindre l'extrémité des lames ligneuses. Au voisinage de ces extrémités et à l'intérieur du bois primaire, on remarque un certain nombre de groupes trachéens nettement séparés des bandes médianes de protoxylème : ce sont *des pôles ligneux destinés aux traces foliaires sortantes*. A chaque sommet de l'étoile, on trouvera un ou deux pôles, suivant l'état de la trace foliaire située en ce point.

CHAPITRE IV

États successifs de la trace foliaire

Le mode d'émission des traces foliaires est le même sur les branches trilobées et sur les branches bilobées. Il n'y a pas de distinction à faire à cet égard.

Il est aisé de trouver sur une seule section transversale des états de la trace foliaire aussi rapprochés qu'on le désire. Pratiquement, il suffit de distinguer un petit nombre de niveaux (1).

Niveau 1. — La première indication nette d'une trace foliaire en préparation est un pôle trachéen intérieur au bois, situé au voisinage de l'extrémité d'une lame ligneuse; je rechercherai plus loin (p. 17) si ce cordon trachéen peut être suivi plus bas dans le stipe.

Exemple : sur la branche VI-VII-VIII, fig. 6, Pl. II, il y a trois traces foliaires en préparation, marquées chacune par un seul pôle trachéen (A, B, C), plongé profondément dans le métaxylème primaire; on peut distinguer trois lobes ligneux peu marqués correspondant aux trois traces foliaires. Celles-ci paraissent toutes trois au même état; en réalité les traces 35 et 36 correspondant aux sommets VI et VIII sont plus avancées; leurs groupes trachéens sont plus gros; elles sont donc coupées à un niveau relativement plus élevé que la trace foliaire médiane. On peut s'assurer de ce fait, soit par l'examen d'ensemble de la section (fig. 2 du texte), qui montre que le sommet VII a émis tout récemment une trace foliaire (n° 25), soit par comparaison avec la surface polie (fig. 1 du texte), sur laquelle les traces 35 et 36 sont nettement plus avancées que la trace 46, située entre elles.

Niveau 2. — Le pôle trachéen unique se divise en deux (T_g , T_d); le lobe ligneux représentant

(1) M. A. Gravis, dans l'analyse, qu'il a publiée de mes *Etudes sur la Fronde des Zygoptéridées*, (Bull. Soc. roy. de Bot. de Belg. t. LXVI, 1909.) a critiqué avec raison l'emploi du mot *stade*, là où j'aurais dû mettre le mot *niveau*; il a cité un exemple tout à fait suggestif des inconvénients, qui peuvent résulter de ces erreurs de langage. J'emploierai donc désormais exclusivement le mot *niveau*.

la trace foliaire en préparation, devient de plus en plus saillant. Les pôles trachéens demeurent profondément enfoncés dans le bois.

Exemple : la trace n° 43 émise aux dépens du sommet I (fig. 8, Pl. II).

Niveau 3. — Une masse ligneuse *bipolaire* ronde ou ovale se détache de l'étoile ligneuse. A ce niveau, il y a émission de deux racines latérales *r*, qui se détachent des flancs de la masse sortante et plus près de sa face antérieure que de sa face postérieure ; ces deux racines filent d'abord tangentiellement, puis radialement dans l'écorce.

Exemples : sommet II, trace 33 (fig. 8, Pl. II) ; sommet IV, trace 34 (fig. 7, Pl. II) ; sommet X, trace 37 (fig. 5) ; sommet XIV, trace 39 (fig. 4) ; sommet XVI, trace 40 (fig. 3).

L'insertion des racines latérales peut se produire un peu plus bas ou un peu plus haut, mais la présence de ces racines est un phénomène tout à fait constant.

Niveau 4. — La trace foliaire détachée de l'étoile ligneuse est ovale, renflée en son centre ; elle paraît en général coupée un peu obliquement, ce qui dénote un trajet assez oblique à ce niveau. Elle possède deux pôles profondément situés dans le bois, plus rapprochés de la face postérieure que de la face antérieure. A ce niveau la trace foliaire est plongée encore dans le tissu fondamental à parois minces qui enveloppe l'étoile ligneuse.

Exemple : la trace 38, située sur le rayon XII, (fig. 1 Pl. I et fig. 15, Pl. III).

Niveau 5. — *Traversée de la zone sclérifiée.* — Plus haut la trace foliaire commence à s'envelopper d'une gaine mécanique propre. Elle est située alors à peu près au milieu de l'écorce. La masse ligneuse est devenue rectangulaire. Chaque groupe de protoxylème s'est peu à peu transformé en une boucle périphérique par intercalation d'éléments à parois minces : probablement fibres primitives, (*parenchyme* des auteurs anglais) ; en d'autres termes, il y a maintenant deux petits cercles intérieurs au bois, et les éléments trachéens paraissent distribués à leur pourtour.

A ce niveau, il semble que la trace foliaire a deux plans de symétrie rectangulaires ; mais les boucles périphériques sont plus rapprochées de la face postérieure, il y a déjà émission d'anneaux ligneux sortants, S, qui filent vers l'extérieur, en précédant la trace foliaire (fig. 20, Pl. III).

Niveau 6. — Pendant la traversée de la zone scléreuse, la lame ligneuse sortante se déprime en son milieu, son bord antérieur devient concave. Exemple : la trace foliaire G (fig. 14, Pl. III ; fig. 22, Pl. IV).

Plusieurs traces foliaires dans la traversée des tissus corticaux se montrent précédées à peu de distance par deux ou même par quatre sorties (traces 9, 19, 18 ; fig. 1 et 2 du texte).

Niveau 7. — La trace foliaire dans une fronde voisine du stipe, c'est-à-dire coupée vers sa base. La trace foliaire, un peu allongée, s'amincit en son milieu, la concavité du bord antérieur s'accuse, les boucles périphériques sont nettement tournées vers la face postérieure de la fronde.

Exemple : la trace foliaire K (fig. 22, Pl. IV ; fig. 13, Pl. III) et la trace foliaire II (fig. 22, Pl. IV ; fig. 16, Pl. III).

Niveau 8. — *La trace foliaire dans les frondes coupées loin du stipe, c'est-à-dire au niveau le plus élevé, que nous puissions atteindre.* — La trace foliaire continue à s'allonger et à s'amincir. Elle

est courbée et sa concavité est tournée vers le stipe. Depuis le niveau 5, il y a émission de nombreux anneaux sortants aux dépens des boucles périphériques.

Niveau 9. — Pour compléter cette série, il faudrait pouvoir étudier l'épuisement du faisceau vers l'extrémité de la fronde ; malheureusement cette partie nous manque.

La série des figures (fig. 3 à 8, Pl. II) représente en quelque sorte le développement de l'étoile ligneuse de la préparation T2. Elle permet d'apprécier l'état des traces foliaires sur toutes les branches de l'étoile, moins les deux branches XVIII-XIX et XX-XXI, non conservées sur la section considérée.

Origine des cordons de protoxylème destinés aux traces foliaires sortantes. — *Niveau 0.* — Sur la préparation T2, les branches bilobées paraissent nous présenter l'état le plus simple de la trace foliaire.

Considérons les sommets V, IX et XIII (fig. 4, 5 et 7, Pl. II) ; sur tous trois, un lobe ligneux très net, quoique peu saillant, marque la trace foliaire en préparation ; à l'intérieur du lobe ligneux, il y a un pôle trachéen D, profondément enfoncé dans le bois primaire ; *ce pôle est assez rapproché de la bande médiane de protoxylème, avec laquelle il semble pouvoir entrer en relation.* C'est le niveau, que nous avons appelé 1.

Examinons maintenant la branche bilobée XI-XII (fig. 5) : les deux lobes correspondant aux sommets XI et XII sont extrêmement peu marqués ; il est nécessaire d'examiner l'ensemble de la section pour se convaincre que la branche en question donne bien naissance à deux séries radiales de traces foliaires (fig. 1, Pl. I, et fig. 2 du texte). En employant un grossissement convenable, on distingue nettement le pôle ligneux, qui marque le sommet XI. Le pôle correspondant au sommet XII est visible également ; *il paraît se détacher obliquement de la bande médiane de protoxylème.*

Ainsi au niveau, que nous pourrions appeler *niveau 0*, le cordon de protoxylème destiné à la trace foliaire sortante se détacherait de la bande médiane de protoxylème.

Sur la branche trilobée VI-VII-VIII (fig. 6, Pl. II, et fig. 17, Pl. III), les cordons polaires destinés aux traces sortantes sont coupés déjà à un niveau plus élevé (*niveau 1*) ; ils semblent également s'être détachés de la bande médiane de protoxylème, dont l'extrémité plus volumineuse revêt ici une forme triangulaire.

En dernière analyse : *les deux cordons polaires d'une trace foliaire sortante résultent de la division d'un cordon unique ; celui-ci, ou bien se détache de la bande de protoxylème, qui occupe la région médiane de la lame ligneuse réparatrice, ou bien prend naissance au voisinage immédiat de cette bande de protoxylème.*

Observations relatives aux branches trilobées

L'étoile ligneuse offre trois branches trilobées : I-II-III, VI-VII-VIII et XV-XVI-XVII (fig. 8, 6 et 3, Pl. II).

L'aspect de ces branches varie beaucoup suivant l'état des traces foliaires émises par les trois sommets. Quand les traces émises par les deux sommets extrêmes sont sur le point de se détacher, la branche trilobée paraît dédoublée en deux branches. C'est ainsi que Stenzel a compté certaines branches trilobées pour 2.

Les trois sommets d'une branche trilobée ne sont pas situés sur une droite perpendiculaire à l'extrémité du rayon moyen, mais sur une oblique à ce rayon.

Comme je l'ai déjà signalé (p. 14) cette obliquité est très nette sur la branche VI-VII-VIII, (fig. 6) parce qu'ici les traces foliaires en préparation sont toutes trois peu avancées et par conséquent peu saillantes.

Appelons A, B et C les trois sommets ; A sera par exemple le plus rapproché du centre du stipe, B sera plus éloigné que A, C sera le plus éloigné. *Malgré cette disposition, les traces foliaires émises par les deux sommets extrêmes A et C appartiennent toujours au même verticille* ; elles alternent normalement avec la trace émise par le sommet médian B. Ce résultat est produit par ce fait que la trace foliaire correspondant au sommet A (le plus voisin du centre) est émise en avance sur celle du sommet C (le plus éloigné), ce qui rétablit l'équilibre.

La comparaison des fig. 1 et 2 du texte ne laisse aucun doute à ce sujet :

Sur la branche I-II-III, la trace foliaire 43 émise par le sommet I (A) est libérée avant la trace 44 émise par le sommet III (C), ce qui lui permet de la rattraper et même de la dépasser.

Sur la branche VI-VII-VIII, la trace foliaire 36 émise par le sommet VIII (A) est libérée avant la trace 35 émise par le sommet VI (C).

Même observation pour la branche XV-XVI-XVII, où c'est le sommet XVII, qui est A, c'est-à-dire le plus voisin du centre (1).

Remarque sur la valeur des branches trilobées. — L'étude de l'échantillon de Stenzel, confirmée d'ailleurs par l'étude des trois autres échantillons, nous conduit à considérer toute *branche trilobée comme composée d'une branche unilobée courte : A et d'une branche bilobée courte : B-C*, cette dernière étant constituée par les deux sommets les plus éloignés du centre.

Il est possible que la branche unilobée A devienne bilobée à son tour par addition d'un sommet supplémentaire et alors la branche trilobée initiale se sera divisée en deux branches bilobées courtes. Cette hypothèse est appuyée par la présence sur les sections transversales de branches bilobées relativement courtes, anastomosées entre elles. C'est le cas des branches : IX-X et XI-XII ; il est possible que ces deux branches aient pris la place d'une branche trilobée à un niveau, où le point de végétation s'est élargi. La même observation s'applique aux deux branches bilobées : XVIII-XIX et XX-XXI.

Dans le même ordre d'idées, on est conduit à supposer que toute branche bilobée peut devenir trilobée par addition d'un sommet supplémentaire ; par exemple, la branche VI-VII-VIII dériverait d'une branche bilobée analogue à la branche IV-V, à laquelle elle est associée.

Ces considérations sont intéressantes, parce qu'elles font prévoir des variations possibles du nombre des sommets et des branches de l'étoile ligneuse sur une même tige et à plus forte raison sur des spécimens distincts d'*Asterochlæna*.

Observations concernant les branches bilobées

Les deux sommets d'une branche bilobée paraissent toujours équidistants du centre.

(1) Notons en passant, que sur ces deux dernières branches la ligne des sommets est inclinée vers la gauche sur le rayon moyen correspondant, tandis que sur la branche I-II-III, elle est inclinée vers la droite, c'est-à-dire en sens contraire des deux autres.

Les branches bilobées sont en général courtes et groupées par deux. Seule la branche XIII-XIV est très longue et isolée.

L'aspect des branches bilobées varie aussi suivant l'état des traces foliaires émises par les deux sommets. Les branches : IX-X et XI-XII (fig. 5, Pl. II) nous offrent les deux aspects extrêmes.

Les traces foliaires 34 (sommets IV, fig. 7), 37 (sommets X, fig. 5) et 39 (sommets XIV, fig. 4) sont coupées toutes trois au niveau 3, on distingue très nettement les éléments latéraux plus petits, qui marquent les points d'insertion des racines latérales (*r*, fig. 4, 5 et 7, Pl. II).

Les traces 45 (sommets V), 47 (sommets IX), 49 (sommets XIII) sont coupées au niveau 1 (Pl. II).

CHAPITRE V

Histologie. — Frondes. — Racines

Bois primaire. — L'étoile ligneuse mesure 15 à 16 mm. de diamètre. Elle ne comprend que du bois primaire ; elle est composée en grande partie de vaisseaux scalariformes (1) ; l'aspect des sections transversales décèle suffisamment ce genre d'ornementation.

Les vaisseaux ligneux sont séparés par de larges raies blanches ; ces intervalles sont dus non seulement à l'absence de membranes moyennes chez la plante vivante, mais encore à ce que sous l'influence du retrait, chaque vaisseau s'est séparé presque complètement de ses voisins (2) ; ce n'est que dans les angles qu'on observe encore quelques points de contact entre les vaisseaux.

Le diamètre des éléments ligneux est en moyenne de 50 à 80 μ . Les très gros vaisseaux atteignent 110 et 120 μ ; les très petits peuvent descendre à 25 μ ; ces derniers sont sans doute des éléments coupés au voisinage de leur extrémité.

La région moyenne des lames ligneuses est formée par une bande étroite de très petits éléments : *bande médiane de protoxylème* (*px*, fig. 8, 9, 10, Pl. II ; fig. 19, Pl. III), que Stenzel avait pris pour du parenchyme (voir ci-dessus p. 7). Ces éléments mesurent en moyenne 15 μ de diamètre ; ils ont des parois épaissies, mais en l'absence de section longitudinale, il n'a pas été possible de reconnaître la nature de leurs ornements. Cependant, il est à peu près certain que ce sont de véritables éléments de protoxylème (3).

Les bandes médianes de protoxylème ne se continuent pas jusqu'au centre de l'étoile. Aux

(1) D'après M. Gwynne Vaughan, il n'y aurait plus aucune raison de conserver le nom de trachéides aux éléments ligneux de la plupart des Fougères actuelles et fossiles, qui à maturité sont en réalité des vaisseaux communiquant entre eux par de véritables perforations.

D. T. GWYNNE VAUGHAN. On the real nature of the tracheæ in the ferns. *Ann. of Bot.*, Vol. XXIII, N° 87, 1908, p. 517.

(2) C'est là un effet du retrait extrêmement fréquent chez les plantes fossiles ; il s'observe sur tous les tissus à parois fortement épaissies : gaine mécanique, bois.

(3) Ce pourrait être des fibres primitives sclérifiées.

points où les branches de l'étoile convergent par deux, les éléments de protoxylème s'écartent pour laisser entre eux des espaces triangulaires occupés par un tissu à parois minces, que l'on peut appeler *parenchyme interne* (*pi*, fig. 11, Pl. III).

Le centre de l'étoile ligneuse est rempli par le même tissu à parois minces, qui dessine un rectangle à côtés concaves (fig. 11, Pl. III). Les sommets du rectangle central sont unis aux petits triangles voisins par d'étroites bandes de tissu à parois minces, qui prennent ici par conséquent la place des bandes médianes de protoxylème. Dans toutes ces régions, les éléments de protoxylème n'ont pourtant pas disparu ; ils existent toujours, mais plus espacés, jalonnant la ligne de séparation entre les vaisseaux scalariformes et le tissu interne à parois minces.

Le parenchyme interne est en fort mauvais état ; ce n'est pas une véritable moëlle. Il paraît composé de fibres primitives, non épaissies, probablement reclouonnées transversalement. Au milieu des éléments à parois minces, on aperçoit, isolées ou groupées par deux ou trois, des trachéides courtes, globuleuses, à ornementation spiralée (et non réticulée).

J'ai figuré l'un de ces éléments situé tout au fond de l'angle supérieur droit du rectangle central (*ti*, fig. 11 et 18, Pl. III). Sur la préparation T2, on observe deux groupes de ces éléments symétriquement placés dans le rectangle central. On en observe également dans les petits triangles situés aux points de convergence des branches de l'étoile.

Ces éléments sont identiques comme position et comme structure, à ceux que M. le Dr Scott a signalés chez l'*Ankyropteris corrugata* et l'*A. Grayi* et qu'il a appelés *trachéides internes*.

Le rôle des trachéides internes n'est pas encore déterminé. Mais il est un fait bien établi, c'est qu'elles apparaissent toutes les fois que le centre d'une masse ligneuse, originairement pleine, cesse de se différencier pour demeurer à l'état de fibres primitives. En général les fibres primitives se reclouonnent transversalement et conservent des parois minces. Certains éléments tendent cependant à se différencier et à se transformer en vaisseaux ligneux ; mais par suite du reclouonnement qu'ils ont subi, ils sont courts et demeurent isolés. Ces faits ont été observés pour la première fois chez le *Lepidodendron Selaginoides* (1) ; ils paraissent pouvoir se répéter dans tous les groupes de végétaux vasculaires.

J'ai déjà parlé des pôles ligneux, destinés aux traces foliaires sortantes ; chacun représente un groupe de protoxylème composé probablement d'éléments trachéens annelés ou spiralés.

Les pôles sortants paraissent prendre naissance à l'extrémité des bandes médianes de protoxylème. Sur les branches trilobées en particulier, la bande de protoxylème est épatée à son extrémité (*px*, fig. 17, Pl. III), et de cette région élargie, on voit se détacher des cordons trachéens sortants.

Liber. — Il est en très mauvais état ; il constitue une bande étroite et transparente entre le bois et le tissu fondamental, (*ph*, fig. 6 et 9, Pl. II ; fig. 21, Pl. III). Autant qu'on en peut juger, il comprend une seule rangée moyenne de grosses cellules, probablement tubes criblés ; cette rangée est séparée du bois par une ou deux assises de petites cellules à parois minces, représentant l'*amylome* (*xylem sheath* des auteurs anglais) ; elle est bordée extérieurement également de petites cellules. Le liber est séparé du tissu fondamental par une étroite bande de teinte plus foncée, qui représente une gaine protectrice (*en*, fig. 10, Pl. II et fig. 21, Pl. III).

Il n'y a ni bois, ni liber secondaires.

(1) M. HOVELACQUE. Recherches sur le *Lepidodendron Selaginoides*. *Mém. Soc. Linn. d. Normandie*, Vol. XVII, fasc. 1. 1892. p. 37 et 143.

Tissu fondamental. — L'étoile libéro-ligneuse est plongée toute entière dans un tissu fondamental à parois minces, qui remplit les larges baies entre les branches de l'étoile (*tf.*, fig. 5 et 9, Pl. II; fig. 21, Pl. III).

La pyrite a formé sur les cellules du tissu fondamental un précipité qui le défigure et le rend à peu près incompréhensible. Les gros grains de pyrite ont pourtant une distribution assez régulière; leurs alignements répondent au moins en partie aux alignements primitifs des cellules; parfois il semble que chaque gros grain corresponde à une seule cellule; entre les gros grains, on en observe d'autres plus petits. L'impression générale est que le tissu fondamental était composé de cellules relativement petites, et cette impression sera confirmée par l'échantillon de Fribourg, sur lequel le tissu fondamental est un peu mieux conservé.

Le tissu fondamental à parois minces s'étend sur le tiers ou la moitié de la distance entre le bois et le bord du stipe, c'est-à-dire jusqu'au point où commencent les gaines mécaniques.

Gaine mécanique sclérifiée. — La partie externe du stipe semble constituée par les bases des frondes demeurées coalescentes entre elles. En s'avancant de l'intérieur vers l'extérieur, on voit d'abord des bandes de tissu sclérifié disposées radialement qui s'intercalent entre les traces foliaires sortantes; les cellules mécaniques sont ici transparentes et incolores. Plus extérieurement s'établissent bientôt des bandes de cellules scléreuses dirigées tangentiellement. Chaque trace foliaire, accompagnée d'une certaine masse de tissu fondamental, est alors enveloppée et séparée de ses voisines par une gaine mécanique complète, qui est en réalité la continuation de la gaine propre à chaque pétiole. Dans cette région les cellules scléreuses sont très épaisses et fortement colorées en jaune (*gs*, fig. 28, Pl. IV). En général l'intérieur de chaque cellule est moulé par un gros grain de pyrite, qui à un plus fort grossissement se résout en une multitude de petits grains; les parois paraissent absolument transparentes sur la photographie, tandis que les membranes moyennes sont marquées par un trait plus foncé, difficile à voir (fig. 28). Le diamètre des cellules sclérifiées et l'épaisseur de leurs parois sont très variables.

Parenchyme lacuneux. — Il est difficile, sinon impossible, de fixer le contour externe du stipe. A la gaine mécanique succède en effet vers l'extérieur un parenchyme lacuneux, composé de cellules allongées horizontalement; ce tissu s'étend entre les frondes et les racines voisines du stipe; il est particulièrement net entre les frondes G et F (fig. 22, Pl. IV). Par sa situation et par son rôle, il rappelle le parenchyme lacuneux, qui unit entre elles les racines des *Psaronius*.

Sur l'échantillon I, on a parfois l'impression que toute la masse des pétioles et des racines enveloppant le stipe sont soudés les uns aux autres par le même parenchyme lacuneux. En réalité, dès qu'on s'éloigne un peu du stipe, ce phénomène ne peut plus être observé avec certitude; il est probable que les débris de tissu lacuneux, que l'on aperçoit çà et là, appartiennent simplement aux racines et n'ont plus pour rôle de les unir aux pétioles voisins (*l*, fig. 12, Pl. III).

Pétioles. — J'ai décrit plus haut (p. 16) l'aspect que revêt la trace foliaire en pénétrant dans la fronde et je l'ai figurée à deux niveaux peu éloignés du stipe (fig. 14 et 16, Pl. III). Je n'ai pas pu figurer la trace foliaire sous son aspect le plus différencié; sur la préparation T2 de Chemnitz, les traces foliaires les plus éloignées du stipe sont insuffisamment préservées et ne sont pas susceptibles d'être photographiées. En outre à partir d'une certaine distance les pétioles sont coupés obliquement.

Sur l'échantillon I, il est difficile de s'assurer que les boucles périphériques de la trace foliaire sont réellement fermées ; heureusement l'échantillon II ne laisse aucun doute à ce sujet. Il est absolument certain, que les boucles polaires (appelées d'ailleurs *Bildungsherde* par Stenzel) renferment les éléments de protoxylème et sont homologues des boucles périphériques de *Clepsydropsis*. Théoriquement chaque boucle polaire d'*Asterochlæna* peut être considérée comme équivalente à deux pôles ligneux de la trace zygoptéridienne demeurés infiniment voisins l'un de l'autre.

On sait que les boucles périphériques donnent naissance à deux files d'anneaux ligneux sortants, destinés aux pétioles secondaires (voir p. 27 et *Etudes sur la fronde des Zygoptéridées* p. 130).

Le liber offre dans la fronde la même structure que dans le stipe. Il est enveloppé lui-même par un tissu fondamental à parois peu épaissies en partie contracté et écrasé (*tf*, fig. 13 et 14, Pl. III) ; les cellules de ce tissu sont arrondies.

La séparation entre la gaine mécanique et le tissu fondamental est très nettement marquée dans le pétiole primaire (*tf* et *gs*, fig. 13). La gaine mécanique a une épaisseur d'environ : 0^{mm}7. Elle est composée de cellules scléreuses à parois colorées en jaune ; les cellules de la gaine vont en diminuant de taille de l'intérieur vers l'extérieur.

Les tissus superficiels manquent ; ils comprenaient sans doute : un tissu assimilateur et un épiderme.

La face inférieure c'est-à-dire postérieure des pétioles primaires est à peu près plate (fig. 13, Pl. III) ; elle présente habituellement à ses extrémités un ou deux renflements symétriques ; ce sont les bases des pétioles secondaires, prêts à se détacher. En section transversale, la face inférieure du pétiole d'*Asterochlæna* a donc tout à fait l'aspect de la face supérieure d'un pétiole de plante actuelle, tandis que la face supérieure pourrait être aisément prise pour le *dos* du pétiole (fig. 13, Pl. III), *si l'orientation de la fronde n'était pas nettement définie par la présence du stipe*.

Il en résulte, que les frondes d'*Asterochlæna* devaient avoir un port très singulier (1).

La structure des pétioles secondaires n'est pas connue ; ils devaient être très courts ; sur la préparation T2, entre les pétioles primaires, je n'ai réussi à voir que des racines, mais jamais de pétioles secondaires reconnaissables.

Racines. — L'échantillon I d'*Asterochlæna* nous offre deux sortes de racines :

1° Les unes ont une distribution absolument régulière ; elles sont en relation constante avec les traces foliaires et par conséquent probablement aussi avec les frondes correspondantes. Chaque masse ligneuse est toujours accompagnée de deux racines symétriquement placées, qui filent horizontalement et tangentiellement dans le tissu fondamental. L'une de ces racines, dépendant de la trace foliaire n° 33, sommet II, a été coupée obliquement sur une assez grande longueur (*r*, fig. 8, Pl. II). Sur les traces foliaires des sommets IV (fig. 10), X (fig. 9), XIV (fig. 4), XVI (fig. 3), on observe également très bien l'insertion des racines latérales.

Certaines racines peuvent être coupées transversalement au voisinage immédiat de l'étoile ligneuse ; à la rigueur ces masses ligneuses bipolaires pourraient être confondues avec les traces foliaires sortantes, si elles n'étaient beaucoup plus petites que ces dernières.

Toutes ces racines finissent par s'échapper radialement à la périphérie du stipe, où elles décrivent des trajets sinueux entre les frondes.

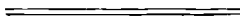
(1) *Etudes sur la Fronde des Zygoptéridées*, p. 130.

2° Les racines de la 2^e catégorie sont distribuées irrégulièrement dans le stipe ; elles prennent naissance sur les flancs des lames ligneuses. Elles peuvent s'insérer tout à fait au voisinage du centre de l'étoile. Le point d'insertion est marqué par la présence à l'extérieur du bois de petits éléments scalariformes et trachéens. Exemple : insertion d'une racine au point de confluence des branches : IV-V et VI-VII-VIII, (r' , fig. 6, Pl. II et fig. 21, Pl. III).

La branche trilobée : XV-XVI-XVII est particulièrement remarquable par l'insertion de quatre racines : deux racines de 2^e catégorie, insérées sur les flancs de la branche (r' , r' , fig. 3, Pl. II) et deux racines de 1^{re} catégorie insérées latéralement sur une trace foliaire sortante, r , r . Il faut avoir soin de ne pas confondre les renflements dus aux racines r' , r' , avec les renflements dus aux traces foliaires en préparation sur les sommets : XV et XVII.

Les racines, qui ont quitté le stipe, descendent verticalement à l'extérieur ; elles se ramifient et mélangées aux pétioles forment un revêtement autour du stipe, comme chez beaucoup de Fougères actuelles.

On observe sur la préparation T2, un grand nombre de ces racines coupées transversalement. Toutes sans exception possèdent un faisceau bipolaire. La masse ligneuse est ovale, renflée en son centre. Autour du bois, on observe comme toujours le liber, puis : un tissu à parois minces, une gaine mécanique sclérifiée, et plus extérieurement des débris de parenchyme lacuneux en très mauvais état.



DEUXIÈME PARTIE

Échantillon de Fribourg en Brisgau

(ÉCHANTILLON II)

CHAPITRE I

Documents et aspect extérieur

Cet échantillon provient comme le précédent des tufs permians de Chemnitz. Il fait partie des collections géologiques de l'Université de Fribourg en Brisgau. J'ai pu l'examiner grâce à l'obligeance de M. le Professeur W. Deecke, directeur de l'Institut géologique, qui a bien voulu me l'envoyer en communication ; je prie M. Deecke d'agréer à ce sujet mes sincères remerciements.

M. le Comte de Solms-Laubach possède dans sa collection deux magnifiques préparations, prélevées sur ce spécimen ; il a eu l'extrême amabilité de les laisser à ma disposition pendant tout le temps nécessaire pour mener à bien cette étude et je suis heureux de lui adresser ici l'expression de ma vive gratitude.

L'échantillon de Fribourg est constitué par un beau silex à teinte brune translucide avec quelques rayures rouges d'oxyde de fer ; il a la forme d'un tron de cône, dont les deux faces ont été polies ; il est légèrement aplati latéralement et présente sur l'un de ses côtés un enfoncement assez fort qui affecte particulièrement la face inférieure. L'échantillon a 27 mm. d'épaisseur ; la face inférieure (petite base), très déformée mesure : 57 mm. \times 32 mm. ; la face supérieure a la forme d'un losangé ; elle mesure 65 mm. \times 50 mm.

Extérieurement l'échantillon est comme disséqué par l'effet de la corrosion ; plusieurs pétioles, dirigés obliquement, peuvent être suivis depuis la face inférieure jusqu'à la face supérieure ; ils atteignent 5.5 mm. de largeur. En réalité les pétioles adhèrent encore largement au stipe ; ils commencent seulement à s'isoler à leur partie supérieure. L'aspect général de l'échantillon est celui d'une fougère à stipe dressé, revêtu de pétioles et de racines.

Les deux préparations de M. de Solms portent les désignations : 484, *c 2a* et 484, *c 2*. Elles proviennent toutes les deux de la face inférieure de l'échantillon ; elles ont été convenablement collées sur les slides, sans retournement, c'est-à-dire la face supérieure tournée vers le haut.

Ce sont deux sections transversales, qui se suivent d'assez près, car les modifications, que l'on relève en passant de l'une à l'autre dans la situation des traces foliaires sont faibles. En conséquence, il ne m'a pas paru nécessaire de reproduire ici toutes les photographies, que j'avais prises en étudiant les deux préparations ; je me suis attaché à décrire et à figurer de préférence la coupe

supérieure, 484, c.2a, et je n'ai figuré de la coupe inférieure que les parties qui m'ont paru utiles pour compléter ou éclaircir les données acquises par l'étude de la coupe supérieure.

La surface du stipe manque sur les préparations de M. de Solms (fig. 25, Pl. IV); les frondes les plus extérieures sont encore coalescentes entre elles et l'on ne peut pas suivre les traces foliaires jusqu'à un niveau aussi élevé que sur le spécimen de Stenzel. L'intérêt de cet échantillon se concentre dans l'étoile ligneuse et dans la structure des tissus qui sont remarquablement bien conservés.

Le diamètre du stipe peut être estimé à environ 50 mm. Au centre, l'étoile ligneuse, composée de branches inégalement ramifiées, mesure suivant son grand axe 15 à 16 mm. et suivant son petit axe 10 mm. Autour de l'étoile ligneuse, sont disséminées un grand nombre de traces foliaires, issues uniquement de l'extrémité des branches. Entre ces traces s'avancent des bandes de tissu sclérifié; la zone sclérifiée occupe ici une très grande largeur, plus des $\frac{4}{3}$ de l'épaisseur de l'écorce. Dans celle-ci circulent de nombreuses racines, qui sont coupées quelquefois transversalement, mais le plus souvent obliquement (r , fig. 25).

CHAPITRE II

États successifs de la trace foliaire

Les états successifs de la trace foliaire sont les mêmes que sur l'échantillon type de Stenzel. L'échantillon de Fribourg est cependant plus favorable pour cette étude et mérite qu'on examine un à un les différents niveaux. La couronne des sommets est complète; de plus nous disposons de deux sections successives; grâce à quelques petites anomalies, dont il sera question plus loin, les traces foliaires d'un même verticille ne sont pas coupées rigoureusement au même niveau; on trouve entre elles plusieurs états intermédiaires.

Niveau 1. — La portion ligneuse de la trace foliaire se présente d'abord sous forme d'un lobe plus ou moins saillant à l'extrémité d'une des branches de l'étoile; elle est pourvue d'un pôle unique, situé en son centre, c'est-à-dire d'un groupe de protoxylème ne comprenant qu'un très petit nombre d'éléments trachéens (*pôle ponctiforme*). — Les fig. 29, 30, 31, 32 et 33, Pl. V, montrent une belle série de traces foliaires coupées au *niveau 1*; ce sont les traces en préparation sur les sommets: II, V, VII, IX, XI, XIII.

Niveau 2. — Le pôle unique se divise en deux; le lobe ligneux s'élargit et devient de plus en plus saillant. — La trace foliaire en préparation sur le sommet VIII (fig. 31 et 35, Pl. V) montre très nettement la division du pôle B (comparer l'aspect de cette trace foliaire sur les deux coupes successives: fig. 31 et 36, Pl. V). Il en est de même du sommet XX (fig. 40, Pl. VI), mais la trace foliaire est ici moins avancée dans son ensemble, moins saillante. Les sommets I (fig. 34),

IV et VI (fig. 30, Pl. V), offrent au contraire des états plus avancés où les deux pôles résultant de la division du pôle simple sont déjà très éloignés l'un de l'autre.

Niveau 3. — La trace foliaire se détache de l'étoile ligneuse ; à ce niveau (1), la trace foliaire est presque toujours coupée obliquement, ce qui est dû au trajet oblique du cordon foliaire.— Cet état est représenté sur les sommets I (fig. 29, Pl. V), XII (fig. 33), XVI (fig. 38, Pl. VI) et XVII (fig. 42).

Il y a insertion de deux racines sur les flancs de la trace foliaire ; le départ de ces racines n'est d'ailleurs pas très régulier ; il peut se produire très tôt, dès le niveau 2 (*r*, fig. 31) ou bien tout à fait à l'extrême limite, lorsque la trace foliaire se détache de l'étoile (*r*, fig. 42).

Niveau 4. — La trace foliaire traverse le tissu fondamental à parois minces (fig. 52, Pl. VII).— Elle est encore très près de l'étoile ligneuse, car le tissu fondamental à parois minces est peu épais ; la masse ligneuse est courte et large ; sa face postérieure est plate, sa face antérieure est renflée et arrondie. Les pôles se sont rapprochés des extrémités de la masse ligneuse ; des éléments parenchymateux intercalés au milieu des éléments de protoxylème ont déterminé la constitution de deux boucles périphériques, très petites, mais très nettes (T_g , T_d). Le protoxylème est distribué tout autour de chaque boucle périphérique. Les boucles tendent à s'allonger verticalement ; sur la fig. 52 Pl. VII, la boucle droite est sensiblement plus allongée que la boucle gauche : il y a de ce côté un anneau sortant en préparation. L'émission des sorties aux dépens de la trace foliaire commence donc dès sa libération ; elle continuera pendant toute la traversée des tissus corticaux.

Niveau 5. — La trace foliaire pénètre dans la zone sclérifiée (fig. 48, Pl. VI et fig. 55, Pl. VII).— Elle s'allonge déjà sensiblement, mais demeure toujours renflée en son milieu. Sur la fig. 48, Pl. VI, la boucle périphérique gauche est réduite à sa plus simple expression, tandis que la boucle droite prépare une sortie. Sur la fig. 55, Pl. VII, l'anneau sortant, S, en préparation du côté droit est prêt à se détacher, et la boucle gauche s'allonge à son tour. On voit que l'anneau ne sort pas franchement, mais reste longuement adhérent à la région postérieure de la masse ligneuse. Dans tous les cas, *boucles et anneaux restent constamment fermés.*

Niveau 6. — Il faut maintenant aller jusqu'à la périphérie du stipe, là où les frondes commencent à s'isoler, pour observer une nouvelle modification dans la trace foliaire. La trace foliaire (E, fig. 25, Pl. IV) s'allonge et s'amincit en son milieu ; les deux faces deviennent concaves (fig. 46 et 47, Pl. VI), les extrémités sont légèrement renflées. Les boucles périphériques T_g , T_d , sont à peu près exactement circulaires ; elles se tournent peu à peu vers la face postérieure du pétiole. La fig. 47 nous montre l'émission d'un anneau sortant, S, sur le côté gauche ; on peut voir que la boucle périphérique et l'anneau ne présentent aucune solution de continuité ; l'arc ligneux, qui ferme la boucle, comprend même plusieurs rangées de petits éléments scalariformes.

Ainsi les boucles périphériques sont constamment fermées dans la trace foliaire des *Asterochlæna* (2).

(1) Je rappelle que la distinction de ces différents niveaux n'a rien d'absolu.

(2) Dans mes *Études sur la fronde des Zygotériidées*, la fig. 46, Pl. VI reproduite à trop petite échelle (fig. 81, Pl. XI, des *Études*), ne montrait pas assez nettement la fermeture des boucles périphériques ; il subsistait un doute que j'ai tenu à dissiper.

Cette constatation est très importante : si les boucles s'ouvraient après le départ de chaque sortie, on serait conduit à rapprocher *Asterochlæna* du genre *Dineuron*, et certains aspects de la trace foliaire comme celui de la fig. 52, Pl. VII suggèrent nettement ce rapprochement ; j'en reparlerai d'ailleurs plus loin. Mais les boucles périphériques étant permanentes, c'est-à-dire ne s'ouvrant jamais à aucun niveau, les affinités des *Asterochlæna* avec les *Clepsydropsis* sont plus accusées qu'avec les *Dineuron*. Bien que ces trois genres soient certainement voisins, il y a là une distinction dont il faut tenir compte.

Les fig. 46, 47, Pl. VI et 55, Pl. VII permettent une comparaison entre *Clepsydropsis* et *Asterochlæna*. Les points communs entre les deux genres sont : les boucles périphériques constamment fermées, la production d'anneaux ligneux sortants destinés aux pétioles secondaires. La forme générale de la trace foliaire est trapue dans les deux genres : les renflements récepteurs, qui bordent les boucles périphériques, sont très peu marqués.

Les différences sont les suivantes : chez *Clepsydropsis*, il y a un *plan de symétrie droite-gauche* ; l'anneau sortant s'échappe *radialement* ; sa face antérieure est tournée vers la pièce mère et son plan de symétrie passe par le pétiole primaire. — Chez *Asterochlæna*, il n'y a plus de plan de symétrie droite-gauche ; l'anneau sortant au lieu de gagner directement le bord du pétiole reste en contact intime avec le renflement récepteur postérieur (R_g , fig. 47, Pl. VI) ; il se redresse de sorte que son plan de symétrie devient parallèle à celui du pétiole primaire ; il s'échappe enfin vers la face postérieure du pétiole. Il faut noter encore que chez *Asterochlæna* les boucles périphériques sont plus petites, que chez *Clepsydropsis*.

CHAPITRE III

Distribution des traces foliaires

Les fig. 3 et 4 du texte montrent la distribution des traces foliaires sur la face supérieure de l'échantillon de Fribourg et sur la préparation 484, c.2a.

Les traces foliaires sont alignées suivant 20 séries radiales, très nettes, très régulières ; il y a par conséquent 20 génératrices foliaires. De même, on peut tracer sans difficulté 10 hélices secondaires sénestres et 10 hélices secondaires dextres. Le dénominateur du cycle est donc égal à $10 + 10 = 20$; quant au numérateur, il ne pourrait être que 2. Ceci revient à dire que *les traces foliaires sont rangées par verticilles de 10 et qu'il y a alternance d'un verticille au suivant.*

Pour la numérotation des traces foliaires, je procède de la façon suivante : je choisis arbitrairement un verticille, que j'appelle V0 ; j'appelle ensuite V1, V2, V3, V4, etc., les verticilles situés plus intérieurement ; j'affecte de l'indice 0 toutes les traces foliaires situées sur le verticille V0, de l'indice 1, toutes les traces situées sur le verticille V1, de l'indice 2, toutes les traces situées sur le verticille V2, etc.

D'autre part, je numérote de I à XX, les génératrices ou rayons foliaires en choisissant le rayon I arbitrairement et en tournant de gauche à droite. Pour être complet, j'aurais pu affecter chaque trace foliaire d'un exposant, par exemple : f_3^{XV} , représenterait la trace foliaire située au point d'intersection du verticille 3 et du rayon XV. J'ai cru pouvoir me dispenser ici d'employer ces notations ; je me contenterai de faire remarquer que toute trace foliaire est définie par le numéro du verticille et par celui du rayon auxquels elle appartient.

Sommets de l'étoile ligneuse. — Branches bilobées et trilobées

J'ai défini ces expressions en décrivant l'échantillon type de Stenzel (voir ci-dessus p. 14). J'appelle *sommet* de l'étoile ligneuse tout point récepteur ou générateur d'une série de traces foliaires. L'échantillon de Fribourg offre 20 sommets. Les sommets sont encore groupés par 2 ou par 3 à l'extrémité des lames ligneuses, qui sont ainsi toutes *bilobées* ou *trilobées*.

Forme de l'étoile ligneuse

Sur la face inférieure de l'échantillon de Fribourg, l'étoile ligneuse paraît offrir une forme très régulière (fig. 2, Pl. I). Il y a quatre branches trilobées : I-II-III, IV-V-VI, VII-VIII-IX et XIV-XV-XVI, et quatre branches bilobées : X-XI, XII-XIII, XVII-XVIII et XIX-XX, et toutes ces branches paraissent disposées symétriquement par rapport à un plan passant par les sommets V et XV ; les deux branches trilobées IV-V-VI et XIV-XV-XVI sont diamétralement opposées ; les deux branches trilobées I-II-III et VII-VIII-IX se font pendant de part et d'autre de ce plan ; de même le groupe des deux branches bilobées, X-XI et XII-XIII, anastomosées entre elles, fait pendant au groupe des deux branches bilobées : XVII-XVIII et XIX-XX, également anastomosées entre elles.

Enfin au centre de l'étoile, on observe quatre gros troncs anastomotiques, (c'est-à-dire, quatre lames ligneuses épaisses) qui sont à peu près à angle droit les uns par rapport aux autres (fig. 2, Pl. I ; fig. 56, Pl. VII).

Si maintenant, on examine la face supérieure de l'échantillon, qui est peu déformée (fig. 3 du texte), on constate que la disposition symétrique par rapport à un plan, est loin d'être aussi marquée que sur la face inférieure. Par contre, on pourra diviser l'étoile en trois secteurs sensiblement égaux, savoir : 1° le groupe des branches : I-II-III et IV-V-VI, comprenant 6 sommets ; 2° le groupe des branches : VII-VIII-IX, X-XI et XII-XIII, comprenant 7 sommets ; 3° le groupe des branches : XIV-XV-XVI, XVII-XVIII, et XIX-XX comprenant 7 sommets. Ces trois groupes s'équilibrent à peu près exactement.

On remarquera, que la branche : XIV-XV-XVI s'attache directement sur le centre de l'étoile sans s'anastomoser avec aucune de ses voisines ; mais un faible déplacement du centre de l'étoile suffirait à associer plus intimement cette branche avec le groupe des deux branches : XVII-XVIII et XIX-XX.

On arrive à la conclusion que les branches de l'étoile s'anastomosent d'une façon quelconque. La distribution des branches bilobées et trilobées autour de l'étoile est aussi quelconque. Seulement les différents secteurs de l'étoile tendent à s'équilibrer entre eux de manière à amener une répartition régulière des sommets à la périphérie. *La pièce élémentaire est donc le sommet et non pas le groupement complexe de deux ou trois sommets.*

Le fait que le nombre des sommets de l'étoile ligneuse est pair produit ici une *verticillation véritable*. Sur l'échantillon I, la verticillation n'était qu'approchée, le cycle étant égal à $\frac{2}{21}$.

Toutefois, on observe sur l'échantillon II des dérangements, des perturbations dans la situation des traces foliaires, qui pourraient faire douter de la disposition verticillée ; pour bien établir

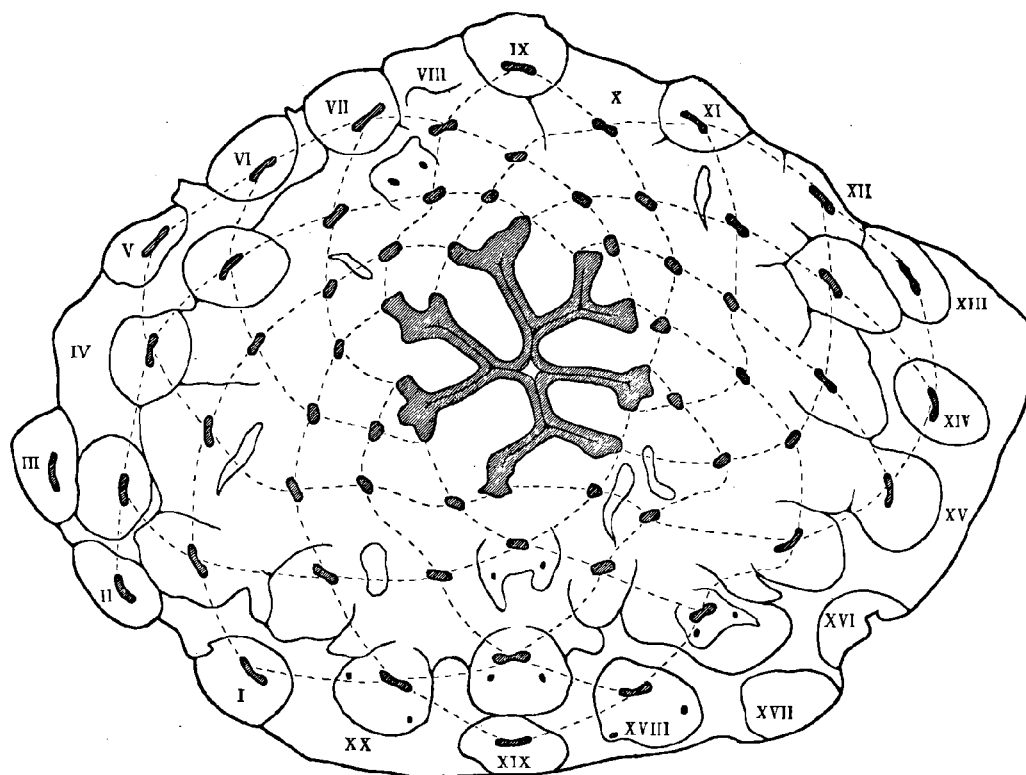


FIG. 3. — Face supérieure de l'échantillon du Musée géologique de Fribourg en Brisgau. — Dessin schématique destiné à montrer la distribution des traces foliaires.

Les chiffres de I à XX désignent les séries radiales de traces foliaires.

N.-B. — L'étoile ligneuse a conservé ici sa forme naturelle.

la réalité de ce dispositif, il est nécessaire de procéder à un examen détaillé de la couronne ligneuse ; ceci fera l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE IV

Preuves de la verticillation, tirées de l'étude de la couronne ligneuse Retards et anomalies

La série des fig. 29 à 33, Pl. V et 38 à 40, Pl. VI, représente le développement du pourtour de l'étoile ligneuse sur la préparation 484, c.2a ; toutes les branches de l'étoile ont été rabattues parallèlement les unes à côté des autres, en conservant leur ordre normal ; l'observateur est, comme toujours, supposé placé au centre du stipe. Ce dispositif facilite les comparaisons et permet une étude détaillée de toute la *couronne*, c'est-à-dire de toute la partie active de l'étoile ligneuse, celle qui donne naissance aux traces foliaires (1).

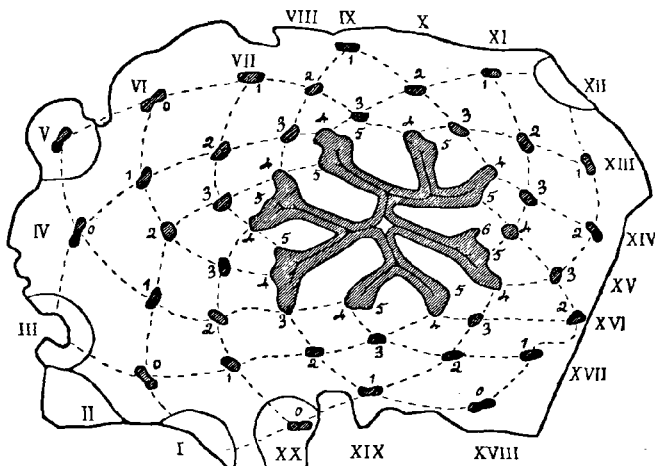


FIG. 4. — Face inférieure de l'échantillon de Fribourg en Brisgau. — Dessin schématique exécuté d'après la préparation 484, c. 2 a de la collection de M. de Solms-Laubach. (voir fig. 25, Pl. IV).

Les chiffres de I à XX désignent les séries radiales de traces foliaires.

Les traces foliaires appartenant à un même verticille ont reçu le même numéro : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

N.-B. — L'étoile ligneuse est très déformée à ce niveau (comparer à la fig. 3).

Sur les fig. 29 à 33 et 38 à 40, les *sommets* ont été numérotés de I à XX, conformément à la notation employée sur la fig. 3 du texte et sur la fig. 2, Pl. I. Toutes ces figures se rapportent à la coupe supérieure : 484, c.2a. Elles sont complétées par les fig. 34, 36, 37, 41 et 42, prises sur la coupe inférieure 484, c. 2.

La verticillation des traces foliaires serait évidente sans la perturbation, qui affecte tout un secteur du stipe. Par suite de la perturbation en question, la couronne ligneuse se trouve naturellement divisée en deux régions : un grand secteur ou *secteur normal* comprenant les sommets IV à XVI, et un petit secteur ou *secteur retardé*, comprenant les rayons XVII à III, et dans lequel toutes les traces foliaires paraissent éprouver un retard par rapport à celles du grand secteur.

Le secteur normal

Procédons d'abord à l'examen du secteur normal : fig. 30 à 33, Pl. V et fig. 38, Pl. VI ; figure d'ensemble, Pl. I.

(1) J'emploie ici le mot *couronne*, faute d'un autre mot pour désigner toute la *périphérie* de la masse ligneuse du stipe. L'étoile ligneuse comprend une *région centrale* ou *région anastomotique* ne jouant qu'un rôle *passif* et la *couronne*, région active par excellence.

Partons du sommet IV et tournons de gauche à droite en passant seulement par les sommets pairs : IV, VI, VIII, X, XII, XIV, XVI. A part des variantes très minimes, toutes les traces foliaires que nous rencontrons ainsi sont sensiblement au même état : elles sont pourvues de deux pôles intérieurs au bois et sont prêtes à se détacher de l'étoile ligneuse ; elles sont donc coupées au même niveau (*niveau 2*) et il faut qu'elles appartiennent au même verticille ou tout au moins au même tour de l'hélice primaire, que je désignerai par V4. Seule la trace foliaire, issue du sommet XIV (fig. 38) s'est déjà détachée et paraît un peu plus avancée ; mais l'examen de la coupe inférieure (fig. 41, Pl. VI) montre qu'elle ne fait pas exception à la règle et qu'elle appartient bien à la même série que ses voisines.

Si nous examinons de même les sommets impairs : V, VII, IX, XI, XIII, nous voyons que les traces foliaires en préparation sont encore toutes coupées au même niveau (*niveau 1*), c'est-à-dire qu'elles constituent un lobe saillant pourvu d'un seul pôle central ; elles appartiennent, elles aussi, à un même tour de l'hélice primaire, que j'appellerai V5. De plus les traces foliaires de la série impaire, alternent très régulièrement avec celles de la série paire.

Le secteur retardé

Dans toute cette région, les traces foliaires sont en retard par rapport à celles du grand secteur ; néanmoins, elles forment encore des séries homogènes ; la régularité n'est interrompue que lorsqu'on passe d'un secteur à l'autre.

Commençons par la série paire ; en passant du sommet XVI au sommet XVIII, on observe un retard brusque (fig. 38 et 39, Pl. VI) ; la trace foliaire en préparation sur le sommet XVIII paraît coupée au *niveau 1* et non plus au *niveau 2* ; le lobe ligneux est assez saillant, mais le pôle est encore simple, bien qu'il soit manifestement en voie de division ; la trace foliaire du sommet XX (fig. 40) est un peu plus avancée, elle a déjà ses deux pôles ; enfin le sommet II accuse un retard marqué surtout par rapport au sommet IV (fig. 29 et 30, Pl. V).

Dans la série impaire, le retard frappe moins, parce que les traces foliaires en préparation étant coupées plus bas que celles de la série paire forment toutes des lobes très peu saillants ; il faut donc regarder de plus près pour constater le retard. Les sommets XVII, XIX et III sont à peine moins avancés que les sommets impairs du grand secteur ; seul le sommet I accuse un retard considérable, la trace foliaire destinée au verticille supérieur V3 ne s'étant pas encore détachée (fig. 29, Pl. V).

En somme, dans le secteur retardé, la série paire alterne avec la série impaire tout aussi régulièrement que dans le grand secteur. Dans un cas comme dans l'autre le numérateur du cycle ne pourrait être que 2, et nous savons que le dénominateur est 20.

L'examen d'ensemble auquel nous venons de procéder tend à prouver la verticillation des appendices foliaires. D'autres remarques montrent que cette disposition est profondément marquée dans la forme même des branches de l'étoile ligneuse.

Examen particulier des branches bilobées

La forme des branches bilobées est toujours très simple ; tantôt c'est le lobe droit, qui sera le plus saillant, tantôt c'est le lobe gauche ; cela dépend de l'état des traces foliaires en préparation. L'aspect le plus ordinaire des branches bilobées est présenté par les fig. 32 et 33, Pl. V.

Rarement les deux lobes à la fois sont très peu saillants ; c'est ce qui se produit pour la branche XVII-XVIII (fig. 39), Pl. VI. Même dans ce cas, on peut encore reconnaître la portion qui revient à chacune des deux traces foliaires en préparation. La fig. 42, Pl. VI donne l'aspect de la même branche bilobée, prise sur la coupe inférieure, au moment précis où la trace foliaire f_3^{xvii} , destinée au verticille V3, se détache de la branche.

Verticillation sur le groupe des deux branches X-XI et XII-XIII. — On a vu que l'étoile ligneuse possède en tout quatre branches bilobées, groupées par deux. Les deux branches d'un même groupe offrent des états remarquablement concordants, par exemple : la trace foliaire en préparation sur le sommet XII est seulement un peu plus avancée que celle du sommet X (fig. 32 et 33, Pl. V) ; mais les sommets impairs : XI et XIII sont rigoureusement au même état.

Verticillation sur le groupe des deux branches XVII-XVIII et XIX-XX (fig. 39 et 40, Pl. VI). — De même ici, la trace foliaire du sommet XX est un peu plus avancée que celle du sommet XVIII, le pôle ligneux étant déjà divisé sur celle-là, tandis qu'il est encore simple sur celle-ci ; mais les sommets XVII et XIX sont très semblables.

Examen particulier des branches trilobées

Elles offrent des aspects plus variés que les branches bilobées suivant le niveau, où on les coupe.

Les sommets A, B et C, d'une branche trilobée ne sont pas situés à égale distance du centre du stipe mais sur une ligne oblique au rayon moyen. A étant le sommet le plus rapproché du centre, C sera le plus éloigné ; B est à peu près à mi-chemin entre les deux autres, mais paraît souvent plus rapproché de C.

On constate que les traces foliaires issues des sommets extrêmes A et C, marchent toujours de concert, mais le sommet A étant plus rapproché du centre, la trace foliaire correspondante devra se détacher la première de l'étoile ligneuse.

Verticillation sur la branche IV-V-VI (fig. 30, Pl. V). — La trace foliaire issue du sommet VI (A) se maintient à la même distance du centre que la trace issue du sommet IV (C) ; elle appartient donc au même verticille.

Verticillation sur la branche XIV-XV-XVI. — Il en est de même sur la branche XIV-XV-XVI. Comparons entre elles les fig. 38 et 41, Pl. VI. Sur la coupe inférieure (fig. 41), les sommets XIV (A) et XVI (C) se font pendant exactement ; sur la coupe supérieure (fig. 36), on constate que la trace f^{xiv} s'est détachée la première, mais f^{xvi} est prête à se détacher à son tour et son départ rétablira immédiatement l'équilibre entre les sommets A et C.

Les fig. 30, Pl. V et 41, Pl. VI, nous font connaître un premier aspect des branches trilobées : celui où les traces foliaires issues des sommets extrêmes sont les plus avancées et constituent deux lobes très saillants ; la trace foliaire en préparation sur le sommet moyen B est représentée par un lobe ligneux unipolaire.

Verticillation sur la branche VII-VIII-IX. — Les fig. 31 et 36, Pl. V, nous offrent un second aspect des branches trilobées ; c'est celui où la trace foliaire issue du sommet moyen B est plus avancée que

les deux autres ; ce nouvel aspect est exactement l'inverse du premier. Les deux sommets extrêmes A et C, bien qu'inégalement éloignés du centre ont cependant des états identiques : lobe ligneux arrondi avec pôle central (*niveau 1*). La verticillation se manifeste une fois de plus et devient tout à fait frappante, quand on considère les traces foliaires issues des trois sommets : sur la fig. 36, Pl. V (prise sur la coupe inférieure), il y a l'indication de quatre verticilles successifs : V2, V3, V4 et V5. Les deux traces foliaires du verticille V3, notamment se font pendant en face des sommets A et C, et alternent normalement avec les traces du verticille V4.

Cas de la branche I-II-III. — La fig. 38, Pl. VI nous montre l'aspect d'une branche trilobée à un niveau spécial ; c'est le moment où la trace foliaire issue de A est déjà détachée, alors que celle issue de C est encore adhérente à l'étoile ligneuse ; on sait que cet état est essentiellement transitoire, puisque le départ de la trace f^{xvi} est imminent ; il faut donc que la section soit faite à un niveau bien déterminé.

Par suite de circonstances particulières, le même aspect se trouve exagéré et prolongé sur la branche I-II-III. La trace foliaire, issue du sommet I (C) et destinée au verticille V3, est frappée d'un retard considérable ; elle reste adhérente à l'étoile ligneuse longtemps après le départ de la trace issue du sommet III (A) ; sur la coupe inférieure (fig. 34, Pl. V), elle commence à faire une saillie importante et sur la coupe supérieure (fig. 29), elle est toute prête à se détacher. Depuis le départ de la trace foliaire issue du sommet III, la branche trilobée conserve donc un aspect nettement *dissymétrique*, et cela sur une certaine longueur.

Néanmoins, l'étude détaillée que nous venons de faire des trois autres branches trilobées de ce même échantillon d'*Asterochlaena* permet d'affirmer par comparaison, que la branche I-II-III ne fait pas exception à la règle et que les traces issues des sommets I et III appartiennent bien au même verticille. Il serait inadmissible du reste que la couronne ligneuse offre dans une région un arrangement des traces foliaires différent de ce que nous avons vu si clairement dans les autres parties. Si la branche I-II-III se conduit d'une manière un peu aberrante, cela tient uniquement à sa situation particulière au point de contact entre le secteur retardé et le secteur normal.

Dérangements dans la distribution des traces foliaires **Causes possibles de ces dérangements**

Comme il a été dit plus haut (pp. 31 et 32), quand on trace les cercles verticillaires successifs, on constate un retard très marqué de toutes les traces foliaires situées sur les rayons : XVII, XVIII, XIX, XX, I, II, et III. J'ai signalé un retard analogue sur l'échantillon original de Stenzel ; mais chez ce dernier le secteur retardé n'embrassait qu'un petit nombre de rayons : trois ou quatre ; seule une branche trilobée était vraiment frappée par le retard. Sur la face inférieure de l'échantillon de Fribourg, le retard atteint une branche trilobée et deux branches bilobées, soit : sept sommets sur vingt. Cette anomalie s'explique pourtant d'une façon satisfaisante, lorsque l'on a l'échantillon en main.

Remarquons d'abord qu'il n'y a pas eu d'erreur commise dans la détermination du cycle ; l'étude détaillée de la couronne ligneuse, esquissée précédemment, ne laisse aucun doute à ce sujet. Le retard, qu'on observe sur les traces foliaires du petit secteur se traduit simplement par une déviation vers le centre des cercles verticillaires successifs, de sorte que la disposition verticillée subsiste

même dans la région troublée. D'autre part, le tracé des hélices secondaires exclut absolument la possibilité d'une erreur dans la détermination du cycle. Je rappelle que ces hélices sont faciles à tracer et faciles à compter (voir les fig. 3 et 4 du texte). Or dans le cas d'un cycle comme : $\frac{8}{21}, \frac{10}{21}$, etc., les nombres d'hélices vers la droite et vers la gauche diffèrent de plusieurs unités ; s'ils ne diffèrent que d'une unité, le numérateur du cycle est forcément 2 ; c'était le cas de l'échantillon I type de Stenzel. S'ils sont égaux, il y a verticillation ; c'est le cas de l'échantillon de Fribourg (1).

D'un autre côté, la région atteinte par le retard est assez étendue pour que l'on pense à invoquer *une légère obliquité de la section* ; mais il faut noter que le passage du secteur normal au secteur retardé est brusque ; si le retard était dû seulement à l'obliquité de la section, le passage d'une région à l'autre serait graduel.

J'ai signalé au début de cette étude, l'existence d'un refoulement important vers la base de l'échantillon de Fribourg, ce refoulement a causé l'aplatissement de la face inférieure. Or, si l'on examine la face supérieure (fig. 3 du texte), on s'aperçoit que les anomalies, observées sur la face inférieure, sont très atténuées ou même n'existent plus du tout. La seule irrégularité que l'on relève est une légère avance des sommets : XI à XVI. Les perturbations s'expliquent donc aisément d'abord par de légères avances ou de légers retards qui se produisent sur le vivant, aussi bien dans une tige à appendices verticillées, que dans une tige à disposition spiralée. Dans le cas de l'échantillon de Fribourg, le retard d'une partie des traces foliaires se trouve certainement accentué par le refoulement, qui affecte la région inférieure de l'objet et qui a provoqué un déplacement longitudinal des tissus *post-mortem*.

Il n'est donc pas nécessaire d'invoquer ici l'obliquité de la section, non plus que la dorsiventralité du stipe.

En résumé :

1^o L'étude détaillée de la couronne ligneuse de l'échantillon de Fribourg et le tracé des hélices secondaires démontrent que les traces foliaires sont distribuées suivant un cycle dont le numérateur ne pourrait être que 2. Comme nous savons d'autre part que le dénominateur est 20, il est absolument certain que *les traces foliaires sont verticillées par 10, avec alternance d'un verticille au suivant*.

2^o *La nature des branches de l'étoile ligneuse, bilobée ou trilobée, n'influe en rien sur la phyllotaxie, ni sur la forme des traces foliaires.*

Quel que soit le point, d'où elle est issue, la trace foliaire a les mêmes dimensions ; elle offre la même structure à des niveaux homologues ; il n'y a aucune différence entre la trace issue d'une branche bilobée et une trace issue d'une branche trilobée.

La nature des branches n'intervient pas davantage dans la distribution des traces foliaires et l'on voit un verticille donné se poursuivre sans difficulté d'une branche bilobée sur une autre branche trilobée, aussi bien que d'une branche trilobée sur une branche bilobée (voir les fig. 30 à 33, Pl. V, etc.). En d'autres termes : *la forme même de la masse ligneuse ne gêne en rien la phyllotaxie et l'on n'aurait pas un dispositif plus simple, si les sommets étaient distribués à la périphérie d'une masse de bois pleine.*

3^o On observe à la partie inférieure de l'échantillon de Fribourg, un retard important de toutes les traces foliaires situées sur les rayons XVII, XVIII, XIX, XX, I, II et III. Ce retard est dû en

(1) On aperçoit immédiatement ces résultats en appliquant les méthodes de calcul de M. J. d'Ascensao Guimaraes, *loc. cit.* (Voir p. 10).

partie à de légères perturbations produites du vivant de la plante, mais qui se trouvent accentuées ici par un refoulement des tissus, survenu *post-mortem*. En tout cas, la présence de cette anomalie n'infirmé nullement nos conclusions précédentes.

CHAPITRE V

Le bois et le parenchyme interne. — Le protoxylème

La grande masse du bois est constituée par des vaisseaux scalariformes du type classique : vaisseaux offrant une seule série d'échelons sur chacune de leurs faces. Il n'existe pas de section longitudinale de l'échantillon II, mais l'aspect des vaisseaux en section transversale révèle suffisamment la nature de leurs épaissements; en dépassant la mise au point, les angles des cellules deviennent noirs, tandis que leurs faces deviennent claires sur toute leur étendue, ce qui est dû précisément à l'espace vide séparant deux échelons successifs (fig. 51, Pl. VI, fig. 53, 54, 57, Pl. VII). En outre, on voit que les vaisseaux sont soudés les uns aux autres suivant leurs arêtes; les faces en regard ne se touchent pas; cette observation permettrait de conclure à l'absence de lamelles moyennes sur le vivant. Le diamètre des vaisseaux est en moyenne de 50 à 60 μ .

Le protoxylème comprend deux parties distinctes : les *bandes médianes* et les *pôles sortants*.

Les bandes médianes de protoxylème représentent en quelque sorte le squelette de l'étoile ligneuse; elles constituent en effet la partie moyenne de toutes les lames ligneuses; elles s'anastomosent ou se divisent avec elles. La branche XIV-XV-XVI n'étant anastomosée avec aucune de ses voisines offre une lame continue de protoxylème d'une longueur remarquable; elle a près de 5 mm.

Au centre même de l'étoile, les éléments de protoxylème s'écartent pour laisser entre eux un carré à côtés concaves, occupé par du tissu à parois minces, composé probablement de fibres primitives : *parenchyme interne*; ce tissu est en très mauvais état; tout ce que l'on en peut dire, c'est que les cellules sont assez grandes et mélangées de grosses *trachéides internes*. Ces trachéides, courtes et globuleuses, offrent des ornements spiralés très serrés; (*ti*, fig. 54 et 56, Pl. VII); elles ne sont donc pas réticulées comme c'est le cas pour le stipe du *Diplolabis*. Elles mesurent en moyenne : 60 μ sur 100 μ , en section transversale.

Le tissu à parois minces tend à s'insinuer dans la partie moyenne des lames ligneuses, mais il ne s'étend pas très loin et les bandes médianes de protoxylème paraissent tout à fait dépourvues de parenchyme interne.

Des éléments de protoxylème s'observent également sur les quatre faces du carré central (*px*, fig. 56 et 54, Pl. VII) mais au lieu de former une bordure continue, ils sont distribués par petits amas irréguliers; très abondants sur certains points, ils semblent manquer sur d'autres.

Chaque bande médiane est en réalité une lame verticale de petits éléments ligneux. Sur les sections transversales, il est impossible d'apercevoir la nature de leur ornementation. Cependant l'al-

lure de ces bandes médianes, leur situation et surtout leur aspect comparé à celui des vaisseaux scalariformes voisins (*px* et *v*, voir fig. 50, 51, Pl. VI) sont assez caractéristiques pour que l'on puisse affirmer que l'on a bien affaire à du protoxylème. Il y a certainement là des *éléments trachéens* annelés ou spiralés.

Les lames de protoxylème n'ont pas une épaisseur uniforme sur toute leur étendue ; çà et là, elles présentent des renflements irréguliers (*k*, fig. 50 et 51) ; leur composition n'est pas non plus uniforme, c'est-à-dire qu'aux très petits éléments, qui ne mesurent pas plus de 10 à 15 μ de diamètre, se mélangent des éléments plus gros (25 à 30 μ), qui sont manifestement des vaisseaux scalariformes de petit calibre (*k*, fig. 51, Pl. VI) et qui représentent par conséquent le début du métaxylème. Ceci s'explique facilement en supposant que certains éléments procambiaux, situés au voisinage de la bande médiane de protoxylème ont continué à s'élargir et à s'allonger avant d'épaissir leurs parois ; les petits éléments de protoxylème se trouvent donc plus ou moins écrasés, séparés les uns des autres, dérangés de leur place normale par les vaisseaux scalariformes formés après eux.

Au point de rencontre de deux lames de protoxylème il se forme un triangle à côtés concaves. Là encore on observe des éléments plus gros, qui dissocient la masse et rompent la continuité entre les véritables éléments de protoxylème ; ceux-ci sont peu nombreux et perdus au milieu des autres ; les éléments plus gros sont encore ici des vaisseaux scalariformes de petit calibre (*k*, fig. 53, Pl. VII).

Sur l'échantillon II, on n'observe jamais de parenchyme interne dans les triangles situés au point de concours de deux lames ligneuses.

Les lames de protoxylème se terminent à l'intérieur des branches bilobées ou trilobées, mais bien avant d'atteindre le bord du bois. Le plus souvent, elles s'élargissent à leur extrémité et forment plusieurs renflements.

Sur les branches trilobées, l'extrémité de la bande de protoxylème se recourbe et se prolonge vers le sommet le plus éloigné C ; elle est renflée et comme digitée, elle paraît émettre des projections vers les trois pôles sortants (*px*, fig. 30 et 35, Pl. V).

Sur les branches bilobées, la bande de protoxylème se termine parfois en pointe (fig. 39, 42 et 51, Pl. VI) les derniers éléments paraissant se fondre au milieu de la masse des gros vaisseaux scalariformes ; parfois la bande paraît légèrement élargie à son extrémité (fig. 40, Pl. V).

Pôles sortants. — Ce sont les pôles destinés aux traces foliaires ; ils sont d'abord *ponctiformes* (A, B, C, D sur les figures), c'est-à-dire composés d'un très petit nombre d'éléments trachéens exactement encadrés par les gros vaisseaux scalariformes. Au-dessous d'un certain niveau, ce groupe de petits éléments devient difficile à discerner ; on pourrait croire qu'inférieurement, il se termine en pointe, sans se rattacher aux bandes médianes de protoxylème.

Vers le haut, le pôle sortant D, s'élargit dans le sens tangentiel et se divise en deux pôles : T_g , T_d (fig. 30, Pl. V) ; dans chaque pôle T, au milieu des éléments de protoxylème, on voit apparaître des fibres primitives à parois minces, *parenchyme interne* ; à mesure qu'on s'élève, le parenchyme interne augmente d'importance ; ainsi se constituent les deux boucles périphériques de la trace foliaire.

Un fait digne d'être relevé s'observe sur les fig. 40 et 45, Pl. VI. Les deux pôles T_g , T_d , sont accompagnés d'un groupe trachéen plus petit P, placé devant eux ; le pôle sortant primitif D ne s'est donc pas divisé simplement en deux, mais en trois ; tandis que T_g et T_d sont destinés à la trace foliaire, le troisième pôle ou *pôle résiduel*, P, ne passe pas dans la trace foliaire ; il reste dans l'extrémité de

la branche réparatrice ; théoriquement il remplace D et devrait plus haut fournir de même les pôles T_g , T_d destinés à la trace foliaire suivante. Toutefois le pôle résiduel P est difficile à voir ; on l'aperçoit très nettement sur le sommet XX (fig. 40) ; il paraît exister également sur les sommets VIII, (P, fig. 35), X (fig. 32), XII (fig. 33 et 37), etc.

Relations des pôles sortants avec les bandes médianes de protoxylème. — La liaison entre les deux portions du protoxylème : portion réparatrice (bandes médianes) et portion sortante (pôles sortants), n'apparaît pas très clairement en section transversale ; nous disposons pourtant de deux coupes successives et la comparaison des divers sommets entre eux permet de réaliser toute une série d'états très voisins.

Il est infiniment probable que de l'extrémité de chaque bande de protoxylème se détachent de très petits lobes, c'est-à-dire de minces cordons trachéens, qui donnent naissance aux pôles sortants, A, B, C, D. Dans le cas d'un pôle résiduel P, ces cordons trachéens établiraient simplement une connexion entre P et la bande médiane.

La fig. 42, dont une partie est grossie fig. 57, Pl. VII, montre ce que peut être ce genre de relations. D'un côté, le pôle sortant D, de l'autre l'extrémité de la bande médiane de protoxylème, entre les deux un espace occupé par des vaisseaux scalariformes, mais dans lequel on peut discerner un ou deux petits éléments l , noyés dans la masse des gros vaisseaux.

On ne voit jamais comme on devrait s'y attendre un groupe bien défini de petits éléments de protoxylème se détacher de l'extrémité de la bande médiane pour sortir dans la trace foliaire ; les pôles sortants semblent apparaître indépendamment de la bande médiane. D'autre part, toujours la bande médiane semble émettre des projections vers les pôles sortants, comme pour se raccorder avec eux ; ceci est particulièrement net sur les branches trilobées (px , fig. 30, 35, etc.)

Tels sont les faits observés. Il me paraît logique de conclure, que les cordons trachéens sont primitivement en relation avec les bandes médianes de protoxylème dont ils émanent, mais que par suite de l'élargissement et de l'allongement des éléments du métaxylème la connexion originale devient difficile à saisir sur la même tige plus âgée, les petits éléments du protoxylème étant noyés et dissociés au milieu de la masse des gros vaisseaux.

En résumé :

- 1° Le centre de l'étoile est occupé par des fibres primitives à parois minces et par des trachéides internes ;
 - 2° Le métaxylème est composé de vaisseaux scalariformes ;
 - 3° Le protoxylème forme des lames minces occupant la partie moyenne des lames ligneuses ;
 - 4° Les pôles sortants destinés aux traces foliaires prennent très probablement naissance aux dépens de l'extrémité de bandes médianes de protoxylème. Mais la connexion originale est oblitérée en grande partie par la différenciation ultérieure des vaisseaux scalariformes.
-

CHAPITRE VI

Les tissus autres que le bois. — Liber. — Gaine protectrice du faisceau.

Tissu fondamental. — Gaine mécanique sclérifiée. — Racines.

Le liber est presque partout mal conservé ; il est cependant en beaucoup meilleur état que sur l'échantillon I. La région, qui m'a paru la plus favorable à l'observation, est située au fond du sinus compris entre les deux lames trilobées : IV-V-VI et VII-VIII-IX (*ph*, fig. 56, Pl. VII et fig. 49 Pl. VI). En ce point le liber est séparé du bois par un décollement, mais il n'est pas trop déformé. On aperçoit de grosses cellules, probablement des *tubes criblés*, qui paraissent disposées sur une seule rangée.

On peut voir les mêmes éléments bien alignés, mais très aplatis autour du sommet XV (B, fig. 38 et 41, Pl. VI) et sur le flanc de la branche XX (*ph*, fig. 40).

Les grosses cellules libériennes mesurent environ : $30 \mu \times 40 \mu$; le diamètre tangentiel est un peu plus fort que le diamètre radial, ce qui est dû sans doute à l'affaissement. Elles sont comprises entre deux couches d'éléments très petits, mais complètement écrasés, qui les isolent d'une part du bois et de l'autre de la gaine casparyenne.

Extérieurement, et tout contre le liber, on devine plutôt qu'on n'aperçoit, plusieurs rangées de cellules mal conservées, mais non écrasées (*en*, fig. 49, Pl. VI) ; ces cellules étaient donc pourvues de parois assez résistantes, et je crois qu'on peut les considérer comme formant une couche protectrice autour du liber. Les dimensions de ces éléments oscillent entre 20 et 40 μ . Je n'ai pas pu distinguer de gaine casparyenne, ni d'assise péricambiale autour du liber.

A la gaine protectrice succède un tissu fondamental à parois minces (*tf*, fig. 49) ; mais celui-ci est en très mauvais état. Ce n'est qu'en faisant varier la mise au point qu'on réussit à apercevoir çà et là des débris de tissus étirés radialement ; ces débris sont presque impossibles à reproduire en photographie et surtout en phototypie. Ils sont plus visibles à un faible grossissement : par exemple, sur les fig. 36 et 37, Pl. V, on aperçoit assez bien les trainées de tissu fondamental à parois minces, *tf*, qui remplissent les baies entre les branches de l'étoile ligneuse. A un grossissement plus fort tout devient indistinct (*tf*, fig. 49, Pl. VI). Les cellules de ce tissu sont très petites ; elles mesurent : 15 à 30 μ de diamètre au plus.

Autour de l'étoile, on reconnaît encore la présence du même tissu, notamment en face de la branche XIV-XV-XVI (*tf*, fig. 38, Pl. VI). Mais bientôt commence le tissu mécanique, qui est ici particulièrement épais ; les bandes de cellules sclérifiées (*gs*, fig. 25, Pl. IV, fig. 36, Pl. V) s'avancent dans l'intérieur du stipe jusqu'au voisinage de l'étoile ligneuse, pour englober les traces foliaires sortantes avec une certaine quantité de tissu fondamental à parois minces. La fig. 26, Pl. V, montre l'aspect de ces bandes de cellules sclérifiées qui sont beaucoup mieux conservées, que sur l'échantillon I ; le diamètre des cellules varie entre 40 et 50 μ .

Tissu fondamental et tissu mécanique sont troublés par le passage de nombreuses racines coupées obliquement ou tangentiellement, qui ont elles aussi leur gaine mécanique propre.

Le bois de chaque trace foliaire est accompagné de liber et d'un peu de tissu fondamental à

parois minces, qui occupe l'espace libre entre la gaine mécanique et la masse libéro-ligneuse. Le liber enveloppant les traces foliaires est très mal conservé, il forme autour du bois une zone brune de cellules écrasées; (*ph*, fig. 52 et 55, Pl. VII), cette zone est limitée extérieurement par trois ou quatre rangées d'éléments mieux conservés (*en*, fig. 48, Pl. VI et fig. 55), qui représentent *une gaine protectrice du faisceau*; ces éléments ont les mêmes dimensions, que ceux de la couche protectrice que nous avons signalée à l'extérieur du liber autour de l'étoile libéro-ligneuse.

Le tissu fondamental, situé au voisinage immédiat de la trace foliaire est très abîmé; sa place est marquée par des précipitations ferrugineuses; en se rapprochant de la gaine mécanique sclérifiée on trouve des cellules dont les parois un peu plus épaissies, ont mieux résisté à la décomposition (*tf*, fig. 46, Pl. VI). Ces cellules ont des dimensions beaucoup plus considérables que celles du tissu fondamental à parois minces que nous avons observé précédemment entre les branches de l'étoile ligneuse; leurs dimensions oscillent entre 30 et 70 μ .

Racines. — Il y a ici comme sur l'échantillon I deux sortes de racines adventives: les unes en corrélation avec le départ des traces foliaires, les autres insérées directement sur les flancs des lames ligneuses.

Les premières se détachent latéralement de la trace foliaire au moment où celle-ci quitte l'étoile ligneuse (*r*, fig. 34, 35, Pl. V; fig. 41, 42, Pl. VI); il y en a très probablement deux par trace foliaire, l'une à droite, l'autre à gauche; mais leur départ est assez irrégulier, c'est-à-dire qu'elles s'insèrent tantôt plus bas, en face de l'un des pôles de la trace foliaire, (*r*, fig. 35), tantôt plus haut, et alors presque à la face antérieure de la trace foliaire (fig. 42).

Les racines de la seconde catégorie s'attachent sur les flancs de l'étoile et de préférence dans l'angle formé par l'intersection de deux lames ligneuses (*r*, fig. 37, Pl. V); la fig. 50, Pl. VI, montre en *r* un groupe de petits éléments, destinés à l'insertion d'une de ces racines adventives sur le flanc de la lame trilobée: VII-VIII-IX (voir aussi: fig. 31, Pl. V).

L'échantillon II montre encore d'autres racines, qui s'insèrent sur un sommet de l'étoile ligneuse dans l'intervalle de deux départs foliaires; c'est le cas de la racine *r*, qui s'insère sur le sommet III (A, fig. 34, Pl. V); mais j'estime qu'il n'y a là qu'une variété des racines de la 2^e catégorie.

Toutes les racines examinées en section transversale offrent une masse ligneuse bipolaire ovale. Durant leur trajet à travers l'écorce, elles ont un diamètre qui est la moitié, ou les $\frac{2}{3}$ de celui des traces foliaires sortantes; ces dernières mesurent environ 1 mm. près de l'étoile ligneuse et 2 mm. quand elles atteignent la périphérie.

TROISIÈME PARTIE

Échantillon de la Collection de M. de Solms-Laubach

(ÉCHANTILLON III)

Cet échantillon fait partie de la collection de M. le Comte de Solms-Laubach. Il provient comme les précédents des tufs permians de Chemnitz. Grâce à l'obligeance de M. de Solms, j'ai pu étudier une section transversale, prélevée sur cet échantillon (préparation n° 348 de la collection de M. de Solms).

La conservation de ce spécimen est très défectueuse. La surface du stipe manque sur la section transversale. L'étoile ligneuse est complète et faiblement déformée dans son contour général ; mais les tissus sont profondément altérés ; deux grosses branches trilobées sont déchirées à leur base et assez abimées. Certains cordons foliaires manquent au voisinage de l'étoile ligneuse ; leur disparition paraît due au retrait ; les hélices foliaires ne peuvent donc pas être tracées en toute certitude.

Néanmoins, j'ai pu déterminer le nombre des sommets de l'étoile ligneuse qui est de 22.

Il y a : 1 branche unilobée ;
 6 branches bilobées ;
 3 branches trilobées.

En prenant comme origine la branche unilobée et en tournant de gauche à droite, on rencontre successivement :

- 1° Une branche unilobée : I.
- 2° Une — bilobée : II-III.
- 3° Une — trilobée : IV-V-VI.
- 4° Trois — bilobées : VII-VIII, IX-X et XI-XII.
- 5° Deux — trilobées : XIII-XIV-XV et XVI-XVII-XVIII.
- 6° Deux — bilobées : XIX-XX et XXI-XXII.

Les fig. 23 et 24, Pl. IV, représentent ensemble douze sommets de l'étoile ligneuse (I à XII), soit : plus de la moitié de la couronne. Je n'ai pas jugé utile de figurer l'autre partie de l'étoile ligneuse, qui est moins intéressante et dans laquelle les deux branches trilobées : XIII-XV et XVI-XVIII sont particulièrement en mauvais état.

L'étoile ligneuse mesure environ 14 mm. de diamètre. On trouve encore ici des *lames ligneuses bilobées*, alimentant deux génératrices foliaires, et des *lames trilobées*, alimentant trois génératrices. Mais il y a en outre une *lame unilobée*, qui constitue en fait une *réparatrice simple* isolée. C'est le seul exemple de lame unilobée que j'ai observé avec certitude chez *A. laxa* et c'est ce qui m'a déterminé à décrire ce spécimen malgré son mauvais état de conservation.

La branche unilobée I est en train d'émettre une trace foliaire, sur laquelle s'insère latéralement une racine, *r* (fig. 23, Pl. IV). Elle est anastomosée avec la branche bilobée II-III. On remarquera, que ces deux branches sont courtes et grêles ; on peut facilement se les représenter comme dérivées toutes deux d'une même branche trilobée.

Au point de vue théorique cette observation est importante ; elle autorise à considérer toute branche trilobée, comme composée en réalité d'une branche bilobée courte et d'une branche unilobée courte. D'autre part, une branche unilobée peut sans doute devenir bilobée par adjonction d'un sommet supplémentaire ; de même une branche bilobée pourra devenir trilobée, etc. On voit par là comment le nombre des sommets de l'étoile ligneuse peut augmenter ou diminuer d'une façon très simple, selon que le point de végétation s'élargit ou se rétrécit.

La portion de la couronne ligneuse, qui se trouve figurée, fig. 23 et 24, Pl. IV, est suffisante pour montrer que la tendance à la verticillation est aussi marquée dans ce spécimen que sur les échantillons I et II :

Du sommet II au sommet XII, la verticillation est assez régulière ; les sommets pairs : II, IV, VI, VIII et XII sont tous pourvus d'une trace foliaire, prête à s'échapper (niveau 2) ; les sommets impairs : III, V, VII, etc., sont au contraire tous coupés au niveau 1 (= lobe ligneux peu saillant pourvu d'un pôle unique intérieur au bois). Mais cette régularité est légèrement troublée par le retard, qui frappe les deux sommets de la branche IX-X (fig. 24). On peut se demander si cette anomalie n'est pas due simplement à un affaissement longitudinal de cette branche.

Une autre perturbation existe sur la branche unilobée I : la trace foliaire émise par le sommet I est presque aussi avancée que les traces foliaires de la série paire, alors qu'elle devrait être à l'état des autres traces de la série impaire.

La même tendance à la verticillation et des irrégularités de même ordre s'observent sur les dix autres sommets de l'étoile ligneuse. Je les passerai rapidement en revue. Les sommets pairs : XIV, XVI, XVIII, offrent comme les précédents, chacun une trace foliaire prête à se détacher ; toutefois la trace foliaire XVI n'est pas visible sur la préparation, bien que sa place soit nettement marquée ; le cordon foliaire a été sans aucun doute brisé par le retrait. Le sommet XX paraît en retard comme le sommet X. Enfin la trace foliaire issue du sommet XXII, manque également sur la section. La série impaire ne donne lieu à aucune remarque, si ce n'est que le sommet XIX est très en retard.

Malgré ces irrégularités, dues surtout au mauvais état de conservation du spécimen, je crois pouvoir conclure que les traces foliaires sont verticillées par 11 avec alternance d'un verticille au suivant.

L'arrangement des branches de l'étoile ligneuse et leurs anastomoses au centre de l'organe sont totalement différents de ce que nous avons vu sur les deux premiers échantillons. Néanmoins, on peut s'assurer par comparaison que la structure du bois et le mode d'émission des traces foliaires sont demeurés les mêmes, par exemple : on devine les bandes médianes de protoxylème, bien que l'on ne puisse rien apercevoir de leur structure.

Par la forme renflée et légèrement ondulée des branches de l'étoile ligneuse, l'échantillon III doit être rapproché de l'échantillon type d'*Asterochlæna laxa* de Stenzel. Si nous laissons de côté la distribution des branches de l'étoile, nous voyons qu'il en diffère seulement par le nombre de ses sommets (22 au lieu de 21) et par la présence d'une branche unilobée.

QUATRIÈME PARTIE

Échantillon du Musée Géologique de Breslau

(ÉCHANTILLON IV)

Cet échantillon provient encore de Chemnitz. Il est conservé au Musée Géologique de l'Université de Breslau. Il a été décrit très sommairement par Stenzel, pour Gœppert, sous le nom d'*Asterochloëna Cottai* Corda (1). On sait que Corda avait changé tous les noms donnés par Cotta aux *Tubicaulis*. C'est ainsi que le *Tubicaulis ramosus* Cotta était devenu l'*Asterochloëna Cottai*. *A. Cottai* Corda est donc synonyme d'*A. ramosa*.

Stenzel a montré plus tard (en 1889), que notre échantillon IV appartenait en réalité à *A. laxa* Stenzel (2). Le travail de Gœppert cité ci-dessous (1) renferme trois figures relatives à ce spécimen ; les fig. 1, Pl. VIII et 1 a, Pl. IX, représentent toutes deux la face inférieure de l'échantillon. La fig. 1 b, Pl. IX, représente une branche de l'étoile ligneuse grossie ; ce dessin exécuté d'après la surface polie ne fournit que peu de renseignements ; la bande médiane de protoxylème est représentée par une bande blanche.

Il n'existe pas à ma connaissance de lames minces prélevées sur cet échantillon. Néanmoins, je crois utile de le décrire en quelques mots, parce qu'il offre une particularité intéressante.

J'ai pu étudier l'échantillon original lors d'un voyage à Breslau en 1907 et j'adresse ici mes remerciements à MM. les Professeurs Frech et Gurich, qui ont bien voulu m'autoriser à en prendre une photographie.

La fig. 5 du texte a été dessinée d'après cette photographie. Elle représente la face inférieure de l'échantillon ; celle-ci ne mesure pas plus de 45 mm., suivant son grand axe ; le stipe proprement dit ne paraît pas dépasser 36 mm. Enfin l'étoile ligneuse a environ 15 mm. de diamètre ; c'est à peu près la même dimension que sur les trois échantillons étudiés précédemment.

Pas plus que sur l'échantillon III, je n'ai pu tracer exactement toutes les hélices foliaires et j'ai dû me contenter de compter les sommets de l'étoile ligneuse ; leur nombre est considérable, il est d'au moins 26 et peut être de 27.

Il y a d'abord une branche trilobée et dix branches bilobées, qui se reconnaissent aisément par les génératrices foliaires qu'elles alimentent.

Il y a en outre deux autres branches (XXIV à XXVII), qui alimentent à elles deux certainement

(1) STENZEL in GÖPPERT. Die fossile Flora der permischen Formation. 1865, p. 41, fig. 1, Pl. VIII, fig. 1 a et 1 b, Pl. IX.

(2) STENZEL. Die Gattung Tubicaulis.

trois génératrices ; l'une d'elles est forcément bilobée ; l'autre serait unilobée ; peut être est-elle bilobée également. Il y a donc en tout :

- 1 branche trilobée,
- 11 branches bilobées,
- plus 1 branche uni- ou bilobée.

Sur la fig. 5 du texte, j'ai admis que la branche XXIV-XXV était bilobée ; toutefois il est possible que les deux séries radiales XXIV et XXV se confondent en une seule.

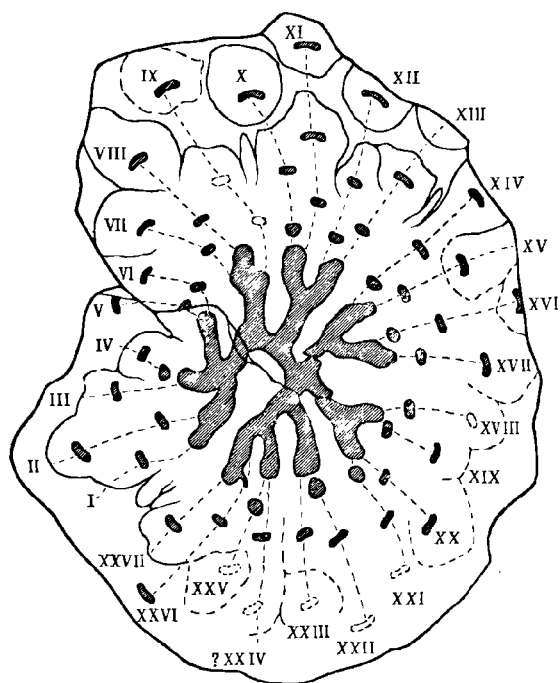


FIG. 5. — Face inférieure de l'échantillon du Musée Géologique de Breslau. — Dessin schématique destiné à montrer la distribution des traces foliaires.

I à XXVII, séries radiales.

L'échantillon III, mais l'agencement de ces branches est de nouveau complètement différent de ce que nous avons vu sur les trois autres échantillons.

Comme on peut le voir par cette figure, la structure générale de l'échantillon IV est la même que celle des échantillons I, II et III ; les traces foliaires sont émises de la même façon ; elles sont accompagnées de racines latérales qui circulent entre elles. La tendance à la verticillation est toujours aussi manifeste, troublée seulement çà et là par des irrégularités.

Les quelques pétioles, que l'on aperçoit extérieurement au stipe, sont espacés, et non serrés les uns contre les autres comme c'est le cas pour *A. ramosa*. Rien n'autorise donc à classer cet échantillon dans une espèce distincte d'*A. laxa*, si ce n'est le grand nombre des sommets de l'étoile ligneuse. L'*A. ramosa* type de Cotta possède 28 sommets, c'est-à-dire seulement deux de plus que notre échantillon IV. On voit par là, que si la distinction des deux espèces était basée uniquement sur le nombre des génératrices foliaires, elle n'aurait aucune raison d'être.

L'échantillon de Breslau, par la forme des branches de l'étoile ligneuse ressemble surtout à l'échantillon type de Stenzel et à

COMPARAISON DES ÉCHANTILLONS ENTRE EUX ET A L'ASTEROCHLÆNA RAMOSA

Nous avons examiné quatre échantillons distincts d'*Asterochlæna*. On peut se demander s'ils n'appartiennent pas à des espèces différentes. En effet le nombre des sommets de l'étoile ligneuse, le nombre des lames ligneuses, leur distribution et leurs anastomoses sont essentiellement variables d'un échantillon à l'autre. Mais la structure générale de l'étoile ligneuse et des autres tissus, la structure des traces foliaires et leur mode d'émission n'offrent aucune différence d'un échantillon à l'autre. Ceci nous autorise à rapporter nos quatre échantillons à *Asterochlæna laxa*, Stenzel. A la diagnose de l'espèce, il faut seulement ajouter :

1° *Que le nombre des sommets de l'étoile peut varier de 20 à 26.* Bien que le nombre des sommets demeure constant sur tous les échantillons examinés, il est probable que ce nombre peut augmenter ou diminuer sur une même tige suivant les besoins de la végétation.

2° *Que la région anastomotique (centre de l'étoile) varie d'un individu à l'autre ; elle varie peu ou elle est invariable dans une tige donnée (sur au moins 30 mm. de longueur : échantillons I et II).*

3° *Que les lames ligneuses sont le plus souvent bilobées ou trilobées : elles peuvent être exceptionnellement unilobées.*

Seul l'échantillon de Fribourg (échantillon II) semble offrir quelques différences par rapport au type de Stenzel (échantillon I), (comparer les fig. 1 et 2, Pl. I) :

1° Les lames ligneuses sont relativement plus allongées et plus minces que chez ce dernier ; elles ont l'air *rectilignes* et non arquées.

2° D'une manière générale, les *lobes ligneux* destinés aux traces foliaires sortantes sont plus saillants, que sur l'original de Stenzel. Par exemple : les branches bilobées sur la fig. 2 ont l'air réellement bilobées ; sur la fig. 1, la branche bilobée XI-XII passerait pour n'avoir qu'un seul sommet, n'étaient les deux rayons foliaires, qui y aboutissent. De même, sur la branche trilobée VI-VII-VIII (fig. 1) les lobes sont moins marqués que sur les quatre branches trilobées de la fig. 2.

Ces différences sont pourtant très faibles. D'autre part l'échantillon de Fribourg est le mieux conservé des quatre et on peut se demander si la forme renflée et ondulée des lames ligneuses dans les autres échantillons n'est pas due au gonflement du bois sous l'action d'une macération prolongée.

En attribuant à ces petites différences le maximum d'importance, il suffira de distinguer *provisoirement* l'échantillon de Fribourg par le nom d'*Asterochlæna laxa*, var. *Solmsi*.

Distinction entre Asterochlæna ramosa et Asterochlæna laxa. — De l'*Asterochlæna ramosa*, on ne connaît que l'exemplaire original décrit par Cotta sous le nom de *Tubicaulis ramosus*. Sur cet exemplaire les traces foliaires sont distribuées suivant 28 séries radiales ; l'étoile ligneuse a donc 28 sommets. Les pétioles enveloppant le stipe sont serrés les uns contre les autres et ce n'est qu'à une certaine hauteur qu'ils arrivent à acquérir leur diamètre maximum. Ce phénomène s'observe également sur les stipes de *Tubicaulis Solenites* et de *T. Suctliffii*.

A ces caractères déjà signalés par Stenzel (1) j'ai ajouté la remarque : que sur les frondes les plus éloignées du stipe, la trace foliaire paraît devenir plus svelte et plus allongée que chez *A. laxa* (2).

La distinction des deux espèces *A. laxa* et *A. ramosa* reste très précaire. Le nombre des sommets de l'étoile ligneuse variant chez *A. laxa* de 20 à 26 est peu différent de ce qu'il est chez *A. ramosa*. J'attache plus d'importance à l'observation de Stenzel sur la manière d'être des pétioles autour du stipe.

Une distinction plus précise des deux espèces pourrait assurément être obtenue par l'étude anatomique des pétioles ; les tissus du stipe fourniraient sans doute aussi quelque caractère. Mais il faudrait pour cela disposer de lames minces d'*Asterochlæna ramosa*.



(1) Die Gattung Tubicaulis, p. 15.

(2) Etudes sur la fronde des Zygoptéridées, p. 218.

CINQUIÈME PARTIE

Affinités du Genre ASTEROCHILÆNA

CHAPITRE I

Relations avec les CLEPSYDROPSIS

J'ai annoncé, il y a deux ans, que les Cladoxylées d'Unger étaient des stipes de *Clepsydropsis* et j'ai donné sommairement quelques-uns des caractères de ces stipes (1). Mes conclusions ont été contestées par M. le Comte de Solms-Laubach, qui estime qu'un exemplaire de *Cladoxylon* (*C. dubium*) de la collection de Berlin est en connexion avec un pétiole très différent du *Clepsydropsis antiqua* (2). Il ne faut pas se dissimuler que le problème des Cladoxylées est un des plus compliqués, qui aient jamais été abordés par les paléobotanistes ; pour le résoudre dans tous ses détails, il sera nécessaire de reprendre un à un l'étude de tous les documents dispersés actuellement dans plusieurs Musées.

En attendant je me vois forcé, et je m'en excuse, de regarder comme acquis les principaux résultats énoncés dans ma note de 1908, sauf en ce qui concerne le *Steloxylon Ludwigii* (3). Pour les figures, je ne puis mieux faire que de renvoyer à l'intéressant travail de M. de Solms sur les végétaux de Saalfeld (4) ; les planches II et III de ce travail renferment de bonnes esquisses des principales Cladoxylées ; la fig. 2, Pl. III, représente très exactement une lame ligneuse de *Schizoxylon teniatum* ; cette lame ligneuse est pourvue d'une boucle périphérique qui donne naissance à son extrémité externe à un anneau sortant. L'anneau sortant, d'après mon interprétation, représente à lui seul une trace foliaire complète ; il se transformera en *Clepsydre*, en pénétrant dans le pétiole, auquel il est destiné.

Pour la structure des pétioles primaires et secondaires de *Clepsydropsis*, je renverrai au mémoire que j'ai publié sur la fronde des Zygoptéridées (5).

(1) P. BERTRAND. Note sur les stipes de *Clepsydropsis*. *Comptes-rendus Acad. d. Sc. Paris*, 16 nov. 1908.

(2) H. ZU SOLMS-LAUBACH. Ueber die in den Kalksteinen des Culm von Glätzisch-Falkenberg in Schlesien erhaltenen strukturbietenden Pflanzenreste. — IV. *Volkelia refracta*, *Steloxylon Ludwigii*. — *Zeitsch. f. Bot.* 1910, fasc. 8, p. 540, 541.

(3) Les nouveaux documents, publiés par M. de Solms sur le *Steloxylon Ludwigii*, ne permettent plus guère de le considérer comme le stipe du *Clepsydropsis kirgisisca*.

(4) H. ZU SOLMS-LAUBACH. Ueber die seinerzeit von Unger beschriebenen strukturbietenden Pflanzenreste des Unterculm von Saalfeld in Thüringen. *Abh. d. Kgl. Pr. geol. Landesanst.* Neue Folge, Heft 23, 1896.

(5) Etudes sur la fronde des Zygoptéridées, fig. 94 et 95, Pl. XIII, fig. 15 et 16 du texte.

1. *Comparaison des traces foliaires de Clepsydropsis et d'Asterochlæna.*

Elle se trouve résumée dans le tableau suivant :

CLEPSYDROPSIS.	ASTEROCHLÆNA (1)
<p><i>Trace foliaire</i> pourvue de deux plans de symétrie rectangulaires, légèrement amincie ou non amincie en son milieu.</p>	<p><i>Trace foliaire</i> privée de plan de symétrie droite-gauche, allongée, amincie au milieu, renflée aux extrémités, courbée, à concavité tournée vers le stipe.</p>
<p><i>Boucles périphériques</i> permanentes, elliptiques, allongées suivant l'axe de symétrie droite-gauche.</p>	<p><i>Boucles périphériques</i> permanentes, petites, circulaires, tournées vers la face postérieure du pétiole.</p>
<p><i>Anneaux ligneux sortants</i> destinés aux pétioles secondaires, n'ayant qu'un seul plan de symétrie, qui passe par l'axe du pétiole primaire.</p>	<p><i>Anneaux ligneux sortants</i> redressés de manière que leur plan de symétrie unique devient parallèle à celui du pétiole primaire.</p>
<p>Ils sont également inclinés sur les deux renflements récepteurs et gagnent directement le bord latéral du pétiole.</p>	<p>Ils restent longtemps en contact avec le renflement récepteur postérieur, et s'échappent vers la face postérieure du pétiole.</p>
<p><i>Dans le stipe, la trace foliaire</i> est émise sous forme d'un anneau ligneux, à protoxylème intérieur.</p>	<p><i>La trace foliaire</i> prend naissance sous forme d'une masse de bois pleine à protoxylème central.</p>

Ajoutons que les pétioles secondaires de *Clepsydropsis* sont pourvus d'un anneau ligneux, dont l'arc postérieur est épaissi ; cet anneau se ramifie en donnant latéralement deux files d'anneaux destinés aux pétioles tertiaires. Les pétioles secondaires des *Asterochlæna* ne sont pas connus ; ils reçoivent un anneau ligneux du pétiole primaire ; ils sont probablement très petits.

La comparaison des frondes entre elles conduit aux résultats suivants : 1° *Clepsydropsis* et *Asterochlæna* sont deux genres très voisins.

2° *Le second est incontestablement dérivé du premier par perte du plan de symétrie accessoire du pétiole primaire et par rejet des boucles périphériques vers la face postérieure du pétiole.*

2. *Principaux caractères des stipes de Clepsydropsis.*

Je me bornerai à indiquer seulement les caractères les plus importants qu'il est nécessaire de connaître pour la comparaison avec *Asterochlæna*.

Dans les stipes de *Clepsydropsis*, le bois se compose d'un grand nombre de lames rayonnantes ; ces lames se divisent et s'anastomosent irrégulièrement vers le centre de l'organe ; l'aspect de la *région anastomotique* est variable sur une même tige suivant le niveau que l'on considère ; sur certains exemplaires de *Cladoxylon* et de *Schizoxylon*, le centre du stipe est occupé par un nombre considérable d'îlots libéro-ligneux, *dépourvus de protoxylème* (L, fig. 6, du texte).

(1) Pour la trace foliaire d'*Asterochlæna*, voir les fig. 46 et 47, Pl. VI du présent travail.

La partie importante du système ligneux est la *couronne*, c'est-à-dire l'ensemble des lames ligneuses situées à la périphérie. Chacune de ces lames est en effet une *réparatrice* ou *réceptrice simple* : elle fournit toutes les traces foliaires situées sur la même génératrice. Réciproquement, à chaque génératrice foliaire correspond une seule lame ligneuse réparatrice placée en face d'elle, sur le même rayon (R, fig. 6).

Chaque lame réparatrice est *polarisée*, c'est-à-dire pourvue d'un pôle ligneux. Elle offre en effet à son extrémité une boutonnière ou *boucle périphérique*, allongée radialement; l'intérieur de cette boutonnière paraît rempli par des éléments à parois minces, probablement *fibres primitives*; les éléments de protoxylème sont ou bien mêlés aux éléments à parois minces ou bien distribués sur tout le pourtour de la boutonnière (1).

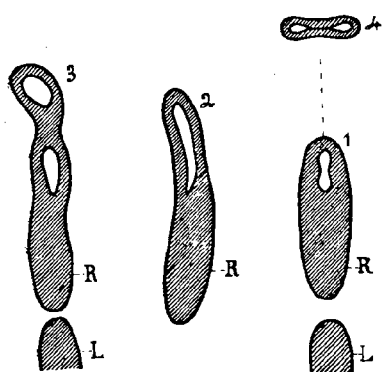


FIG. 6. — Développement d'une petite partie du système ligneux d'un stipe de *Clepsydropsis* (*Schizoxylon taeniatum*, Unger). — Dessin exécuté d'après la préparation n° 350 de la Coll. Unger du Muséum de Paris.

1, 2, 3, 4, éta's successifs de la trace foliaire sortante.

4, trace foliaire en *Clepsydre*, traversant l'écorce du stipe.

R, R, lames ligneuses réparatrices terminées chacune par une boucle périphérique.

L, L, lames ligneuses anastomotiques, dépourvues de protoxylème.

N.-B. — Les lames ligneuses réparatrices, R, sont placées en face des génératrices foliaires.

La trace foliaire n° 4, qui n'existe pas sur la préparation, a été ajoutée pour compléter le schéma.

On s'est borné à représenter les lames ligneuses primaires R et L, sans leur enveloppe de bois secondaire.

Chaque boucle périphérique représente une région réceptrice ou génératrice d'une série de traces foliaires; mais ici les boucles périphériques ne se groupent pas pour constituer des lames bilobées ou trilobées analogues à celles des *Asterochlaena*.

Le nombre des boucles périphériques peut augmenter. Si l'on admet que tous les stipes de *Clepsydropsis* appartiennent à une même espèce, le nombre des lames ligneuses réparatrices peut varier de 4 (*Syncardia*) à 24 (*Schizoxylon*), suivant le diamètre du rameau considéré.

Enfin, sur les gros exemplaires (*Cladoxylon*, *Schizoxylon*), toutes les lames ligneuses primaires sont enveloppées d'un bois secondaire épais (non représenté sur la fig. 6); sur les lames réparatrices, le bois secondaire est en majeure partie centripète et tangentiel; autour de la boucle périphérique, il est peu développé ou même il n'existe pas. Sur les petits exemplaires (*Syncardia*, *Hierogramma*, *Arctopodium*), il n'y a pas de bois secondaire.

Mode d'émission des traces foliaires chez Clepsydropsis. — Dans les stipes de *Clepsydropsis*, les traces foliaires sont émises de la même façon que les cordons vasculaires destinés aux pétioles secondaires sont émis aux dépens des pétioles primaires :

Chaque boucle périphérique donne naissance par étranglement à un anneau ligneux, qui représente une trace foliaire. En gagnant le bord du stipe, l'anneau ligneux s'allonge tangentiellement,

(1) Exceptionnellement, on observe sur les stipes de *Clepsydropsis* des groupes de protoxylème plus rapprochés du centre, mais ceci se produit seulement lorsque le stipe va subir une dichotomie. C'est le cas de *Hierogramma*. En règle générale les protoxylèmes sont localisés à la périphérie.

s'aplatit et se transforme en une lame pourvue d'une boucle périphérique à chaque extrémité. C'est la forme en *clepsydre* ou en *sablier*, caractéristique des pétioles primaires de *Clepsydropsis* (v. fig. 6).

Phyllotaxie des stipes de Clepsydropsis. — Malgré l'état de conservation très défectueux des Cladoxylées, on peut relever sur ces stipes une tendance manifeste à la verticillation. Dans certains cas les verticilles paraissent en disposition alterne ; chez *Arctopodium radiatum* il paraît y avoir superposition d'un verticille au suivant : tous les anneaux sortants sont émis à la fois.

3. Comparaison des stipes de *Clepsydropsis* et d'*Asterochlæna*.

Le système libéro-ligneux des *Asterochlæna* offre par rapport à celui des *Clepsydropsis* une double condensation : au centre et à la périphérie (comparer les fig. 6 et 7 du texte).

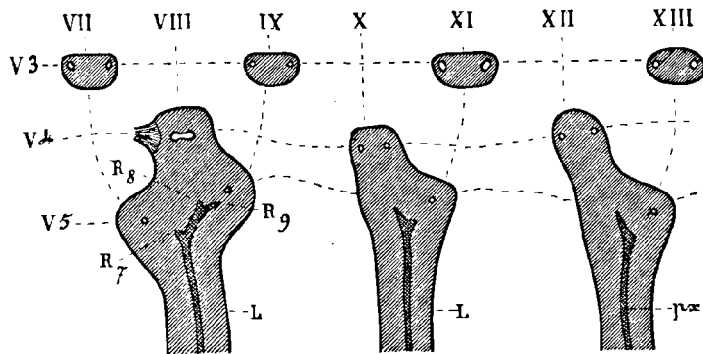


FIG. 7. — Développement d'une partie de l'étoile ligneuse d'un stipe d'*Asterochlæna laxa*. — Dessin exécuté d'après la préparation 484, c. 2 a de la Coll. de M. Solms-Laubach (Voir fig. 2, Pl. 1).

VII à XIII, numéros des génératrices foliaires.

V3, V4, V5, trois verticilles foliaires successifs.

R7, R8, R9, trois lames ligneuses réparatrices soudées ensemble.

L, L, lames ligneuses anastomotiques.

px, bande médiane de protoxylème.

N.-B. — Les lames ligneuses réparatrices, R, sont placées en face des génératrices foliaires comme chez *Clepsydropsis* (voir fig. 6 du texte); mais elles sont soudées par deux ou par trois.

toute branche bilobée, comme composée à son extrémité de deux lames ligneuses réceptrices courtes soudées ensemble. De même toute branche trilobée d'*Asterochlæna* est constituée par trois réceptrices simples soudées ensemble (fig. 7 du texte).

L'étoile ligneuse continue des *Asterochlæna* nous apparaît donc comme dérivée par condensation du système de lames ligneuses rayonnantes des Cladoxylées.

Un caractère très remarquable des stipes d'*Asterochlæna* est la présence de bandes médianes de protoxylème, qui occupent la région moyenne de toutes les lames ligneuses. Ce caractère permet de distinguer à coup sûr les stipes d'*Asterochlæna* des autres stipes de Zygoptéridées à masse ligneuse étoilée, qu'on a prétendu rapporter à ce genre (en particulier de l'*Asteropteris noveboracensis*).

De toutes les Fougères connues, les *Asterochlæna* sont actuellement les seules qui possèdent un système de bandes de protoxylème appartenant en propre au stipe. La situation même de ces bandes montre que chez ces plantes, la différenciation ligneuse est nettement centrifuge et tangentielle ;

1° Il y a condensation au centre : les lames ligneuses sont anastomosées au centre de l'organe d'une manière fixe ; l'étoile ligneuse est continue, et non plus dispersée comme chez *Clepsydropsis*.

2° Il y a condensation à la périphérie : chez *Asterochlæna*, les sommets récepteurs sont rarement isolés (nous n'avons rencontré qu'un ou deux exemples de branche unilobée) ; presque toujours ils sont groupés par deux ou par trois à l'extrémité d'une même branche bi- ou trilobée.

Il est légitime de considérer

c'est là un argument qui vient s'ajouter à ceux que j'ai tirés de l'étude des frondes (1), pour classer les Zygotéridées parmi les Filicales, malgré leurs caractères extraordinaires.

Il est vraisemblable que les bandes médianes de protoxylème d'*Asterochlæna* sont dérivées des boucles périphériques de *Clepsydropsis*, qui ont déjà une tendance marquée à s'allonger radialement vers le centre du stipe. En corrélation avec ce phénomène, la trace foliaire d'*Asterochlæna* prend naissance non plus sous forme d'un anneau, mais sous forme d'une masse de bois pleine à pôle central (*anneau virtuel*) ; il n'y a plus de boucles périphériques dans le stipe, mais seulement des pôles sortants.

Enfin les stipes d'*Asterochlæna* sont privés de bois secondaire. Cette disparition paraît en relation avec la condensation des lames ligneuses primaires au centre du stipe, ce qui ne permet plus le développement du bois secondaire centripète.

Les conclusions tirées de la comparaison des stipes sont, on le voit, absolument d'accord avec les conclusions tirées de la comparaison des frondes.

CHAPITRE II

Relations avec le Genre ANKYROPTERIS

1. Comparaison des traces foliaires d'*Ankyropteris* et d'*Asterochlæna*

J'ai signalé dans un autre travail les analogies très frappantes qui existent entre les traces foliaires des *Ankyropteris* et des *Asterochlæna* (2).

La trace foliaire des *Ankyropteris* est beaucoup plus différenciée que celle des *Asterochlæna*. Elle se distingue par le développement considérable des pièces réceptrices et des boucles périphériques, qui s'allongent parallèlement au plan de symétrie principal.

Comme chez *Asterochlæna*, il y a perte du plan de symétrie accessoire ; l'apolaire médiane est rectiligne ou courbée, mais dans ce dernier cas, la concavité est tournée vers la face postérieure du pétiole et non pas vers le stipe.

Le pétiole primaire des *Ankyropteris* n'offre que deux files de ramifications ; le mode d'émission des sorties est habituellement très compliqué ; il a été décrit dans mes *Etudes sur la Fronde des Zygotéridées* (2^e partie). Chez *A. corrugata*, qui paraît le plus simple des *Ankyropteris* (ce qui n'implique nullement qu'il soit le plus primitif), l'émission des sorties est très simplifiée : il y a production d'un petit anneau ligneux aux dépens de la boucle périphérique. Seulement l'anneau sortant est plus rapproché de la pièce réceptrice antérieure que de la pièce réceptrice postérieure ; on sait que c'est le contraire chez *Asterochlæna*.

(1) *Etudes sur la fronde des Zygotéridées*, p. 240 à 255.

(2) *Ibid.*, p. 161.

Ces caractères m'ont conduit à placer *Asterochlæna* et *Ankyropteris* sur deux lignes de descendance très voisines, mais distinctes, issues de *Clepsydropsis* (1).

2. Comparaison des stipes d'*Asterochlæna* aux stipes d'*Ankyropteris*

Les stipes d'*Ankyropteris Grayi*, Williamson (2), et d'*A. scandens*, Stenzel, possèdent une masse ligneuse étoilée, le centre est occupé par des fibres primitives mêlées de trachéides internes (*mixed pith*). L'étoile ligneuse est réduite à cinq branches, le stipe étant bâti sur le type $\frac{2}{5}$ (fig. 8 du texte).

Le tissu interne s'insinue profondément à l'intérieur de chacune des branches de l'étoile ; il en résulte que chaque branche est divisée radialement en deux demi-réparatrices, une demi-réparatrice gauche et une demi-réparatrice droite. Or chaque demi-réparatrice droite est unie intimement à la demi-réparatrice gauche de la branche suivante et reconstitue avec elle une réparatrice simple

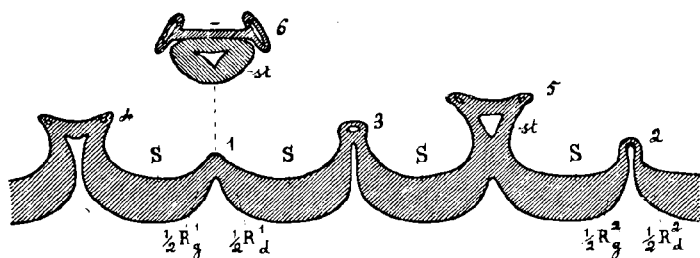


FIG. 8. — Développement complet de l'étoile ligneuse d'un stipe d'*Ankyropteris Grayi*. — Dessin exécuté d'après les préparations 1919 A et 1919 B de la Coll. Williamson du British Museum (voir fig. 78, Pl. XI, *Etudes sur la fronde des Zygoptéridées*).

1, 2, 3, 4, 5, 6, états successifs de la trace foliaire sortante (Cycle du stipe = $\frac{2}{5}$).

st, stipe axillaire.

S, S, lames ligneuses réparatrices.

$\frac{1}{2}R_g^1$, $\frac{1}{2}R_d^1$, demi-réparatrices gauche et droite de la trace foliaire n° 1.

$\frac{1}{2}R_g^2$, $\frac{1}{2}R_d^2$, demi-réparatrices gauche et droite de la trace foliaire n° 2.

N.-B. — Les lames ligneuses réparatrices S, alternent avec les génératrices foliaires et chacune d'elles est alternativement réparatrice sur sa droite, puis sur sa gauche.

réparatrice sur sa droite et sur sa gauche. Pour donner une trace foliaire, il est nécessaire que deux réparatrices simples s'anastomosent préalablement.

en forme d'∪. La masse ligneuse d'*Ankyropteris Grayi* paraît donc constituée toute entière par 5 lames ligneuses, courbées, à convexité tournée vers le centre (S, fig. 8 du texte). Ces cinq lames réparatrices alternent avec les cinq génératrices foliaires, correspondant aux cinq sommets de l'étoile, alors que chez *Asterochlæna* et *Clepsydropsis*, les lames réparatrices sont placées en face des génératrices foliaires.

Ainsi, chez *Ankyropteris*, à chaque génératrice foliaire correspondent deux réparatrices ligneuses placées l'une à droite et l'autre à gauche : les réparatrices alternent avec les génératrices foliaires et par suite chaque lame ligneuse en ∪ est alternativement réparatrice

(1) *Etudes sur la fronde des Zygoptéridées*, pp. 161, 163 et 225. — J'ai insisté d'autre part sur les caractères qui lient les *Clepsydropsis* aux *Asterochlæna* et aux *Ankyropteris* : dans ces trois genres la trace foliaire possède des boucles périphériques permanentes et les pièces sortantes sont émises sous forme d'anneaux fermés (*op. cit.*, p. 273).

(2) M. R. Kidston a cru avoir trouvé la preuve que le *Zygopteris Grayi*, Williamson, était un stipe d'*Etapteris diupsilon*. De mon côté, j'ai pris sur les préparations de Williamson au British Museum, des photographies, qui paraissent établir que les stipes de *Z. Grayi* étaient en connexion avec des pétioles appartenant au genre *Ankyropteris*. En présence de ces résultats contradictoires, M. Kidston a bien voulu se charger d'examiner à nouveau les préparations de la collection Williamson. En attendant le résultat de cet examen, je continuerai à considérer *Z. Grayi* et *Z. scandens* comme des stipes d'*Ankyropteris*.

R. KIDSTON. Note on the petiole of *Zygopteris Grayi*. *Ann. of Bot.* Vol. XXIV, N° 44, avril 1910. Pl. XXXIV.

On sait que chez certaines Fougères, l'Osmonde par exemple, le système ligneux du stipe est composé d'un grand nombre de cordons réparateurs alternant avec les génératrices foliaires, chaque cordon ligneux est alternativement réparateur sur sa droite et sur sa gauche, ce qui lui donne un parcours sinusoïdal.

Les stipes d'*Ankyropteris Grayi* et d'*A. scandens* réalisent par conséquent un dispositif, analogue à celui que l'on rencontre chez beaucoup de Fougères actuelles. Cette conclusion s'applique également au stipe d'*A. corrugata*, qui ne diffère d'*A. Grayi* que parce que la masse ligneuse est arrondie au lieu d'être étoilée.

Dans les stipes de *Clepsydropsis*, au contraire, à chaque génératrice foliaire ne correspond qu'une seule lame ligneuse réparatrice placée en face d'elle et sur le même rayon. Pour donner une trace foliaire, il suffit qu'une seule lame réparatrice entre en activité. Les lames ligneuses ont un parcours vertical et non sinusoïdal.

A cet égard les stipes d'*Asterochlæna* n'offrent aucune différence fondamentale par rapport à ceux des *Clepsydropsis* ; les réparatrices simples sont placées en face des génératrices foliaires, qu'elles alimentent ; seulement, elles sont habituellement soudées par deux ou par trois (branches bilobées ou trilobées).

On peut traduire sommairement les différences qui séparent les stipes de *Clepsydropsis* et d'*Asterochlæna* de ceux d'*Ankyropteris*, en disant que : chez les premiers les lames ligneuses s'anastomosent de préférence radialement et que chez les seconds elles tendent à s'anastomoser tangentiellement.

La forme lobée de la masse ligneuse, qui différencie les stipes d'*A. Grayi* et d'*A. scandens* du stipe d'*A. corrugata*, peut être attribuée au volume des masses sortantes, qui comprennent chacune une trace foliaire et un stipe axillaire ; en outre les sorties sont très rapprochées les unes des autres. Néanmoins ces causes ne me paraissent pas suffisantes et j'estime que la forme étoilée de la masse ligneuse rappelle dans une large mesure un caractère ancestral. Mais les stipes d'*Ankyropteris* ont atteint déjà un bien plus haut degré de différenciation que ceux des *Asterochlæna*.

Certains caractères des stipes d'*Ankyropteris* se retrouvent chez *Asterochlæna*. — 1. Par exemple, le centre de l'étoile est occupé par un parenchyme mêlé de trachéides internes.

2. Il y a émission de racines, qui s'insèrent le plus souvent sur le côté de la trace foliaire avant qu'elle ait quitté le stipe (ceci s'observe aussi bien chez *A. corrugata* que chez *A. Grayi*).

3. Enfin, des sommets de l'étoile ligneuse partent constamment des anneaux ligneux sortants, qui vont vasculariser des écailles, formant un revêtement autour du stipe. J'ai montré que ces anneaux ligneux avaient la valeur de sorties hâtives, émises aux dépens des traces foliaires en préparation ; les écailles ont la valeur de pétioles secondaires (1).

Je rappelle que chez *Asterochlæna laxa*, l'émission d'anneaux ligneux sortants aux dépens des traces foliaires commence aussitôt que celles-ci ont quitté l'étoile ligneuse.

(1) Etudes sur la fronde des Zygotéridées, p. 109, 110.

CHAPITRE III

Relations avec les autres ZYGOPTÉRIDIÉES

1. Relations du genre *Asterochlæna* avec le genre *Dineuron*

Certains états de la trace foliaire d'*Asterochlæna laxa* à l'intérieur du stipe (fig. 52, Pl. VII) suggèrent une comparaison avec la trace foliaire des *Dineuron* (voir ci-dessus p. 28). Il y a pourtant une différence importante entre les deux genres.

Chez *Asterochlæna*, la trace foliaire (à l'intérieur du stipe) présente une masse ligneuse ovale pourvue de deux boucles périphériques permanentes. Dans le pétiole primaire des *Dineuron*, la masse ligneuse est également ovale, mais elle est pourvue d'une *gouttière* ou *cupule polaire* à chacune de ses extrémités ; par fermeture des cupules polaires, il se forme bien des boucles périphériques, mais seulement au moment de l'émission des arcs sortants destinés aux pétioles secondaires.

Ce caractère de la trace foliaire se retrouve chez toutes les Zygotéridées autres que *Clepsydropsis*, *Asterochlæna* et *Ankyropteris*. Il conduit à placer *Dineuron* dans une série bien distincte de celle d'*Asterochlæna* (1).

Dans ces deux genres, la trace foliaire est une trace zygotéridienne très condensée. Chaque boucle périphérique d'*Asterochlæna* représente deux pôles infiniment voisins ; de même chaque cupule polaire de *Dineuron* représente deux pôles non séparés.

Il est possible d'ailleurs que les stipes de *Dineuron*, encore inconnus actuellement, aient eu une masse ligneuse étoilée à l'imitation de ceux des *Asterochlæna*.

2. Remarques sur les stipes des autres Zygotéridées

En dernière analyse, les stipes d'*Asterochlæna*, quoique plus perfectionnés, offrent encore des caractères primitifs qui les rapprochent de ceux des *Clepsydropsis*. Ils ont, d'autre part, certains caractères communs avec les stipes d'*Ankyropteris*, mais ceux-ci dénotent un degré de différenciation beaucoup plus élevé : chez ces derniers le système ligneux tend à se transformer en un anneau, composé de cordons réparateurs *alternant* avec les génératrices foliaires.

L'étoile ligneuse continue des *Asterochlæna*, avons-nous dit, paraît dérivée *par condensation* du système ligneux dispersé des *Clepsydropsis*. Il est certain qu'une condensation plus grande donnerait naissance à une masse de bois pleine ou annulaire à contour circulaire.

Le stipe du Diplolabis Römeri. — Le stipe du *Diplolabis Römeri*, de Solms, a été découvert récemment à Pettycur (Ecosse), par M. W. T. Gordon (2). D'après la description de M. Gordon, ce stipe

(1) J'ai montré ailleurs que le genre *Dineuron* devait être rapproché des genres *Metaclepsydropsis* et *Clepsydropsis*. J'ai indiqué aussi pourquoi *Metaclepsydropsis* était probablement dérivé directement de *Clepsydropsis* sans l'intermédiaire de *Dineuron*, ce dernier appartenant à une série voisine, mais différente.

Cf : Etudes sur la fronde des Zygotéridées, p. 193.

(2) W. T. GORDON. Preliminary note on the structure of a new Zygoteris from Pettycur, Fife. *British Assoc. for the advanc. of Sc.* Winnipeg, 1909.

Le mémoire détaillé de M. Gordon paraîtra incessamment dans les *Trans. of the R. Soc. of Edinburgh*. 1911.

offre précisément une masse de bois pleine à contour circulaire (1). Les traces foliaires, émises à de longs intervalles, se présentent sous forme d'une masse ovale, pourvue de deux pôles intérieurs au bois. Le système libéro-ligneux du stipe de *Diplolabis Römeri* rappelle beaucoup celui d'*Ankyropteris corrugata* ; mais chez le premier, le centre de la masse ligneuse est occupé par des trachéides courtes réticulées (1) et chez le second par un tissu à parois minces mêlé de trachéides internes (*mixed pith*).

Dans les deux cas, j'estime que la masse ligneuse à contour circulaire du stipe est dérivée par condensation d'une masse ligneuse étoilée.

Le stipe du Zygopteris Kidstoni. — A l'appui de cette conclusion, je dirai quelques mots d'un stipe de Zygoptéridée, recueilli par M. R. Kidston à la base de la *Calciferos Sandstone Series* à

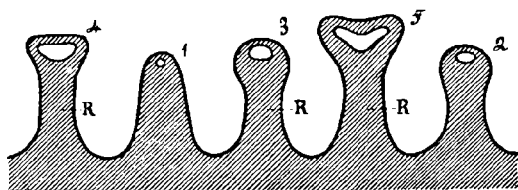


FIG. 9. — Développement complet de l'étoile ligneuse du stipe de *Zygopteris Kidstoni*. — Dessin exécuté d'après une photographie offerte à l'auteur par M. Kidston. (Certaines branches de l'étoile ont été partiellement restaurées).

1, 2, 3, 4, 5, états successifs de la trace foliaire sortante (Cycle du stipe = $\frac{2}{5}$).

R, R, lames ligneuses réparatrices.

N-B. — L'étoile ligneuse du *Z. Kidstoni*, rappelle manifestement celle de l'*Ankyropteris Grayi* (fig. 8 du texte) ; mais on remarquera que les lames ligneuses réparatrices, R, sont placées en face des génératrices foliaires comme chez *Clepsydropsis* (voir fig. 6 du texte).

forme nettement intermédiaire entre une étoile ligneuse à branches bien différenciées et une masse de bois pleine à contour circulaire.

Les analogies du *Z. Kidstoni* avec *A. Grayi* frappent dès le premier abord, probablement parce que la valeur du cycle ($\frac{2}{5}$) est la même de part et d'autre et parce que l'étoile ligneuse offre une forme simple. Mais ses analogies avec les stipes de *Clepsydropsis* ne sont pas moins frappantes ; les lames ligneuses réparatrices, R, sont placées en face des génératrices foliaires comme chez *Clepsydropsis* (comparer les figures 6, 8 et 9 du texte) ; c'est là un indice de proche parenté. Par ses caractères intermédiaires, *Z. Kidstoni* est assurément un type très remarquable ; il nous fournit des documents précieux sur l'évolution de la masse libéro-ligneuse chez les Zygoptéridées.

(1) Cf. R. KIDSTON et D. T. GWYNNE VAUGHAN. On the fossil Osmundaceae. Part IV. p. 468, fig. 29, 30 et 31, Pl. IV. *Trans. of the R. Soc. of Edinburgh*. Vol. XLVII. Part III. 1910.

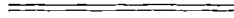
(2) J'adresse ici mes sincères remerciements à M. Kidston qui a bien voulu me communiquer une photographie de cet intéressant spécimen et qui m'a autorisé à l'utiliser pour mes recherches sur les stipes d'*Asterochlæna*.

Généralisation des remarques précédentes. — Si l'on accepte comme très proche de la vérité, la classification générale des Zygoptéridées, que j'ai établie en me basant sur les caractères de la trace foliaire (1), on est amené à supposer que des phénomènes de condensation du système conducteur du stipe ont pu se produire simultanément dans toutes les séries parallèles de cette famille.

Si cette manière de voir est exacte, il est extrêmement probable que la plupart des Zygoptéridées un peu différenciées auront dans leur stipe, soit une masse de bois pleine, soit un anneau ligneux continu, soit enfin, dans le cas d'une très haute différenciation, un anneau ligneux divisé en cordons réparateurs alternant avec les génératrices foliaires.

Ce que nous savons actuellement des stipes de *Diplolabis*, *Tubicaulis* et *Ankyropteris*, est entièrement d'accord avec cette conclusion.

Par contre les genres les plus primitifs, c'est-à-dire les plus voisins des *Clepsydropsis*, seront ceux chez lesquels on aura le plus de chance de trouver une masse libéro-ligneuse étoilée. C'est le cas des *Asterochlaena* et aussi du *Zygopteris Kidstoni*.



(1) Etudes sur la Fronde des Zygoptéridées, p. 225.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les stipes d'*Asterochlæna laxa* Stenzel, offrent les caractères suivants :

1. — Ce sont des stipes dressés de 40 à 50 mm. de diamètre ; ils s'élargissent vers le haut. Ils portent un grand nombre de frondes ; les pétioles ne sont pas serrés les uns contre les autres ; ils sont mélangés de racines et forment un revêtement autour du stipe.

2. — Le stipe offre au centre *une masse libéro-ligneuse étoilée* : le bois est composé d'un certain nombre de lames rayonnantes, qui se soudent les unes aux autres vers le centre de figure de l'organe. Les anastomoses de ces lames paraissent fixes sur toute la longueur d'un même stipe ; elles sont variables d'un exemplaire à l'autre.

3. — La région importante du bois, celle qui émet ou reçoit les traces foliaires, est constituée par la périphérie des lames ligneuses (*couronne*). On constate que les points récepteurs ou générateurs des traces foliaires (*sommets*) sont presque toujours groupés par deux ou par trois ; toutes les lames ligneuses sont en effet bilobées ou trilobées à leur extrémité. Chaque lobe est destiné à une trace foliaire. Une branche bilobée représente donc deux réceptrices ou réparatrices simples soudées.

Exceptionnellement, on rencontre des branches unilobées (Echantillon de la collection de M. de Solms-Lembach).

Il semble que toute lame bilobée peut devenir trilobée par division de l'un de ses sommets ; à son tour toute branche trilobée peut se diviser en deux lames bilobées ; il y aurait donc là une procédé simple permettant d'augmenter le nombre des sommets de l'étoile ligneuse.

Le nombre des *sommets* de l'étoile varie d'un échantillon à l'autre. Il est de 20 sur l'échantillon de Fribourg, il atteint 26 ou 27 sur l'échantillon de Breslau.

4. — *Phyllotaxie*. — On observe toujours une tendance très nette à la verticillation. Les traces foliaires sont, ou bien disposées suivant le cycle $\frac{2}{n}$ (*n impair*), ou bien verticillées par $\frac{n}{2}$, avec alternance d'un verticille au suivant (*n pair*).

5. — Les lames ligneuses ne contiennent que du bois primaire ; elles sont composées de vaisseaux scalariformes. Leur région médiane est occupée par des éléments plus petits qui représentent le *protoxylème*. Ces éléments forment une bande étroite (*bandes médianes de protoxylème*), qui partage chaque lame en deux suivant le rayon. *Ce caractère appartient en propre aux stipes des Asterochlæna ; il permet de les distinguer non seulement de toutes les Fougères actuelles, mais encore de toutes les autres Inversicaténales*. Il montre que *la différenciation ligneuse est centrifuge et tangentielle chez les Asterochlæna*.

6. — Le centre de l'étoile est occupé par une petite quantité de tissu à parois minces (*parenchyme interne*), composé de fibres primitives recloisonnées ; au milieu d'elles on remarque des éléments plus gros, courts, à parois ornées d'épaississements scalariformes ; ces éléments sont homologues des *trachéides internes* signalées par M. le Dr Scott à l'intérieur des stipes d'*Ankyropteris Grayi*.

7. — Le liber enveloppe normalement le bois en suivant tous les contours des lames ligneuses.

Il comprend une rangée moyenne de grosses cellules criblées, tapissées sur leurs deux faces par des éléments plus petits.

Extérieurement, le liber est enveloppé par trois ou quatre assises de cellules à parois plus résistantes constituant une gaine protectrice autour de la masse libéro-ligneuse.

8. — Un tissu fondamental à parois minces, composé de très petites cellules, remplit les baies entre les branches de l'étoile, qu'il enveloppe complètement.

La plus grande partie de l'écorce est constituée par un tissu mécanique sclérifié, qui est la continuation de la gaine mécanique propre à chaque pétiole.

Extérieurement un *parenchyme lacuneux* réunit entre eux les pétioles et les racines au moins dans le voisinage immédiat du stipe.

9. — *Mode d'émission des traces foliaires.*— La trace foliaire apparaît d'abord sous forme d'une masse de bois pleine, pourvue d'un seul pôle central (*anneau virtuel*) ; puis cette masse se détache de l'étoile ligneuse ; le pôle unique s'est divisé en deux pôles, qui s'écartent l'un de l'autre suivant une direction tangentielle. On a alors une masse ligneuse ovale, pourvue d'un groupe trachéen intérieur au bois à chacune de ses extrémités et tapissée de liber (*état clepsydroidé*).

Plus haut chaque groupe trachéen par intercalation de fibres primitives se transforme en une *boucle périphérique*. Les deux boucles périphériques se tournent vers la face postérieure du pétiole ; elles donnent naissance à des anneaux ligneux destinés aux pétioles secondaires ; les sorties s'échappent vers la face postérieure de la fronde. L'émission des anneaux sortants commence dès que la trace foliaire a quitté l'étoile ligneuse.

10. — Les pétioles primaires présentent les tissus suivants : au centre, la lame ligneuse entourée de liber ; autour du liber, une gaine protectrice du faisceau ; plus extérieurement, tissu fondamental à parois minces détruit ; tissu fondamental à parois légèrement épaissies, enfin, gaine mécanique sclérifiée. Les pétioles primaires portent deux files de pétioles secondaires insérées au voisinage de la face inférieure. La structure des pétioles secondaires est inconnue.

11. — Le tissu fondamental du stipe est traversé par de nombreuses *racines*. Les unes, disposées par paires, s'insèrent latéralement sur les traces foliaires, au moment où ces traces quittent l'étoile ligneuse (1). Les autres s'insèrent sur les lames ligneuses rayonnantes et jusqu'au voisinage du centre de l'étoile. Toutes ces racines offrent un faisceau bipolaire, comme celles de *Diplolabis Römeri* et de *Tubicaulis Sutcliffii*.

12. — Malgré les variations de l'étoile ligneuse, les quatre échantillons examinés dans ce travail doivent être tous rapportés à *Asterochlæna laxa* Stenzel. Seul l'échantillon de Fribourg en Brisgau (Echantillon II), peut être, à la rigueur, séparé provisoirement sous le nom d'*A. laxa, var. Solmsi* ; il se distingue des autres parce que les lames ligneuses sont relativement plus allongées, plus rectilignes, et parce que les lobes ligneux sont mieux marqués ; mais ces différences sont très faibles.

13. — La distinction entre *A. ramosa* et *A. laxa* demeure peu précise en l'absence de lames minces. Chez *A. ramosa* Cotta, l'étoile ligneuse a 28 sommets, les pétiolés sont serrés les uns contre

(1) On sait que chez presque toutes les fougères, l'insertion des racines adventives est en relation très nette avec les pétioles.

Voir : J.-P. LACHMANN, Contribution à l'histoire naturelle de la racine des fougères, Lyon, 1889.

Il est curieux de constater l'existence de ce caractère chez des fougères aussi spécialisées que les *Asterochlæna*.

les autres autour du stipe ; ils augmentent de volume en s'éloignant du stipe ; enfin la trace foliaire serait plus svelte et plus allongée que chez *A. laxa*.

14. — *Affinités des Asterochlæna*. — Par les caractères de leur trace foliaire les *Asterochlæna* se relient étroitement aux *Clepsydropsis* et aux *Ankyropteris*.

L'étoile ligneuse continue des stipes d'Asterochlæna dérive par condensation de la masse ligneuse radiée à lames indépendantes des stipes de Clepsydropsis.

Il existe également des caractères communs entre les stipes des *Asterochlæna* et ceux des *Ankyropteris* ; mais ces derniers offrent un degré de différenciation beaucoup plus élevé.

Le *Zygopteris Kidstoni* découvert par M. Kidston à la base de la *Calciferos Sandstone Series* du Berwickshire (Ecosse), offre aussi une étoile ligneuse ; mais c'est une étoile compacte, qui tend vers une masse de bois pleine.

15. — *Evolution du système libéro-ligneux du stipe chez les Zygoptéridées*. — La comparaison des *Asterochlæna* aux *Clepsydropsis* et aux *Ankyropteris* nous conduit à la conclusion que les *Zygoptéridées* les plus primitives ont dans leurs stipes une masse ligneuse étoilée, continue ou dispersée. Par condensation, l'étoile ligneuse a donné, soit une masse de bois pleine, soit même un anneau ligneux continu avec parenchyme interne ; en se différenciant à son tour l'anneau ligneux a pu se diviser en cordons réparateurs alternant avec les génératrices foliaires (*Ankyropteris*). C'est donc l'une de ces trois formes : masse ligneuse pleine, anneau ligneux continu, anneau ligneux plus ou moins discontinu que l'on trouvera chez toutes les *Zygoptéridées* plus différenciées.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

ASTEROCHLÆNA LAXA : Echantillon type de Stenzel et Echantillon de Fribourg.
Ensemble de l'étoile ligneuse

Fig. 1. — Echantillon type de Stenzel (Echantillon I), face inférieure. — Ensemble de l'étoile libéro-ligneuse avec les traces foliaires avoisinantes.

Préparation T2 du Musée de la Ville de Chemnitz. Gr = 11.

L'ensemble de la préparation est représenté fig. 22, Pl. IV.

Les chiffres romains : I à XXI, servent à désigner les séries radiales de traces foliaires dans l'ordre, où on les rencontre en tournant dans le même sens que l'hélice primaire. Les traces foliaires sont distribuées suivant le cycle $\frac{2}{21}$.

Fig. 2. — Echantillon de Fribourg en Brisgau (Echantillon II). — Ensemble de l'étoile libéro-ligneuse avec les traces foliaires avoisinantes.

Préparation 484, c. 2a, de la collection de M. de Solms-Laubach; section transversale prélevée à la partie inférieure de l'échantillon. Gr. = 11.

L'ensemble de la préparation est représenté fig. 25, Pl. IV.

Les chiffres romains I à XX servent à désigner les séries radiales des traces foliaires. Les traces foliaires sont verticillées par 10 avec alternance d'un verticille au suivant.

PLANCHE II

ASTEROCHLÆNA LAXA : Echantillon type de Stenzel

(ÉCHANTILLON I)

Préparation T2 du Musée de la Ville de Chemnitz. Section transversale prélevée à la partie inférieure de l'échantillon.

Les fig. 3 à 8 représentent toute la périphérie de l'étoile libéro-ligneuse, moins les deux branches bilobées XVIII-XIX et XX-XXI, qui sont incomplètes sur la préparation. (Voir l'ensemble de l'étoile : fig. 1, Pl. I).

Les chiffres romains : I à XVII désignent les sommets de l'étoile c'est-à-dire les points récepteurs (ou générateurs) des traces foliaires.

Lettres communes à toutes les figures

A, B, C, pôles sortants sur les branches trilobées ;
D, pôle sortant sur une branche bilobée ;
ph, liber ;
px, bandes médianes de protoxylème ;
r, racines insérées latéralement sur les traces foliaires ;
r', racines insérées sur les flancs des lames ligneuses ;
tf, tissu fondamental à parois minces.

N. B. — Pour toutes les figures, l'observateur est supposé placé au centre du stipe.

Fig. 3. — La branche trilobée : XV-XVI-XVII et la branche bilobée : XIII-XIV. Gr = 13.

Le sommet XVI offre une trace foliaire prête à s'échapper ; sur cette trace foliaire s'insèrent deux racines *r*, *r*.

A, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet XVII.
r', *r'*, racines s'insérant sur les flancs de la lame ligneuse réparatrice.

Fig. 4. — La branche bilobée : XIII-XIV. Gr. = 20.

Le sommet XIV offre une trace foliaire prête à s'échapper.

D, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet XIII.

Fig. 5. — Le groupe des branches bilobées : IX-X et XI-XII. Gr. = 20.

tf, tissu fondamental à parois minces.

Fig. 6. — La branche trilobée : VI-VII-VIII. Gr. = 20.

A, B, C, pôles sortants destinés chacun à une trace foliaire distincte.
ph, liber.
tf, tissu fondamental à parois minces.
r', région d'insertion d'une racine.

Fig. 7. — La branche bilobée : IV-V, Gr. = 20.

Le sommet IV offre une trace foliaire prête à se détacher.

D, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet V.

Fig. 8. — La branche trilobée : I-II-III. Gr. = 20.

Le sommet II offre une trace foliaire prête à se détacher.

C, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet III.
T_d, *T_g*, pôle droit et pôle gauche de la trace foliaire en préparation sur le sommet I.

Fig. 9. — La branche bilobée : IX-X. (Région de la fig. 5, grossie). Gr. = 36.

Le sommet X offre une trace foliaire prête à se détacher, sur laquelle s'insèrent latéralement deux racines *r*, *r*.

D, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet IX.
px, extrémité de la bande médiane de protoxylème.

Fig. 10. — La branche bilobée IV-V. (Région de la fig. 7 grossie). Gr. = 36.

T_d , T_g , pôle droit et pôle gauche de la trace foliaire en préparation sur le sommet IV.
 r , r , racines s'insérant latéralement sur la trace foliaire.
 D , pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet V.
 px , extrémité de la bande médiane de protoxylème.
 en , bande brune marquant la place d'une gaine protectrice autour de l'étoile libéro-ligneuse.

PLANCHE III

ASTEROCHLÆNA LAXA : Echantillon type de Stenzel

(ÉCHANTILLON I)

Préparation T2 du Musée de la Ville de Chemnitz. Section transversale prélevée à la partie inférieure de l'échantillon.

N. B. — Pour toutes les figures l'observateur est supposé placé au centre du stipe.

Fig. 11. — Région centrale de l'étoile libéro-ligneuse. Gr. = 20.

pi , parenchyme interne ;
 ii , trachéide interne ;
 r , racine.

Fig. 12. — Pétiole primaire et racines. (Région K de la fig. 22, Pl. IV, grossie). Gr. = 9.

S , S , pétioles secondaires s'insérant sur la face postérieure du pétiole primaire.
 l , parenchyme lacuneux, appartenant au pétiole primaire ou aux racines voisines (?)
 r , r , racines à faisceau bipolaire circulant entre les pétioles.

Fig. 13. — Section transversale d'un pétiole primaire. (Pétiole K de la fig. 22, Pl. IV, grossi). Gr. = 13.

K , trace foliaire ;
 tf , tissu fondamental à parois légèrement épaissies ;
 gs , tissu mécanique sclérifié ;
 l , débris de parenchyme lacuneux ;
 S , pétiole secondaire s'insérant au voisinage de la face postérieure du pétiole primaire.

Fig. 14. — La trace foliaire dans une fronde prête à se détacher du stipe. (Région G de la fig. 22, Pl. IV, grossie). Gr. = 27.

La trace foliaire a une forme biconcave.

T_d , boucle périphérique droite de la trace foliaire ;
 tf , tissu fondamental à parois légèrement épaissies.

Fig. 15. — Trace foliaire au voisinage de l'étoile libéro-ligneuse. (Trace située sur le rayon XII, fig. 1, Pl. I, grossie). Gr. = 64.

T_d , pôle droit de la trace foliaire ;
 T_g , pôle gauche de la trace foliaire ;
 ph , liber.

Fig. 16. — La trace foliaire dans un pétiole assez éloigné du stipe. (Région H de la fig. 22, Pl. IV grossie). Gr. = 27.

T_d , T_g , boucle périphérique droite et boucle périphérique gauche de la trace foliaire.
La trace foliaire a sa concavité tournée vers le stipe.

Fig. 17. — La branche trilobée VI-VII-VIII. (Région de la fig. 6, Pl. II, grossie). Gr. = 16.

A, pôle sortant correspondant au sommet le plus voisin du centre.
B, pôle sortant correspondant au sommet médian.
C, pôle sortant correspondant au sommet le plus éloigné du centre.
B', groupe de petits éléments satellite de B.
 px , extrémité de la bande médiane de protoxylème.

Fig. 18. — Trachéide interne. (Région ti de la fig. 11, grossie). Gr. = 100.

ti , trachéide interne à ornements spiralés.
 v , vaisseaux scalariformes.

Fig. 19. — Bande médiane de protoxylème. (Région px , de la fig. 6, Pl. II, grossie). Gr. = 64.

px , bande médiane de protoxylème.
 v , éléments scalariformes.

Fig. 20. — Trace foliaire traversant la gaine mécanique sclérifiée. (Trace E de la fig. 22, Pl. IV, grossie). Gr. = 64.

T_d , boucle périphérique droite de la trace foliaire.
 T_g , boucle périphérique gauche de la trace foliaire.
S, anneau ligneux sortant, destiné à un pétiole secondaire.

Fig. 21. — Région d'insertion d'une racine. (Région r' de la fig. 6, Pl. II, grossie). Gr. = 64.

r' , petits éléments scalariformes sur lesquels s'attache la racine ;
 v , vaisseaux scalariformes ;
 ph , liber ;
 en , gaine protectrice s'étendant tout autour de l'étoile libéro-ligneuse.
 tf , tissu fondamental à parois minces.

PLANCHE IV

ASTEROCHLÆNA LAXA

(ÉCHANTILLONS I, II et III)

N. B. — Sauf pour les fig. 22 et 25, qui sont des figures d'ensemble, l'observateur est toujours supposé placé au centre du stipe.

Fig. 22. — Echantillon type de Stenzel (Echant. I) : section transversale prélevée à la partie inférieure de l'échantillon. Ensemble de la préparation T2 du Musée de la Ville de Chemnitz. — Gr. = 2,3.

Le détail de cette préparation est figuré sur les planches I, II et III et fig. 27 et 28, Pl. IV.

E, trace foliaire, dont le détail est représenté, fig. 20, Pl. III.

F, pétiole primaire.

G, pétiole prêt à quitter le stipe ; le détail est représenté, fig. 14, Pl. III.

H, pétiole primaire ; la trace foliaire est représentée fig. 16, Pl. III.

K, pétiole primaire, dont le détail est représenté fig. 10 et 13, Pl. III.

Fig. 23. — Echantillon de M. de Solms-Laubach (Echant. III). — Portion de l'étoile libéro-ligneuse, comprenant une branche unilobée : I, une branche bilobée : II-III, et une branche trilobée : IV-V-VI. — Préparation 348 de la collection de M. de Solms. Gr. = 9.

r, racine insérée latéralement sur la trace foliaire en préparation sur le sommet I.

f, trace foliaire.

Fig. 24. — Echantillon de M. de Solms-Laubach (Echant. III). — Portion de l'étoile libéro-ligneuse, comprenant trois branches bilobées : VII-VIII, IX-X et XI-XII. — Préparation 348 de la collection de M. de Solms. Gr. = 9.

f, trace foliaire.

Fig. 25. — Echantillon de Fribourg (Echant. II). — Section transversale prélevée à la partie inférieure de l'échantillon. Préparation 484, c. 2a de la collection de M. de Solms. Ensemble de la préparation. Gr. = 4,3.

Le détail de cette préparation est représenté fig. 2, Pl. I, et Pl. V, VI, et VII.

E, trace foliaire, dont le détail est représenté fig. 46 et 47, Pl. VI.

gs, gaine mécanique sclérifiée.

r, racine.

Fig. 26. — Echantillon de Fribourg (Echant. II). — La gaine mécanique sclérifiée. (Région *gs* de la fig. 25 grossie.) Gr. = 64.

gs, cellules scléreuses.

Fig. 27. — Echantillon type de Stenzel (Echant. I). — Point de concours des branches IX-X et XI-XII. (Région de la fig. 5, Pl. II, grossie.) Gr. = 36.

px, éléments de protoxylème.

Fig. 28. — Echantillon type de Stenzel (Echant. I). — Gaine mécanique sclérifiée (Région E de la fig. 22, grossie). Gr. = 36.

gs, cellules scléreuses.

PLANCHE V

ASTEROCHLOENA LAXA : Echantillon de Fribourg

(ÉCHANTILLON II)

Les fig. 29, 30, 31, 32 et 33, Pl. V, et les fig. 38, 39 et 40, Pl. VI représentent toute la périphérie de l'étoile libéro-ligneuse sur la préparation 484, c. 2a (Collection de M. de Solms). L'ensemble de cette préparation est représenté fig. 25, Pl. IV et l'ensemble de l'étoile libéro-ligneuse est représenté fig. 2, Pl. I.

Les chiffres romains : I à XX, placés au bas des fig. 29, 30, etc., désignent les sommets de l'étoile, c'est-à-dire les points récepteurs (ou générateurs) de traces foliaires. A chaque sommet correspond une génératrice foliaire.

Les fig. 34, 36 et 37, ont été prises sur la coupe inférieure (Préparation 484, c. 2 de la collection de M. de Solms). Elles doivent être comparées aux fig. 29, 31 et 33, prises sur la coupe supérieure.

N. B. — Pour toutes les figures, l'observateur est supposé placé au centre du stipe.

Fig. 29. — La branche trilobée I-II-III. Gr. = 20.

A, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet III ;

B, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet II ;

C, pôle résiduel correspondant au sommet I ;

px, bande médiane de protoxylème.

Comparer la fig. 29 à la fig. 34, prise sur la coupe inférieure.

Fig. 30. — La branche trilobée : IV-V-VI. Gr. = 20.

Les sommets extrêmes : IV et VI offrent chacun une trace foliaire prête à se détacher.

A, sommet le plus voisin du centre (sommet VI) ;

B, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet médian V ;

C, pôle résiduel correspondant au sommet IV ;

T_d, T_g, pôle droit et pôle gauche de la trace foliaire issue du sommet VI ;

px, extrémité digitée de la bande médiane de protoxylème.

Fig. 31. — La branche trilobée : VII-VIII-IX. Gr. = 20.

Le sommet médian, VIII, offre une trace foliaire prête à se détacher.

B, pôle dédoublé de la trace foliaire ;

A, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet VII ;

C, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet IX ;

r , racine s'insérant latéralement sur la trace sortante ;

r' , racine s'insérant sur le flanc de la lame ligneuse réparatrice.

N. B. — Comparer la fig. 31 à la fig. 36, prise sur la coupe inférieure.

Fig. 32. — La branche bilobée : X-XI. Gr. = 20.

Le sommet X offre une trace foliaire assez avancée.

D, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet XI.

Fig. 33. — La branche bilobée : XII-XIII. Gr. = 20.

Le sommet XII offre une trace foliaire prête à s'échapper.

P, pôle résiduel correspondant au sommet XII.

N. B. — Comparer la fig. 33 à la fig. 37, prise sur la coupe inférieure.

Fig. 34. — La branche trilobée : I-II-III. Gr. = 20.

A, B, C, les trois sommets.

r , racine s'insérant latéralement sur la trace foliaire issue du sommet C.

r' , racine s'insérant sur le sommet A.

r'' , racine à faisceau bipolaire.

Fig. 35. — La branche trilobée : VII-VIII-IX. (Région de la fig. 31 grossie). Gr. = 27.

A, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet VII ;

B, pôle dédoublé destiné à la trace foliaire issue du sommet VIII ;

P, pôle résiduel correspondant au sommet VIII ;

C, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet IX ;

px , extrémité digitée et recourbée de la bande médiane de protoxylème ;

r , racine s'insérant latéralement sur la trace foliaire, issue du sommet VIII.

Fig. 36. — Région de la préparation 484, c. 2, (collection de M. de Solms), comprenant les sommets : VI, VII, VIII et IX. Gr. = 13.

Cette figure est destinée à montrer la disposition verticillée des traces foliaires, et l'alternance des verticilles.

Le verticille V2, ne rencontre sur la figure qu'une seule trace foliaire issue du sommet VIII ; le verticille V3 rencontre deux traces, issues des sommets VII et IX : le verticille V4, rencontre les deux traces en préparation sur les sommets VI et VIII. Enfin le verticille V5 passe par les deux sommets : VII et IX.

tf , tissu fondamental à parois minces ;

gs , tissu mécanique sclérifié.

Fig. 37. — La branche bilobée : XII-XIII. Gr. = 20.

P, pôle résiduel correspondant au sommet XII ;

D, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet XIII ;

tf , tissu fondamental à parois minces ;

px , bande médiane de protoxylème ;

r , racine s'insérant latéralement sur le flanc d'une lame ligneuse.

PLANCHE VI

ASTEROCHLÆNA LAXA : Échantillon de Fribourg

(ÉCHANTILLON II)

Les figures 38, 39 et 40 font suite aux figures 29 à 33, Pl. V représentant la périphérie de l'étoile ligneuse. Elles ont été prises sur la coupe supérieure (484, c. 2a, collection de M. de Solms. Les fig. 41 et 42, ont été prises sur la coupe inférieure (484, c. 2) ; elles doivent être comparées respectivement aux fig. 38 et 39.

N. B. — Pour toutes les figures, l'observateur est supposé placé au centre du stipe.

Fig. 38. — La branche trilobée : XIV-XV-XVI. Gr. = 20.

Le sommet XVI offre une trace foliaire prête à se détacher. La trace foliaire issue du sommet XIV n'est pas visible sur la figure 38, mais on la voit sur la figure 41.

A, B, C, les trois sommets ;
 j^{XVI} , trace foliaire issue du sommet XVI (C) ;
 px , bande médiane de protoxylème ;
 tf , tissu fondamental à parois minces.

Fig. 39. — La branche bilobée : XVII-XVIII. Gr. = 20.

D, pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet XVII ;

Fig. 40. — La branche bilobée : XIX-XX. Gr. = 20.

La trace foliaire, en préparation sur le sommet XX, est assez avancée ; le pôle sortant est dédoublé. (voir fig. 45, T_g , T_d)

ph , liber ;
 px , extrémité de la bande médiane de protoxylème.

Fig. 41. — La branche trilobée : XIV-XV-XVI. Gr. = 20.

Les deux sommets : XIV et XVI offrent chacun une trace foliaire très avancée.

A, B, C, les trois sommets, ou points générateurs des traces foliaires.
 r , racine.

N. B. — Comparer la fig. 41 à la fig. 38 prise sur la coupe supérieure.

Fig. 42. — La branche bilobée : XVII-XVIII. Gr. = 20.

j^{XVII} , trace foliaire sortante ;
 r , racine insérée latéralement sur la trace foliaire ;
D, pôle sortant destiné à la trace foliaire suivante en préparation sur le sommet XVII.

N. B. — Comparer la fig. 42 à la fig. 39, prise sur la coupe supérieure.

Fig. 43. — Section transversale d'un pôle sortant. (Pôle A, des fig. 31 et 35, Pl. V, *grossi*).
Gr. = 100.

Fig. 44. — Section transversale d'un pôle sortant. (Pôle B de la fig. 41, grossi). Gr. = 100.

Fig. 45. — Le sommet XX (Région de la fig. 40, grossie).

T_d, pôle droit de la trace foliaire sortante ;
T_g, pôle gauche de la trace foliaire sortante ;
P, pôle résiduel, qui deviendra plus haut pôle sortant pour la trace foliaire suivante.

Fig. 46. — Trace foliaire située sur le bord du stipe. (Trace E de la fig. 25, Pl. IV, grossie).
Gr. = 36.

La trace foliaire a une forme biconcave.

T_d, boucle périphérique droite.
T_g, boucle périphérique gauche ;
S, sortie destinée à un pétiole secondaire ;
tf, tissu fondamental à parois légèrement épaissies.

Fig. 47. — Région polaire gauche de la fig. 46 grossie. Gr. = 64.

T_g, boucle périphérique gauche ;
R_p, renflement récepteur postérieur ;
R_a, renflement récepteur antérieur ;
S, anneau ligneux sortant ;
en, gaine protectrice enveloppant la masse libéro-ligneuse.

Fig. 48. — Trace foliaire entrant dans la zone sclérifiée. (Trace située sur le rayon XI, fig. 2, Pl. I). Gr. = 56.

T_d, boucle périphérique droite, allongée verticalement et préparant une sortie ;
T_g, boucle périphérique gauche ;
en, gaine protectrice enveloppant la masse libéro-ligneuse.

Fig. 49. — Liber (Région *ph*, de la fig. 56, Pl. VII, grossie). Gr. = 64.

ph, cellules criblées ;
en, gaine protectrice autour de l'étoile libéro-ligneuse ;
tf, tissu fondamental.

Fig. 50. — Bande médiane de protoxylème (Région de la fig. 31, Pl. V, grossie). Gr. = 36.

px, bande médiane de protoxylème ;
k, renflement de la bande médiane de protoxylème ;
r, région d'insertion d'une racine.

Fig. 51. — Extrémité d'une bande médiane de protoxylème sur une branche bilobée (Région de la fig. 39, grossie). Gr. = 100.

px, bande médiane de protoxylème ;
e, extrémité de la bande ;
k, éléments scalariformes intercalés au milieu des éléments de protoxylème ;
v, vaisseaux scalariformes.

PLANCHE VII

ASTEROCHLÆNA LAXA : Echantillon de Fribourg

(ÉCHANTILLON II)

N. B. — Sauf pour la fig. 56, l'observateur est supposé placé au centre du stipe.

Fig. 52. — Trace foliaire au voisinage de l'étoile libéro-ligneuse. (Trace située sur le rayon VII, fig. 2, Pl. I). Gr. = 56.

T_d , boucle périphérique droite allongée verticalement et préparant une sortie ;
 T_g , boucle périphérique gauche ;
 en , gaine protectrice enveloppant la masse libéro-ligneuse.

Fig. 53. — Triangle de concours des branches bilobées : XVII-XVIII et XIX-XX (fig. 2, Pl. I). Gr. = 100.

px , éléments de protoxylème ;
 k , éléments scalariformes intercalés au milieu du protoxylème ;
 v , vaisseaux scalariformes.

Fig. 54. — L'un des angles du carré central (Région de la fig. 56, grossie). Gr. = 100.

ti , trachéides internes à ornementation spiralée ;
 px , éléments de protoxylème ;
 v , vaisseaux scalariformes.

Fig. 55. — Trace foliaire entrant dans la zone sclérifiée (Trace située sur le rayon VIII. Préparation 484, c. 2 de la collection de M. de Solms). Gr. 56.

T_d , boucle périphérique droite ;
 T_g , boucle périphérique gauche ;
 S , anneau sortant destiné à un pétiole secondaire ;
 ph , liber ;
 en , gaine protectrice enveloppant la masse libéro-ligneuse.

Fig. 56. — Le centre de l'étoile libéro-ligneuse (Région de la fig. 2, Pl. I, grossie). Gr. = 27

pi , tissu interne à parois minces mal conservé ;
 px , éléments de protoxylème bordant le carré central ;
 ph , liber.

Fig. 57. — Région de la fig. 42, Pl. VI, grossie. Gr. = 56.

D , pôle sortant destiné à la trace foliaire en préparation sur le sommet XVIII ; le pôle est étalé tangentiellement ; il se divisera plus haut en deux pôles : T_g , T_d ;
 px , bande médiane de protoxylème ;
 l , petits éléments (protoxylème ?) intercalé entre le pôle sortant et la bande médiane de protoxylème ;
 v , vaisseaux scalariformes.]

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
HISTORIQUE	6
Résumé des principaux résultats de Stenzel relatifs aux <i>Asterochloëna</i>	7

PREMIÈRE PARTIE

Échantillon type d'*ASTEROCHLOËNA LAXA*, Stenzel

(ÉCHANTILLON I)

CHAPITRE I. — Documents. Aspect extérieur.	9
CHAPITRE II. — Distribution des traces foliaires.	10
CHAPITRE III. — Les points récepteurs de l'étoile ligneuse.	14
CHAPITRE IV. — Etats successifs de la trace foliaire.	15
CHAPITRE V. — Histologie. Frondes. Racines.	19

DEUXIÈME PARTIE

Échantillon de Fribourg en Brigau

(ÉCHANTILLON II)

CHAPITRE I. — Documents. Aspect extérieur.	25
CHAPITRE II. — Etats successifs de la trace foliaire.	26
CHAPITRE III. — Distribution des traces foliaires.	28
CHAPITRE IV. — Preuves de la verticillation tirées de l'étude de la couronne ligneuse. Retards et anomalies.	31
CHAPITRE V. — Le bois et le parenchyme interne. Le protoxylème.	36
CHAPITRE VI. — Les tissus autres que le bois. Liber. Gaine protectrice du faisceau. Tissu fondamental. Gaine mécanique sclérifiée. Racines.	39

TROISIÈME PARTIE

Échantillon de la Collection de M. de Solms-Laubach

(ÉCHANTILLON III)

..... 41

QUATRIÈME PARTIE

Échantillon du Musée Géologique de Breslau

(ÉCHANTILLON IV)

..... 43

COMPARAISON DES ÉCHANTILLONS ENTRE EUX ET A L'ASTEROCHLENA RAMOSA. 45

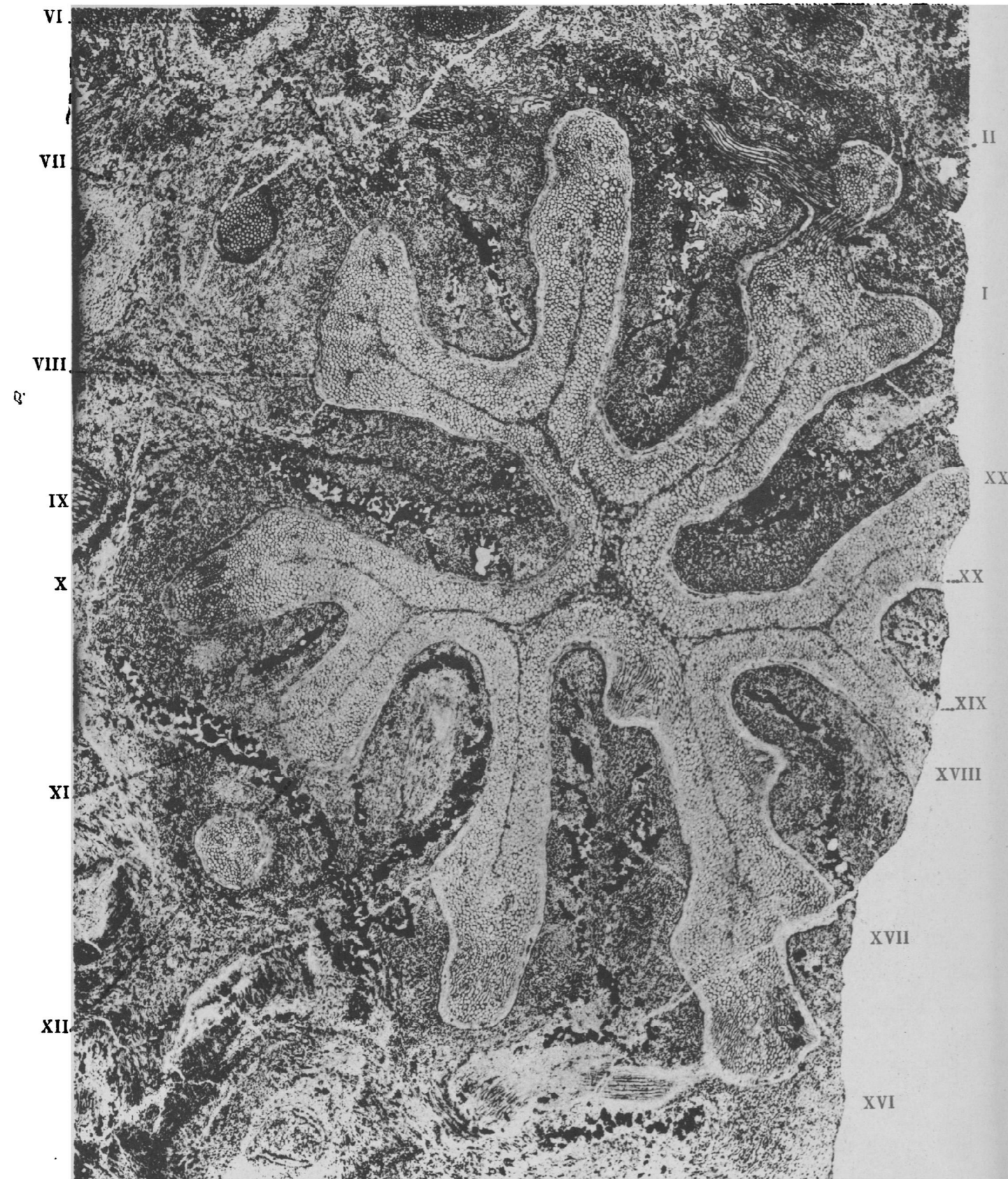
CINQUIÈME PARTIE

Affinités du genre ASTEROCHLENA

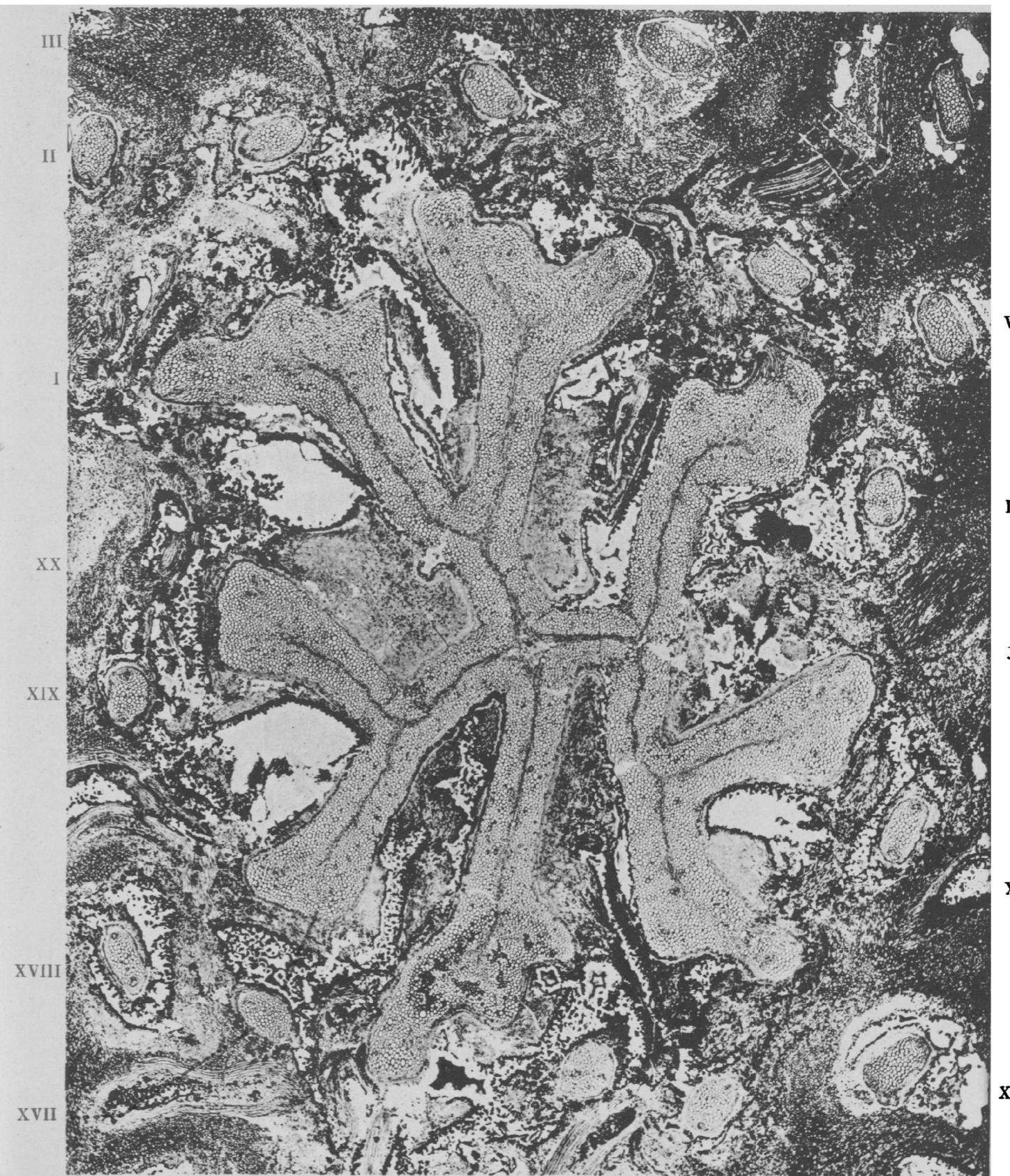
CHAPITRE I. — Relations avec les Clepsydropsis. 47
CHAPITRE II. — Relations avec les Ankyropteris 51
CHAPITRE III. — Relations avec les autres Zygoptéridées. 54
CONCLUSIONS GÉNÉRALES. 57
EXPLICATION DES PLANCHES. 61

1

2

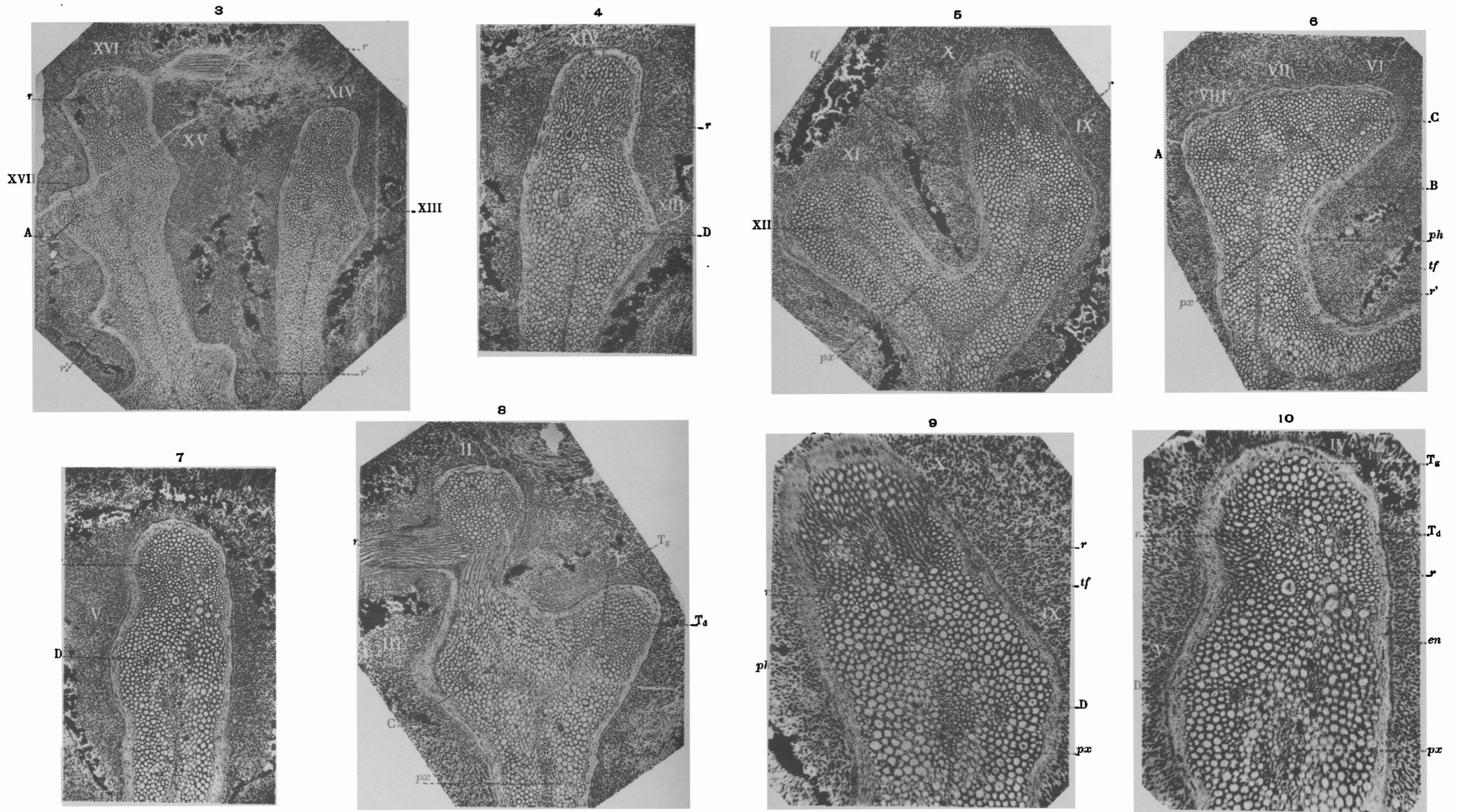


ÉCHANTILLON TYPE DE STENZEL.



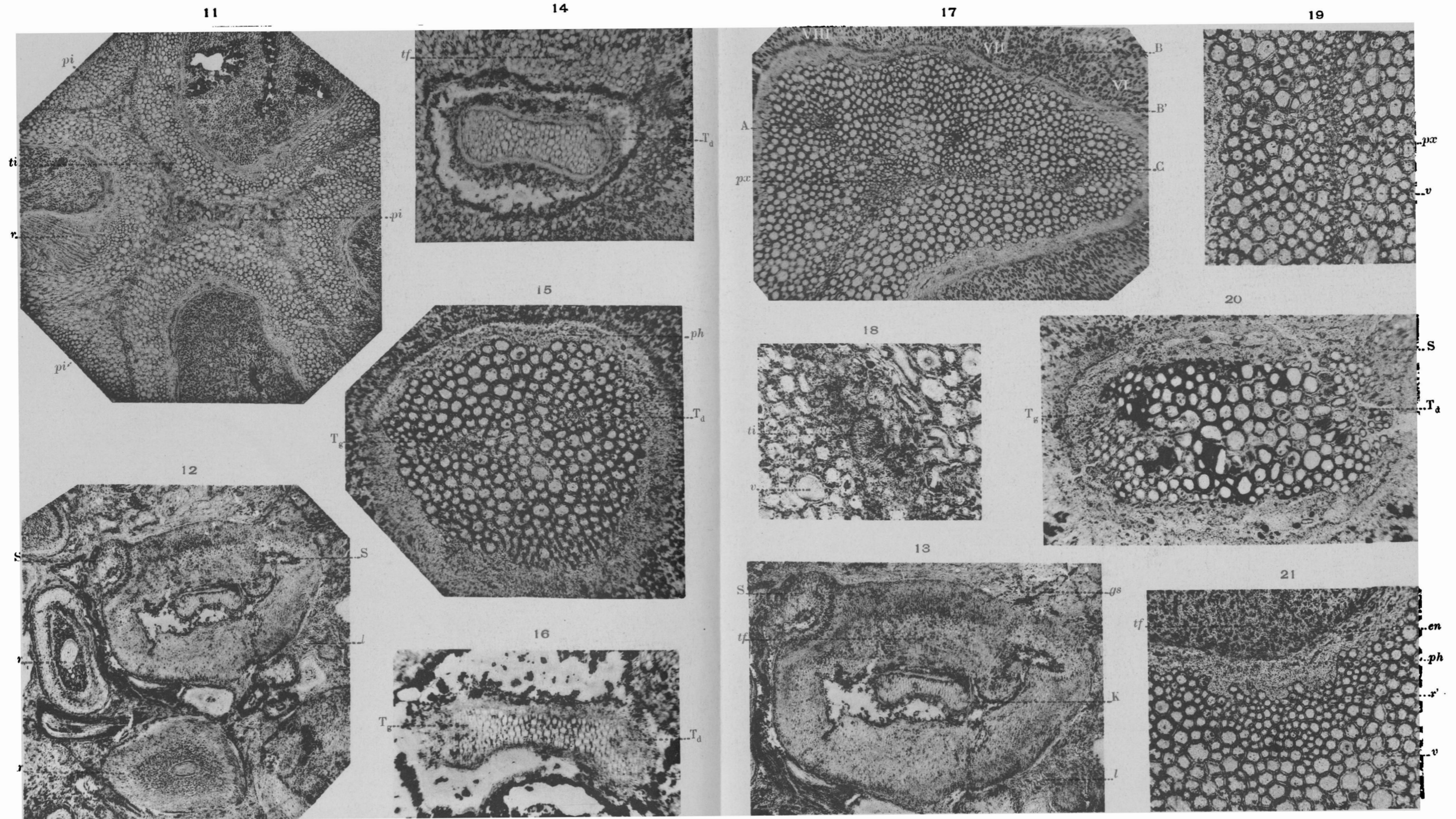
ÉCHANTILLON DE FRIBOURG.

P. Bertrand, phot.



P. Bertrand, phot.

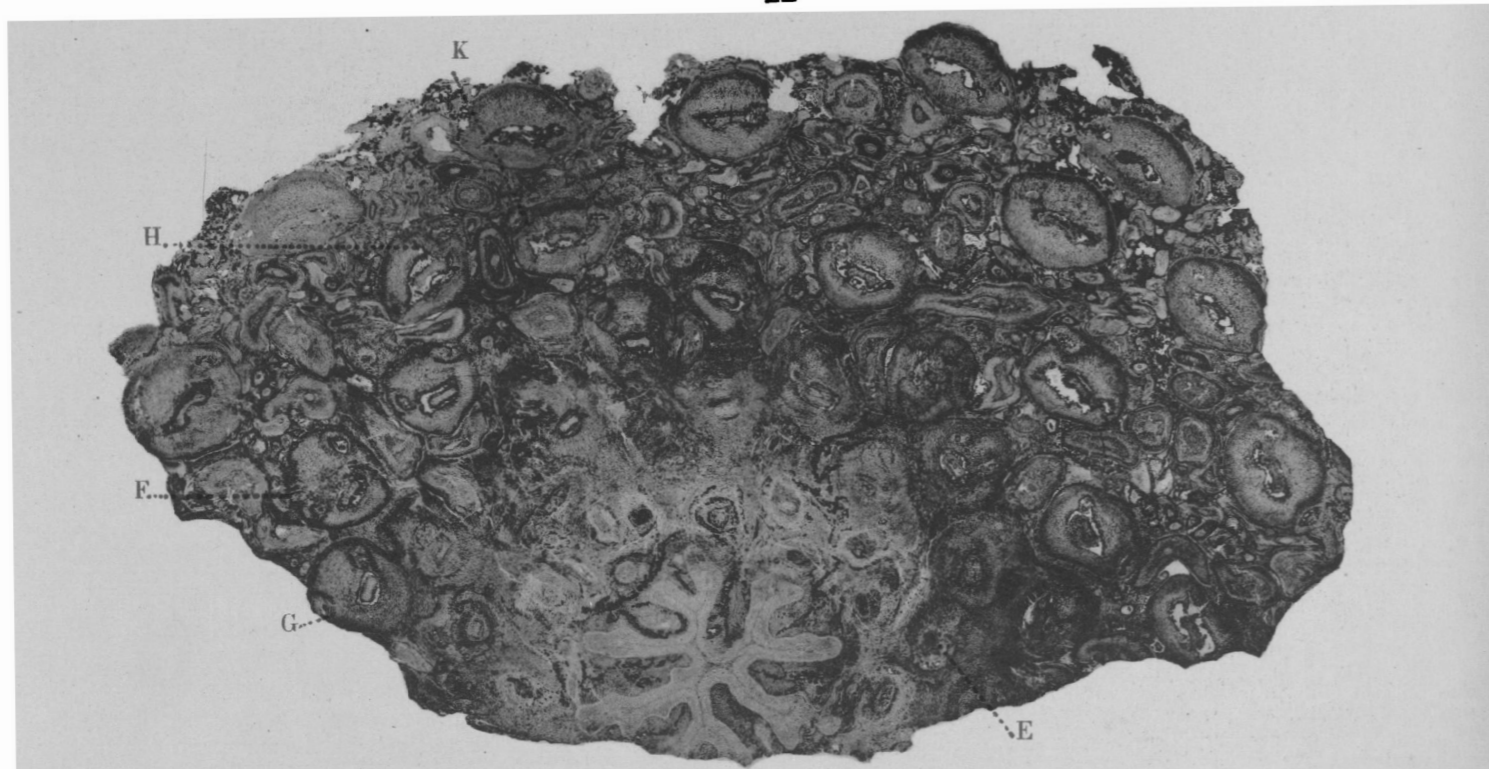
ASTEROCHLŒNA LAXA. — ÉCHANTILLON TYPE DE STENZEL.



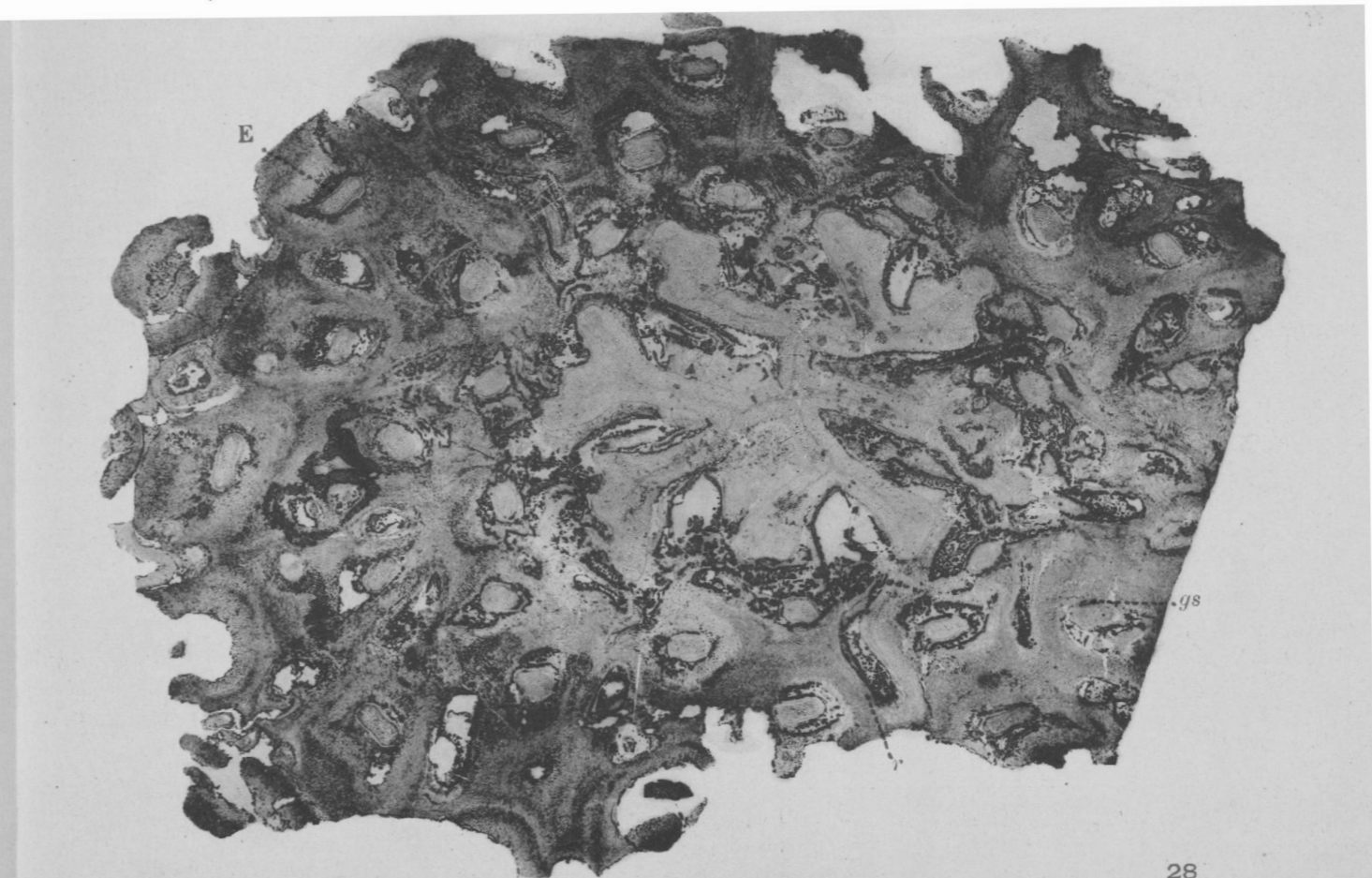
P. Bertrand, phot.

ASTEROCHLŒNA LAXA. — ÉCHANTILLON TYPE DE STENZEL.

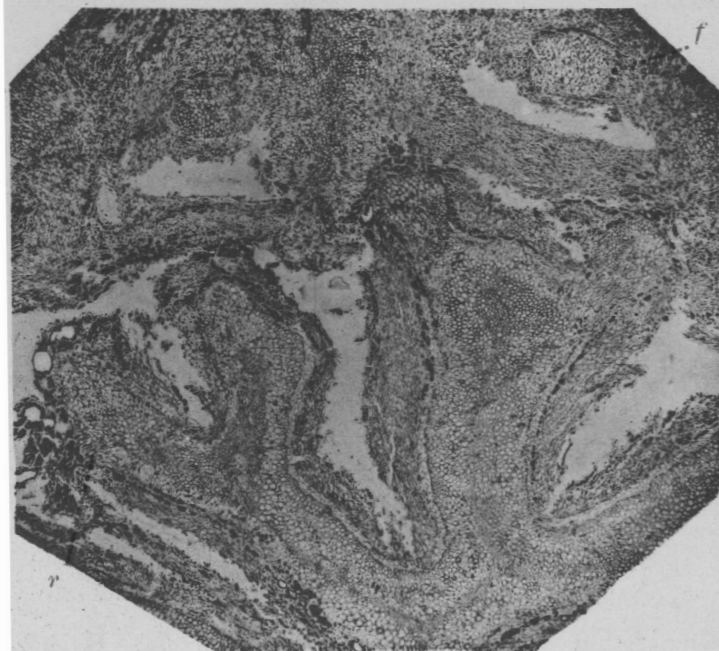
22



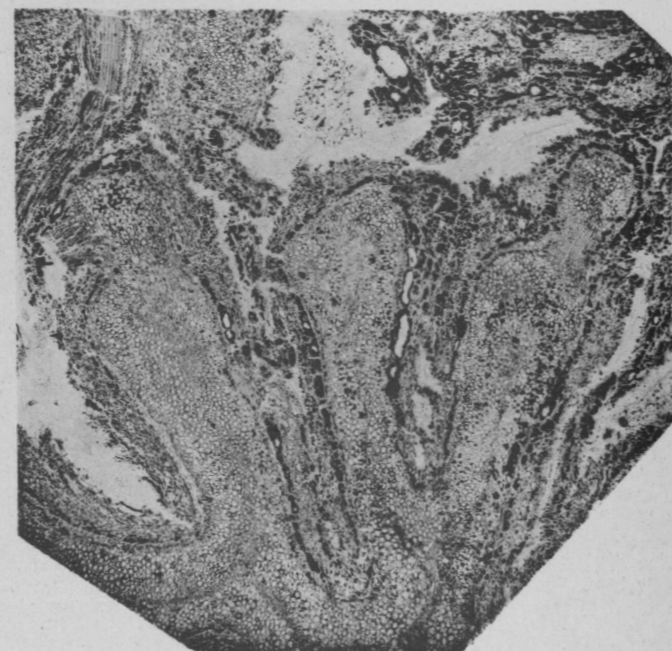
25



23



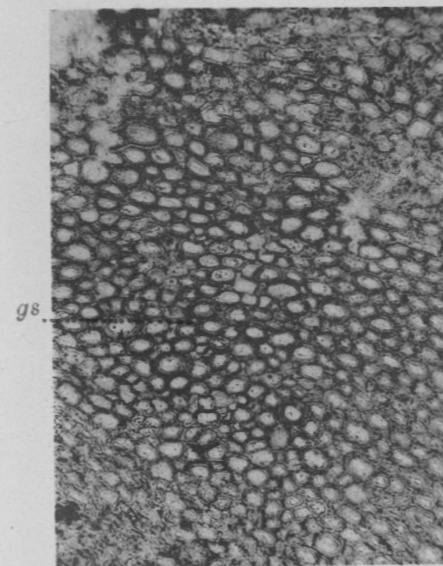
24



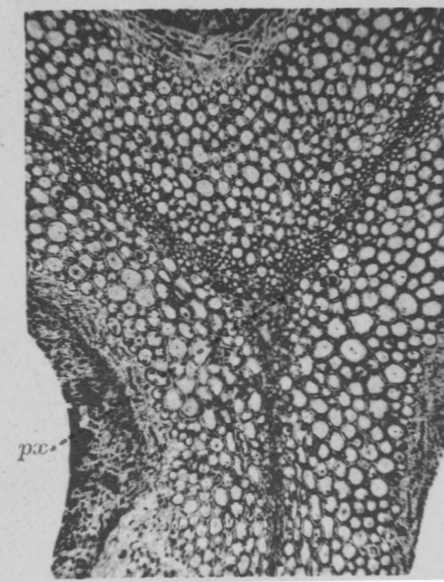
I II III IV V VI

VII VIII IX X XI XII

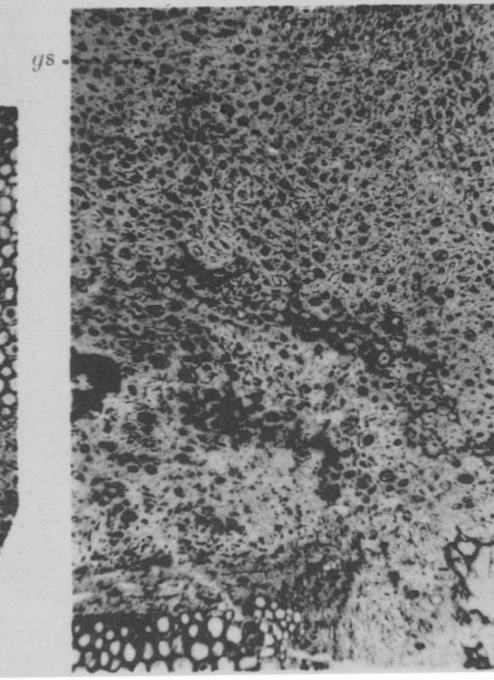
26



27

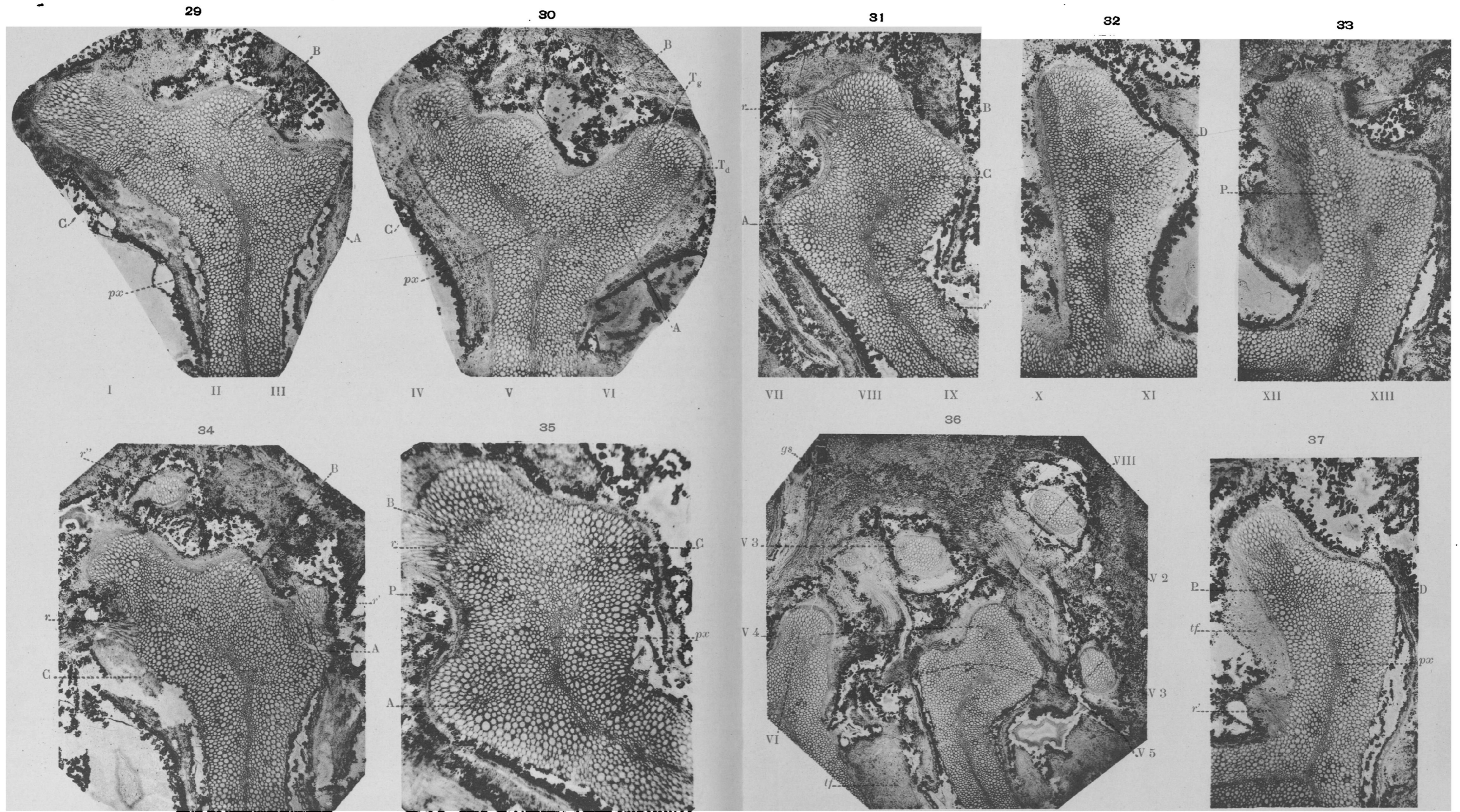


28



P. Bertrand, phot.

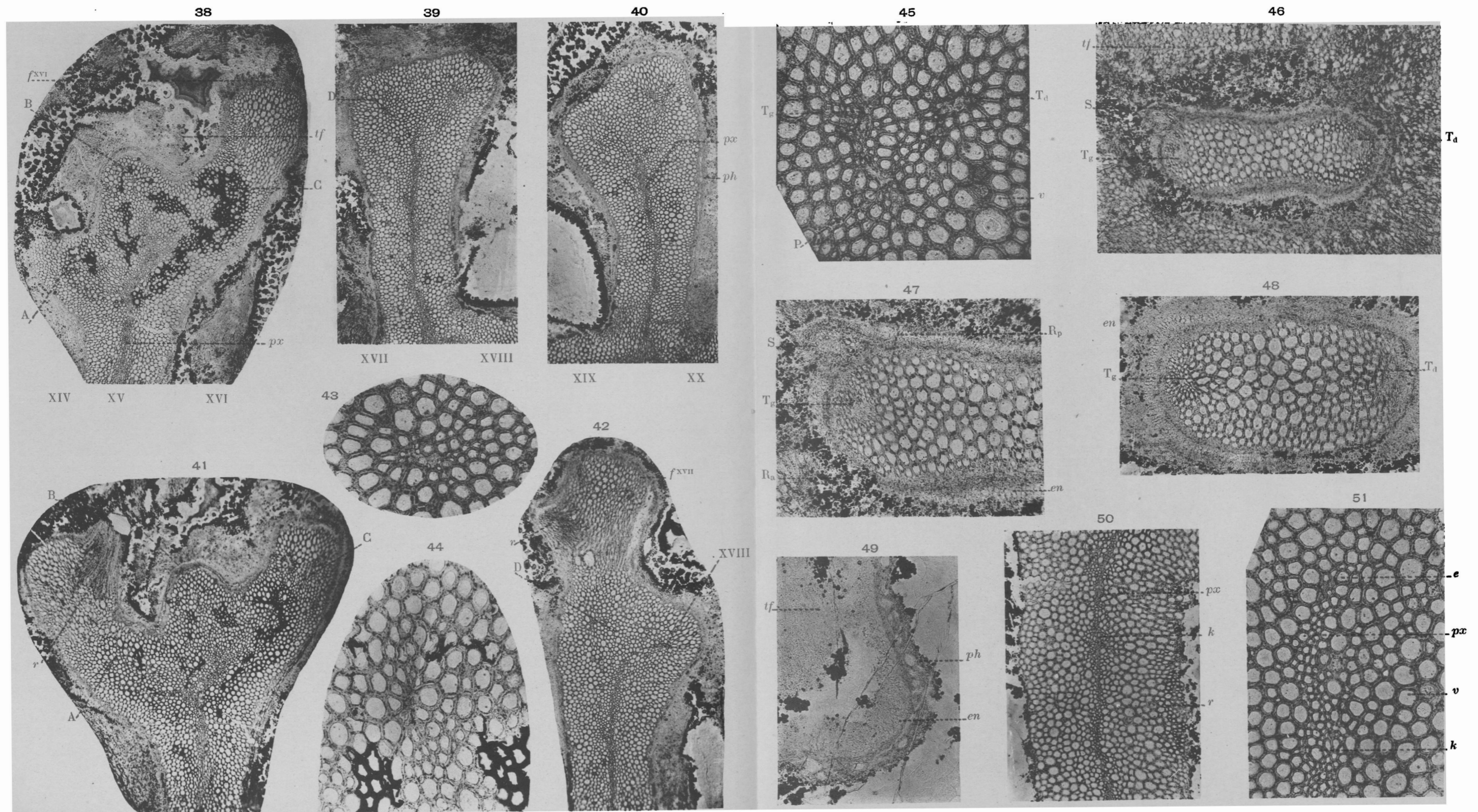
22, 27, 28, ÉCHANTILLON DE STENZEL. — 23, 24, ÉCHANTILLON DE M. DE SOLMS. -- 25, 26, ÉCHANTILLON DE FRIBOURG.



ASTEROCHLŒNA LAXA.

ÉCHANTILLON DE FRIBOURG.

P. Bertrand, phot.

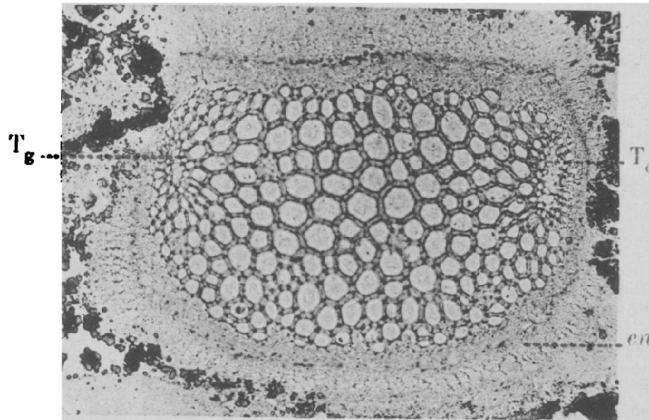


P. Bertrand, phot.

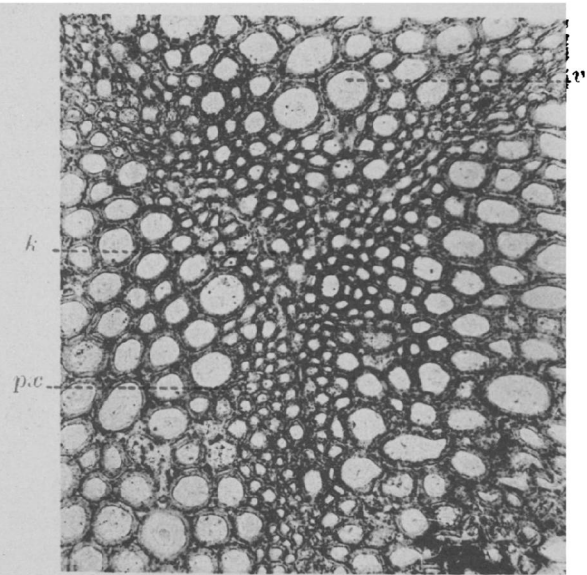
ASTEROCHLENA LAXA.

ÉCHANTILLON DE FRIBOURG.

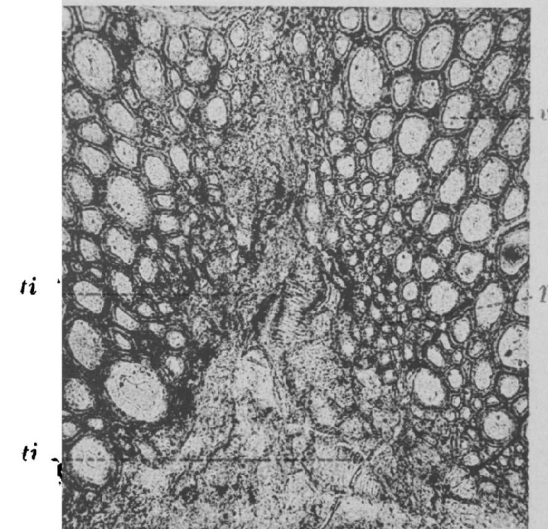
52



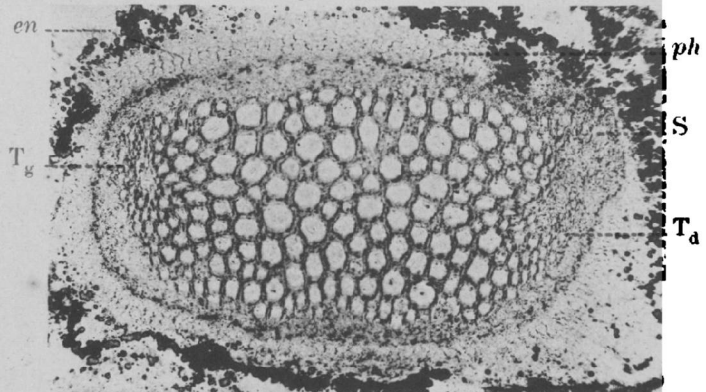
53



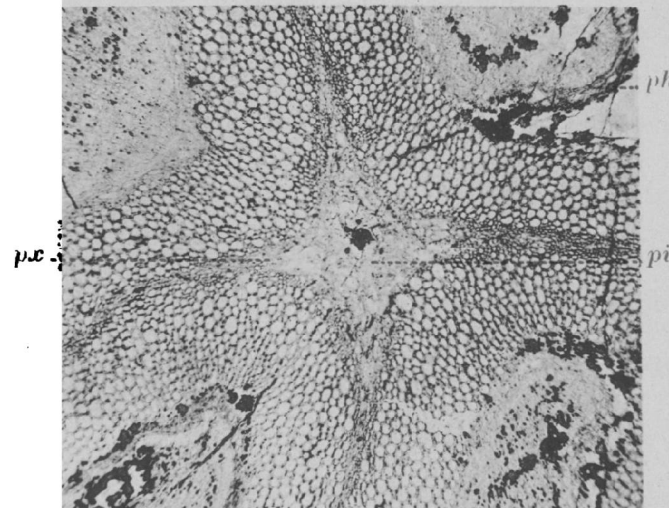
54



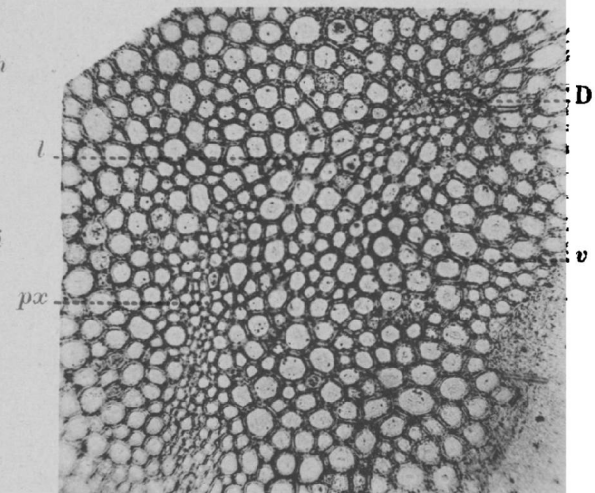
55



56



57



P. Bertrand, phot.

ÉCHANTILLON DE FRIBOURG.

