

RECHERCHES SUR L'ANATOMIE COMPARÉE DES GRAINES DE PTÉRIDOSPERMES

PAR

A. LOUBIÈRE

avec sept planches.

INTRODUCTION

Dans un Mémoire célèbre sur la *Flore carbonifère du département de la Loire et du Centre de la France*, publié en 1877 par l'Académie des sciences dans les *Mémoires des savants étrangers*, GRAND'EURY avait la conviction que la plupart des graines houillères, différentes de celles des Cordaïspemes, provenaient de végétaux dont les frondes ressemblaient tout à fait aux feuillages des Fougères. Il entrevoyait déjà ce nouveau groupement de Phanérogames que, plus tard, OLIVER et SCOTT proposaient d'appeler les Ptéridospermes.

Ces plantes éteintes, dont la découverte est une des plus sensationnelles qu'ait enregistrées l'histoire de la Paléontologie végétale, n'étaient donc pas des Cryptogames vasculaires, des Exoprothallées, mais des Endoprothallées.

*
* *
*

Les prévisions de GRAND'EURY sur l'attribution d'appareils sexués femelles à des végétaux pourvus de feuillages filicoïdes, basées sur le mélange constant de certaines graines avec

certaines frondes, à l'exclusion d'autres fossiles, ont été confirmées par des preuves de plus en plus irréfragables. La constitution anatomique des tiges correspondantes, monostélisque avec bois primaire centripète et centrifuge, ou polystélisque avec bois primaire centripète seulement, rappelant ainsi les Cycadées autant que les Fougères, chez une série de plantes étudiées par WILLIAMSON et SCOTT, par WEBER et STERZEL, amène POTONIÉ, en 1897, à réunir sous le nom de *Cycadofilices*, les Lyginodendrées, les Médullosées et quelques autres végétaux pourvus de stipes plus ou moins analogues à affinités ambiguës, mais dont on ignore encore le mode de reproduction. Le bois secondaire centrifuge rayonnant, qui entoure les faisceaux diploxylés ou monoxylés, n'est pas spécial aux Spermaphytes, un tel bois existant chez bon nombre de Ptéridophytes paléozoïques : Sphénophyllales, Calamodendrées, Sigillariées et Lépidodendrées. L'identité de structure des faisceaux dans la pédicelle du *Lagenostoma Lomaxi* et dans la fronde du *Lyginopteris oldhamia*, ainsi que la similitude des glandes sur la cupule enveloppant la graine, sur le rachis et les pinnules déterminent, en 1903, OLIVER et SCOTT à considérer le *Lagenostoma* comme la graine du *Lyginopteris*. KIDSTON complète, en 1905, la démonstration, en établissant que les *Crossotheca* à capsules biloculaires représentent les fructifications mâles du *Sphenopteris Henninghausi* dont on a la graine. Il constate également que la déhiscence de ces anthères se produit le long de la cloison séparatrice des deux loges. Cet appareil frutifère est donc plus différencié, semble-t-il, que celui des Cycadées, où les sacs polliniques ne s'accolent pas ainsi deux à deux.

Plus tard, un nouvel élément intervient dans la question, sous la forme d'observations portant sur la structure anatomique des radicules du *Lyginopteris*; l'étude de WEISS nous fait connaître que la lame ligneuse de ces jeunes racines est perpendiculaire aux faisceaux ligneux de leur racine-mère. On a donc affaire là à un caractère phanérogamique (VAN TIEGHEM), qui s'accroît encore davantage par la présence de formations secondaires dans les racines âgées (SEWARD).

Les études de WEBER et STERZEL, déjà mentionnées, établissent un autre fait d'un intérêt capital, à savoir la dépendance mutuelle des *Medullosa* et des *Myelopteris*, ces derniers représentant les pétioles portés par ces tiges et correspondant eux-mêmes aux feuillages des Névroptéridées, des Aléthoptéridées. On sait, par ARBER, que les racines du *Medullosa anglica* ressemblent en tous points à celles des Gymnospermes. Mais les preuves décisives de l'existence des Fougères avec graines attachées sont fournies presque simultanément par KIDSTON pour le *Neuropteris heterophylla* dont la pinnule terminale est remplacée par une grosse graine striée; par WHITE pour l'*Aneimites fertilis* avec de petites graines aplaties, pourvues de deux ailes latérales peu développées, par GRAND'EURY pour le *Pecopteris Pluckeneti*, portant des centaines de petites graines platyspermiques, bicarénées et fixées à l'extrémité des pinnules non modifiées, etc.

Ces constatations immédiates attestent l'excellence de la méthode qui avait permis d'annoncer, longtemps d'avance, ces remarquables découvertes.

Les recherches faites sur le terrain ont encore mis en évidence, entre certaines formes de frondes et certains types de graines, des associations constantes, qui ont permis de conclure à la dépendance réciproque. C'est ainsi, notamment, que GRAND'EURY a attribué aux *Alethopteris*, les *Pachytesta* du Stéphanien, les *Trigonocarpus* du Westphalien; aux *Odontopteris*, aux

Nevropteris des graines tantôt striées en long et tantôt polyptères; aux *Linopteris* des graines hexagones, etc... Il estime à une soixantaine le nombre de graines différentes correspondant seulement à douze genres de feuillages filicoïdes; il compte dix types de graines pour le seul genre *Nevropteris*, et trouve même plusieurs espèces de graines pour des formes qu'on ne parvient pas à distinguer spécifiquement.

Les feuillages des Ptéridospermes semblent avoir eu des rachis très souvent bifurqués. Cette particularité, que l'on retrouve constamment chez les *Nevropteris*, les *Odontopteris*, les *Sphenopteris* construits sur le plan du *Sph. Hoeninghausi*, ainsi que chez les *Pecopteris Pluckeneti*, constituerait peut-être dans bien des cas un caractère, tout au moins empirique, de ces plantes fossiles.

Nos connaissances anatomiques sur les microsporangies correspondants sont encore assez rudimentaires, bien qu'ils soient moins indépendants des frondes que les graines. Minuscules et délicats, ces organes mâles ne laissent pas de rappeler les sporangies des Fougères. Les genres *Crossotheca*, *Telangium*, *Urnatopteris*, désignent les fructifications mâles de plusieurs Sphénoptéridées; les genres *Codonothea*, *Whittleseya*, celles des Aléthopteridées. Les capsules ou anthères des *Archaeopteris*, *Cephalopteris*, etc., suspendues à des filets dichotomes, sont semblables à celles des *Psilophyton*.

Les Ptéridospermes sont connues dans le Dévonien, où le Règne végétal était déjà puissant et varié. Elles prédominent dans le système Carboniférien, traversent le Trias et s'éteignent dans le Lias, pour céder la place aux Cycadées.

Par contre, l'importance des Fougères diminue de plus en plus, à mesure que l'on remonte dans la série géologique : dans le Westphalien, elles sont bien moins abondantes que dans le Stéphanien, et, au Culm et au Dévonien, elles paraissent avoir été extrêmement rares. Et comme on n'a pas l'assurance qu'elles aient existé vers le milieu de l'époque dévonienne, à côté des Fougères à graines, il semble bien difficile de pouvoir attribuer à ces dernières une origine filicinéenne.

D'autre part, on voit l'effectif des Fougères véritables se réduire singulièrement, des types de plus en plus nombreux passant dans le cadre des Ptéridospermes.

Toutes ces constatations s'accordent mal avec la désignation classique d' « ère des Cryptogames vasculaires », assignée à la période primaire. Les *Spermaphytes biarchégoniées*, c'est-à-dire les Ptéridospermes et les Cordaïspérmes, entraînent sûrement pour une part notable dans la constitution de la flore paléophytique. La profusion et la variété des graines recueillies dans le terrain houiller témoignent, au cours de la période paléozoïque, d'un vaste groupement de Ptéridospermes. La diversification des organes de reproduction, contrastant avec l'uniformité relative du système végétatif, est la notion la plus saillante qui se dégage de l'histoire de ces végétaux fossiles filicoïdes, longtemps confondus avec l'embranchement des Gymnospermes.

*
* * *

Les caractères relevés dans l'étude anatomique des membres végétatifs des Ptéridospermes n'établissent pas leur position systématique réelle. Il est donc indispensable, au point de vue botanique comme au point de vue philosophique, de chercher ailleurs des points d'appui plus nombreux et plus solides. Nous en trouverons dans un examen attentif des graines à structure conservée, étudiées jusqu'ici. Les appareils sexuels femelles, où s'opère le phénomène intime de la fécondation, sont les éléments les plus stables et les plus complets qui puissent servir de base à la classification des Spermaphytes. Ce sont eux qui fournissent aussi les meilleurs indices d'affinités.

CLASSIFICATION DES PTÉRIDOSPERMES

Le nucelle étant l'organe reproducteur femelle, c'est de cet élément essentiel qu'il y a lieu de tenir compte dans l'interprétation morphologique de la graine.

Dans les Spermaphytes actuelles, le nucelle est dépourvu de nervures; sa surface supérieure, destinée à recevoir les gamètes mâles, est plane chez les Angiospermes, creusée en nacelle plus ou moins irrégulière chez les Gymnospermes. On sait également que sa forme la plus rudimentaire se trouve réalisée, parmi les Dicotylédones, dans la famille des Santalacées, des Loranthacées, des Balanophoracées où, toujours privé de tégument, il est même réduit, notamment dans le Sarcophyte, à la mégaspore.

Or, plus on remonte dans la succession des temps, vers les premières périodes géologiques, plus sont profondes et variées les modifications dont le mégasporange a été le siège, plus on se rapproche ainsi de sa structure la plus élevée, de son organisation interne la plus complexe : stade offert, précisément, par les graines orthotropes des Ptéridospermes.

Comme ces graines singulières, hautement individualisées, sont nombreuses et extrêmement diversifiées à l'état minéralisé, il importe donc de les distinguer, de les contrôler, de les comparer, de rechercher la valeur, l'ordre de subordination de leurs caractères, afin de les ordonner de la manière la plus naturelle.

Appuyé sur l'analyse, quatre principes peuvent nous diriger dans leur classification :

- 1° Le mode d'insertion nucellaire dans la cavité tégumentaire;
- 2° La structure du sommet du nucelle;
- 3° Le mode de distribution du tissu conducteur;
- 4° La différenciation du testa.

En négligeant la symétrie, ainsi que les attributs exceptionnels, propres à certains genres, je pense que ces caractères sont les plus fixes et qu'ils sont suffisants pour apprécier le degré de complication, indiquer les tendances générales qui doivent être imprimées à la classification des Ptéridospermes. La première de ces notions fournit de bonnes distinctions, qui dépassent la valeur des caractères ordinaux : elle servira de base à des classes. Les trois autres interviendront dans le sectionnement de ces groupements.

La caractéristique fondamentale des graines est celle qui résulte de la position du mégasporange sur le lobe séminal. Elle semble étroitement liée à toute la structure de la graine.

Les trois modes d'attaches nucellaires, reconnus peu à peu dans les graines des Ptéridospermes, offrent une constance remarquable pour recevoir dans un système rationnel leur application en trois classes :

- 1° Les Nertocaryales (νέρτερος, inférieur; καρυον, noix; syn. de nucelle), à nucelle inférieur, soudé à la base et latéralement avec le testa, libre au sommet comme dans les graines actuelles.

2^o Les Mésocaryales (*μεσος*, intermédiaire), à nucelle semi-inférieur, adhérent seulement au fond de la coque séminale, et rappelant ainsi les CordaïspERMES.

3^o Les Acrocaryales (*ακρος*, qui est au sommet), à nucelle supérieur, attaché sous le sommet de la cavité tégumentaire, et sans analogues jusqu'à présent dans les autres groupes de végétaux éteints.

Ces trois grandes séries, qui se sont succédé dans le temps, répondent à ces trois étapes de la concrescence de l'organe reproducteur femelle avec le testa. Le mégasporange, d'abord presque entièrement inclus dans la cavité tégumentaire, est devenu par la suite de plus en plus libre.

Les Nertocaryales sont les plus perfectionnées, les Mésocaryales réalisent une division moins compliquée et les Acrocaryales représentent l'état le plus simple des Ptéridospermes, le plus voisin, je crois, des Fougères véritables.

I. CLASSE DES ACROCARYALES

La classe des *Acrocaryales* comprend uniquement la famille des *Leptotestales*, dont je ne connais jusqu'ici qu'une seule espèce : le *Leptotesta Grand'Euryi*, graine minéralisée du *Pecopteris Pluckenetii*.

Ce feuillage à la fois sphénoptéroïde et pécoptéroïde d'une Ptéridosperme, est connu dans la série anthracolithique dans la zone botanique, comprise entre le Westphalien et le Stéphanien, horizon de passage où prédominent les Marattiacées. Il persiste jusqu'au Permien et disparaît, vers la base de cet étage, sous sa forme stérile, inscrite sous le nom de *Pecopteris Sterzeli* (pl. I, fig. 10); quant à sa forme fertile (pl. I, fig. 9), la découverte de GRAND'EURY nous a fait connaître qu'elle produisait « non une ou quelques-unes, mais des centaines de petites graines bien conformées ». Il n'y a plus ici substitution d'une graine à une pinnule, comme cela avait lieu, par exemple, chez le *Nevropteris heterophylla* et comme c'est également le cas chez les *Cycas*. Ces graines, trouvées attachées au *Pecopteris Pluckenetii*, sont insérées sur les bords des pinnules et pendent librement à l'extrémité principale de la nervure de chaque lobe.

Sur des feuilles de la même espèce, mais différentes de celles portant les graines, on remarque de tout petits sores de 1 millimètre de diamètre, ordonnés comme ceux des *Dicksonia*. Ces organes sont probablement des réceptacles d'anthères stellaires, des *Asterotheca*, ou fructifications sporangifères des Marattiacées. L'aspect des frondes peut être modifié par la présence sur les nervures, le limbe et le rachis de ponctuations analogues à celles que l'on rencontre parfois sur les graines. Ces aspérités punctiformes, d'origine fongique, sont dues à l'*Excipulites punctatus*, microorganisme que l'on trouve, d'ailleurs, assez souvent sur d'autres plantes paléozoïques.

On ne connaît pas encore avec certitude la constitution anatomique du stipe en rapport direct avec ces frondes, ramifiées par dichotomie symétrique. Si c'est celle des tiges des *Psaronius*, il en découlerait que la famille des *Leptotestales* serait, de tous les groupes de Ptéridospermes actuellement connus, celle qui s'apparenterait le plus étroitement aux Fougères. Les graines, aplaties dans les schistes, sont digones, ovales, aiguës et échancrées au sommet;

elles ressemblent extérieurement à celles du *Samaropsis*, engendrées par certains *Dory-Cordaites*.

Pendant longtemps, l'appareil reproducteur femelle du *Pecopteris Pluckeneti* n'avait été observé qu'à l'état d'empreintes. Nous l'avons rencontré dans les collections du Muséum à l'état de structure conservée. Il est représenté par trois préparations. Celles-ci ont été prises dans un spécimen unique, trouvé par Grand'Eury dans une calcédoine de Grand-Croix. L'une d'elles porte la mention écrite par Grand'Eury lui-même : *graine de Pecopteris Pluckeneti*. Cette précieuse indication manuscrite est aussi reproduite au dos de la boîte contenant les documents. Ces trois coupes, exécutées par Werlein, portent les numéros 14927, 14928 et 14929; la première (pl. I, fig. 3) est une section transversale fortement oblique, faite dans la région sous-équatoriale de la graine. Les deux autres sont parallèles au grand axe et perpendiculaires au plan carénal; l'une passe par le tube micropylaire (pl. I, fig. 1), l'autre par la chalaze (pl. I, fig. 2). La taille a détruit la lame tégumentaire de la valve dorsale, ainsi que son prolongement latéral dans la région carénale droite. Cette valve dorsale doit correspondre sans doute à la valve de découverte que montrait la graine à la surface du petit bloc de silex dont disposaient Grand'Eury et Werlein.

La graine silicifiée du *Pecopteris Pluckeneti* mesure environ 4 mm. 5 de hauteur, 3 millimètres de largeur et 1 mm. 5 d'épaisseur. Nous l'avons désignée sous le nom générique de *Leptotesta*, et nous avons dédié la nouvelle espèce : le *L. Grand'Euryi*, au savant auteur de la *Flore carbonifère de la Loire*, pour rappeler sa découverte.

Genre **LEPTOTESTA** Loubière (Planche I)

LA STRUCTURE DU TESTA

Le sclérotesta. — De même que chez les *Rhabdospermum*, la coque offre une opposition marquée entre une zone interne claire et une zone externe de couleur foncée. La couche interne, jaune clair, est faite d'éléments sensiblement rectangulaires en section transverse, allongées en section longitudinale. Elle compte quatre à six assises cellulaires. La zone externe, sombre, est altérée, épaisse de trois ou quatre rangs de cellules, qui paraissent être polyédriques. Elle recouvre, à la manière d'une cuirasse, la bande interne des valves. Les préparations existantes ne montrent aucune trace d'éléments épidermiques internes du tégument. La coque de nature scléreuse est donc très mince, moins épaisse que celle des *Taxospermum*.

Le sarcotesta. — L'enveloppe externe de la graine est presque entièrement détruite. Les seuls vestiges, tranchés très obliquement, observés sur le flanc antérieur de la coque (fig. 3, *sa*), indiquent un tissu charnu, mou, délicat, formé de grands éléments étirés radialement, à parois très minces et disposés sur deux ou trois rangs. Il n'est donc pas possible de dire en combien de zones est différencié le sarcotesta. Celui-ci est accidentellement séparé du sclérotesta. On ne peut dire non plus comment se fait le raccord entre ces deux enveloppes du tégument. Cependant, il semble y avoir entre elles des restes de cellules lignifiées. L'examen

des coupes ne nous a pas révélé l'existence de filaments mycéliens. A mi-hauteur de la graine, dans la région antérieure de la carène gauche (fig. 5, *epe*), on voit la trace de l'épiderme externe du tégument. Les éléments qui le composent ont une section vaguement pentagonale, des parois épaisses; leur contenu noirâtre rappelle celui des cellules de l'épiderme tégumentaire interne des *Taxospermum*. Dans la graine qui nous occupe, l'épiderme externe est assez écarté du bord de la cavité séminale, et son éloignement semble indiquer un sarcotesta ayant environ les deux tiers de l'épaisseur du testa.

LES PROFILS DES SECTIONS DE LA COQUE

a) *Profil longitudinal perpendiculaire au plan carénal et passant par l'axe de la graine* (fig. 1 et 2). — Le profil longitudinal antéro-postérieur externe est pyriforme, à équateur fortement abaissé. La coque est très inégalement épaisse. Elle a son maximum d'épaisseur vers le haut, minimum vers le bas. La graine se termine supérieurement par un bec micropylaire. Elle est munie, à la base, d'un pédicelle très court, épais, tronqué carrément.

Le profil longitudinal antéro-postérieur de la cavité séminale est à peu près ovoïde, aigu au sommet, presque transverse à la base. La voûte est élevée et se continue en haut par le canal micropylaire qui est long et largement ouvert. L'épaississement interne de la paroi du bec tégumentaire, dû à un accroissement intercalaire de la zone externe du sclérotesta, donne à ce canal la figure d'un entonnoir.

b) *Profil transverse moyen de la coque* (fig. 3). — Le profil transverse moyen externe de la coque est lenticulaire. Ses bords latéraux se continuent en un bourrelet carénal. La coque a son minimum d'épaisseur dans la région médiane de la valve antérieure, qui est légèrement invaginée, et son maximum dans les carènes.

Le profil transverse moyen de la cavité séminale est elliptique, fortement convexe sur le flanc dorsal, déprimé sur le flanc antérieur. Il est entièrement lisse : il ne présente donc pas les plis caractéristiques des graines polyptères.

LES CARÈNES ET LA VASCULARISATION TÉGUMENTAIRE

Les carènes droite et gauche sont petites, étroites, arrondies; leur base n'est pas étranglée comme celle du *Cycadinospermum augustodunense*. Chacune d'elles comprend, du côté interne, de petits éléments étirés tangentiellement, sans cristaux. A mesure que l'on gagne la périphérie, ces éléments augmentent de calibre et leur section devient à peu près hexagonale. Suivant le plan médian, ils ont une tendance à devenir rectangulaires et à s'organiser en files radiales, au nombre de cinq ou six. La ligne de déhiscence de la coque, si accusée chez certaines autres graines platyspermiques, notamment chez le *Diplotesta avellana*, est donc ici à peine différenciée. La lamelle radiale (fig. 4, *lr*) s'avance vers l'extérieur jusqu'au bord interne du bourrelet marginal, uniquement constitué par la zone scléreuse interne. Là, elle sépare net les orifices de deux canaux *c* et *c'*. Il y a donc chez le *Leptotesta*, deux paires de canaux carénaux symétriques et diamétralement opposés et creusés dans la zone profonde du sclérotesta. Ces sortes d'étuis étaient d'abord occupés par les faisceaux tégumentaires. La présence de ces

derniers est assez rare dans les graines poléozoïques. Tout près de la carène gauche, on remarque un faisceau carénal (*ft*), disposé horizontalement, visible sur une certaine étendue et qui s'est détaché de son fourreau avant la fossilisation. Il est formé de trachéides entrelacées du type scalariforme. Avec les documents existants, on ne peut indiquer le mode de départ des cordons vasculaires tégumentaires ni le niveau qu'ils atteignent. S'ils parviennent au sommet de la graine, il y aurait alors autour du canal micropylaire quatre bandes vasculaires comme dans le *Gnetopsis*. Mais l'organisation générale de cette graine est plus compliquée : c'est une Nertocaryale, dans laquelle les deux paires de faisceaux diamétralement opposés parcourent d'abord un trajet assez long, dans l'espace compris entre le nucelle et le tégument, avant de pénétrer et de s'élever ensuite dans le sclérotesta de la région micropylaire (pl. VII, fig. 10).

Dans la traversée du pédicelle, qui est carbonisé, le cordon chalazien est nettement excentrique, dans le plan antéro-postérieur (fig. 2). A mesure qu'il s'élève, il s'élargit, puis pénètre dans le fond de la cavité tégumentaire, où il s'épanouit largement en une coupe trachéale, un peu au-dessus de l'orifice préchalazien. Cette coupe (fig. 7), est uniquement constituée par des vaisseaux scalariformes, parfois bifurqués. Elle paraît être unie inférieurement à la face interne du fond de la coque par un coussin interposé, formé d'un tissu cellulaire délicat, faiblement coloré.

LES MICROSPORES

Dans le tube micropylaire (fig. 1 et 6), on remarque plusieurs grains de pollen ovoïdes, mesurant environ 50 μ suivant le grand diamètre et 35 μ suivant le petit. Ces microspores sont ouvertes, et leur intérieur est occupé par de l'intine. La mise en liberté du prothalle mâle paraît avoir été déterminée par déchirure endosmotique. L'enveloppe externe, l'exine, est jaune clair, coriace, assez épaisse et marquée d'un réseau à mailles très petites. La déhiscence de ces organes n'avait pas lieu seulement dans le canal micropylaire, si l'on en juge par les grains vides et très nombreux disséminés à l'extérieur de la graine.

LE NUCELLE

Sa forme, sa symétrie dorsiventrals, sa structure, sa vascularisation et son mode d'insertion. — Dans son ensemble, le nucelle est linguiforme, fortement invaginé sur sa face antérieure, sensiblement convexe sur sa face dorsale. Il est renflé, arrondi à son extrémité inférieure, aminci à l'autre en tronc de cône, enchâssé dans le canal micropylaire (fig. 1 et 2).

Ce tronc de cône, différencié aux dépens du tissu fondamental de la membrane nucellaire, est formé d'un parenchyme homogène, aux cellules plus longues que larges. Il excrétaient un mucilage très dense sur lequel se fixaient les microspores. D'un autre côté, cette colonne de tissu parenchymateux servait de guide au prothalle mâle pour le conduire jusqu'aux archégones. Étant donné sa conformation, elle ne pouvait guère dépasser le niveau médian du tube micropylaire, alors que dans le *Lagenostoma Lomaxi*, elle atteignait la périphérie de la graine, dans le *Lagenostoma ovoides*, elle dépassait le lumen micropylaire.

En section transversale (fig. 3), le nucelle est fortement arqué, et sa concavité est tournée

du côté antérieur de la graine. Son flanc dorsal a subi deux étranglements, symétriques par rapport au plan antéro-postérieur, comme si les embryons, développés dans les archégonés, devaient s'isoler. Il y a donc deux poches nucellaires longitudinales pn et $p'n'$. Si la poche droite paraît plus volumineuse que l'autre, sur la figure 3, c'est que la section est fortement oblique. Le caractère dorsiventral, déjà esquissé dans la coque, s'accuse ici bien davantage. Donc le *Leptotesta Grand'Euryi* est à symétrie dorsiventrals. La paroi du macrosporange est très épaisse, noirâtre. L'épiderme et les deux feuilletts de tissu parenchymateux sous-jacents, souvent disjoints, sont totalement écrasés.

Le nucelle est libre à la base et latéralement d'avec le tégument : il est suspendu à la voûte de la cavité séminale. Dans la partie supérieure du sac nucellaire, l'épiderme, séparé du tissu fondamental, est soudé au dôme de la cavité tégumentaire. A un niveau inférieur à celui de la grande base du tronc de cône, une portion de l'épiderme décollé est tendue horizontalement en c et c' (fig. 1). Il y a donc une sorte de couronne élastique dirigée normalement au grand axe de la graine et entourant le nucelle. Le dédoublement de la paroi du macrosporange, si fréquent dans les graines paléozoïques, est ici très accusé. Sur le flanc dorsal, au-dessous de la couronne, l'épiderme reste uni en grande partie au parenchyme sous-jacent, mais sur le flanc antérieur, il est décollé sur toute la longueur.

Il est très probable que ce dispositif remplissait une double fonction. D'abord, il maintenait en stabilité le nucelle dans la cavité tégumentaire, puis, à la période de la pollinisation, la couronne élastique jouait le rôle d'organe érectile, en élevant le cône de tissu conducteur, quand elle était turgescente, le ramenant vers le bas, quand elle se rétractait. Le pourtour du fond du nucelle reçoit de la coupe trachéale des faisceaux vasculaires, appliqués ici et là contre sa paroi, et particulièrement bien visibles un peu au-dessous du flanc antérieur (fig. 2 f et f'). On ne peut dire jusqu'où ils parviennent ni comment ils se distribuent, avec les documents existants. Ils ne paraissent pas dépasser le plan équatorial.

LE SAC EMBRYONNAIRE ET SON CONTENU

La mégaspore est, elle aussi, suspendue dans le sac nucellaire, à la base de la colonne de tissu conducteur. Elle est libre d'avec la paroi du macrosporange, sauf dans sa région antéro-inférieure. Elle est contractée, effilée vers le haut, fortement dilatée vers le bas (fig. 1 et 2). Sa section transversale offre encore, comme celle du mégasporange, une symétrie dorsiventrals (fig. 3). Sa membrane est mince et hyaline.

Dans le *Leptotesta*, l'albumen remplit entièrement le sac embryonnaire. C'est un tissu homogène, cloisonné. Dans la partie qui avoisine le cône nucellaire, par conséquent tout près des archégonés, on voit deux ou trois cellules tubuleuses, dépourvues de paroi, plus ou moins longues, un peu flexueuses. Ces cellules ainsi différenciées sont des suçoirs de l'albumen, qui digéraient le périsperme à mesure que les embryons se développaient. Tout le long de la face interne du sac nucellaire, on distingue de nombreux globules, restes du périsperme qui entourait le sac embryonnaire. L'existence des suçoirs d'un albumen dans la mégaspore et d'un périsperme transitoire dans le mégasporange sont là des faits tout particuliers, dont on n'a pas encore donné d'exemples, à notre connaissance, parmi les formes éteintes. On sait

que parmi les végétaux actuels, on retrouve les suçoirs de l'albumen, notamment chez les *Avicennia*, les Scrofularinées, les Plantaginées, et les deux sortes de matières nutritives emboîtées chez les Nymphéacées, les Zingibéracées, etc.

Par l'ensemble de ces caractères, le *Leptotesta* constitue un type nouveau, moins différencié que les formes d'âge plus ancien.

II. — CLASSE DES MESOCARYALES

Les graines des Mésocaryales, ou du moins la majeure partie d'entre elles, semblent provenir des feuillages d'*Alethopteris*, de *Neuropteris* et autres types voisins, auxquels correspondent les tiges polystéliques du genre *Medullosa*.

Les nombreux genres de graines que contient cette classe ont tous été établis jusqu'ici sur des spécimens silicifiés, recueillis dans le Permien et surtout dans le Stéphanien du centre de la France. Ces organes reproducteurs sont radiospermiques, sans baldaquin, non protégés par une cavité close, sessiles ou non, avec ou sans canal tégumentaire, lisses ou costulés. Leurs dimensions moyennes varient entre 1 centimètre et 5 centimètres. Mais les graines des *Pachytesta*, produites par certains *Alethopteris*, atteignent 11 à 12 centimètres suivant le grand axe et 5 centimètres suivant le petit. Ce sont les plus remarquables par leur énorme volume.

Les graines des Mésocaryales ont également une forme très variable; elles sont elliptiques (*Æitheotesta* Bgt., *Pachytesta* Bgt.), ou cylindriques (*Stephanospermum* Bgt., *Colpospermum* Ren., etc.), ou globuleuses (*Coleospermum* Loub., *Sphaerospermum* (Bgt.) Loub.), ou trigones, à trois carènes émoussées (*Trigonospermum* Bgt.), à trois ailes saillantes (*Tripterospermum* Bgt.), ou polyptères, hexagones (*Hexapterospermum* Bgt., *Polylophospermum* Bgt., etc.), octogones (*Codonospermum* Bgt.), etc.

Le réceptacle pollinique atteint, dans ces graines fossiles, un degré de différenciation très élevé. C'est un organe parfait, nettement circonscrit et défini. La région supérieure du nucelle a la forme d'un dôme et présente cette cavité entourée d'un tissu spécial, assez souvent remarquablement bien conservé et constitué par des cellules fusiformes allongées, à parois très minces et dont les grands axes convergent vers le sommet.

Le dôme mucellaire se termine généralement soit par un canal cylindrique, aminci à l'extrémité et qui s'engage dans le canal micropylaire du testa (*Stephanospermum*), soit par une sorte de bec cylindro-conique, tubuleux, court et placé au-dessous du micropyle (*Sphaerospermum*), structure rappelant le mamelon saillant nucellaire dans l'appareil sexué des Cordaïspemes.

Mais un trait d'organisation le plus important à souligner, c'est que dans la graine du *Coleospermum*, le dôme nucellaire est coiffé d'une assez grande masse de tissu cellulaire, papilleux, fortement étranglé vers le bas. Cette production papilleuse, excrétaît un liquide visqueux, destiné à retenir les microspores, avant de pénétrer dans la chambre pollinique, placée au-dessous. Elle a la valeur histologique et physiologique d'un stigmate. Or, chez les Stigmatées actuelles, le rôle de cet appareil collecteur et nourricier s'accomplit, comme on sait, à l'extérieur de l'ovaire. Par contre, chez la graine nue et unitégumentée du *Coleospermum*, il s'exerçait à l'intérieur de l'ovule. En d'autres termes, le stigmate est d'origine

ovarienne, chez les Angiospermes; il était d'origine nucellaire chez le *Coleospermum*. Le caractère stigmaté et intraovulaire de cette graine sert peut-être de passage, mais avec une transition assez brusque, entre les Stigmatées actuelles et les Gymnospermes.

Anatomie comparée du système vasculaire. — Les Mésocaryales, à symétrie radiaire, constituent, parmi les Ptéridospermes, le groupement le plus intéressant, au point de vue de la nervation. De même que dans les Cordaïspérmes, à symétrie binaire, elles possèdent un système vasculaire intranucellaire, et cette disposition concorde, chez les unes comme chez les autres, avec le mode de soudure du mégasporange au lobe séminal.

L'appareil vasculaire interne des Mésocaryales offre donc à considérer deux types principaux :

a) *La vascularisation coléospermiennne.* — Le cordon chalazien, après avoir traversé le tégument, pénètre dans le fond du nucelle, puis s'épanouit, sous le centre de la mégaspore, en un disque trachéal. Celui-ci donne bientôt naissance à une gaine, qui entoure soit partiellement (*Coleospermum*), soit entièrement le sac embryonnaire (*Stephanospermum*). Ce mode de vascularisation était en somme, *discontinu* dans le premier cas, *continu* dans le second. C'était là une adaptation aux exigences de la zoïdogamie, phénomène de fécondation aquatique spécial aux Exoprothallées, et que j'ai pu déceler dans cette curieuse Endoprothallée fossile : le *Coleospermum*, dont je ferai plus loin l'étude détaillée.

On sait que chez le *Ginkgo*, Endoprothallée-Zoïdogame actuellement existante, la vascularisation séminale n'a lieu et n'intéresse seulement que la surface d'insertion nucellaire.

b) *La vascularisation desmospermiennne.* — Dans ce deuxième type de distribution du tissu conducteur, le disque trachéal toujours placé dans le fond du nucelle, engendre ici des faisceaux distincts qui s'élèvent jusqu'au sommet le long de la paroi du sac embryonnaire (*Trigonospermum pusillum*, *Pachytesta gigantea*, etc.), ou qui passent dans le plancher du réceptacle pollinique (*Polylophospermum*). Ailleurs, le cordon chalazien donne une cupule qui embrasse la région inférieure de la mégaspore, mais plus haut elle se sépare en bandes longitudinales qui restent simples (*Aetheotesta subglobosa*), ou sont reliées entre elles par des anastomoses transversales (*Trigonospermum Parkinsoni*), etc.

Ainsi la vascularisation intra-nucellaire à symétrie axiale est un caractère propre aux Mésocaryales. Ses deux modes principaux nous conduisent à distinguer dans cette grande classe deux ordres : les *Coléospermées* (κολέος, gaine) et les *Desmospermées* (δεσμός, faisceau).

A. Ordre des **Coléospermées**

Dans les Coléospermées, le système vasculaire demeure simple. Comme le testa est ici réduit à l'enveloppe tégumentaire interne, au sclérotesta, il convient de faire remarquer que c'est à la gaine trachéale qu'est dévolu le rôle de protéger le sac embryonnaire, où sont contenus les gamètes femelles.

Cette section réunit actuellement les genres *Coleospermum*, *Sphaerospermum*, *Stephanospermum*.

Genre **COLEOSPERMUM** Loubière

(Planche II)

Parmi les graines à symétrie radiaire incrustées dans les nodules siliceux du gisement stéphanien de Grand' Croix, l'une d'elles, d'organisation très élevée, fournit de précieuses indications, qui jettent une lumière inattendue sur les caractères des Ptéridospermes. Comme cette graine ne peut se rapporter à aucune des Radiospermées déjà connues, nous lui avons donné le nom générique de *Coleospermum*, en raison de sa gaine vasculaire entourant le sac amniotique. Le nom spécifique de *stephanense* rappellera l'étage géologique d'où provient l'échantillon.

Le *Coleospermum stephanense* affecte la forme d'un globule (fig. 1), légèrement aplati en haut et en bas, et mesure environ 8 millimètres de diamètre. Il est privé de bec tégumentaire, à l'inverse de ce qui a lieu généralement chez les Mésocaryales. Malgré l'absence de ces caractères purement externes, le nouveau genre vient cependant se ranger dans cette classe par sa nervation interne, d'une part, et surtout par son mode d'insertion nucellaire, d'autre part. Ce dernier trait d'organisation doit être considéré comme le caractère le plus important dans la classification des graines ptéridospermes.

Bien que le *Stephanospermum* soit cylindrique et pourvu d'un canal tégumentaire, c'est de ce genre que le *Coleospermum* se rapproche pourtant le plus, par la constitution de son appareil vasculaire et aussi par la structure de son testa.

Le genre *Coleospermum*, dans lequel rentre l'une des plus petites graines stéphanienues conservées à l'état pétrifié, paraît être très rare. Il repose, pour l'instant, sur un spécimen unique dans lequel n'a pu être prélevé que la coupe longitudinale et médiane.

Avec cette seule préparation, nous allons tâcher, néanmoins, de saisir les divers traits d'organisation de ce nouveau genre, jusque dans ses replis les plus cachés.

LE TESTA

Le tégument de la graine, représenté sur la figure 1 est aminci en haut et à droite par l'enlèvement de ses éléments les plus externes pendant la taille.

La structure de la coque. — Comme chez le *Sphaerospermum* et le *Stephanospermum*, la coque du *Coleospermum* se trouve réduite à la partie interne, dure et lignifiée, c'est-à-dire au sclérotesta. Le tissu externe mou et charnu, le sarcotesta, qui semble faire défaut jusqu'ici chez les Coléospermées, se rencontre toujours dans les nombreux genres compris dans les Desmospermées.

Le sclérotesta (fig. 4) du genre *Coleospermum* comprend de l'intérieur à l'extérieur trois régions bien distinctes :

a) S'appuyant contre l'épiderme tégumentaire interne, on observe une zone formée de cinq ou six rangées de fibres sombres dirigées parallèlement à la face interne de la cavité séminale. La lame mitoyenne de ces fibres est jaune clair. Ce réseau fibreux, qui ne laisse pas de rappeler celui de la zone externe des *Rhabdospermum*, est inégalement épais, selon qu'on

le prend vers le haut ou vers le bas. Il a son maximum d'épaisseur dans le premier cas, minimum dans le second.

A l'extérieur de ce réseau, on ne voit pas de fibres croisées obliquement ou avec des éléments transverses. C'est dire, par conséquent, qu'il n'y a pas dans la coque du *Coleospermum* de zone tissée, zone que l'on rencontre au contraire dans les *Tripterospermum*, les *Pachytesta*, etc.

b) Vient ensuite, plus extérieurement, la masse principale de la coque scléreuse : la couche palissadique. Elle est faite de cellules prismatiques, étroitement ajustées, disposées à angles droits à la surface de la couche fibreuse. Les parois sont relativement minces et charbonneuses, le contenu étant brunâtre. Cette zone palissadique rappelle notamment celle du *Lagenostoma Lomaxi*, mais elle en diffère par l'absence de crêtes externes.

c) Aux cellules en palissade font suite trois à cinq rangées, souvent disjointes, de petites cellules, aplaties, étirées longitudinalement et à parois assez épaisses. On ne retrouve pas cette zone externe chez le *Sphaerospermum*. En arrivant à la surface externe du sclérotesta, la coupe ne rencontre pas cette rangée de petits éléments isodiamétriques contenant chacun un cristal d'oxalate de chaux et que l'on observe au contraire chez les *Stephanospermum*, *Polylophospermum*, etc. Il n'y a donc pas chez le *Coleospermum* cette couche superficielle cristallifère de certaines coques.

Les couches scléreuses fournissent ensemble le tube préchalazien, qui entoure le cordon vasculaire principal. Ce canal est court et étroit, comme celui de l'*Hexapterospermum stenopterum*. L'épiderme tégumentaire interne est constitué par des cellules rectangulaires analogues à celles du *Taxospermum*, mais un peu plus grandes. Ces éléments, qui se continuent dans la région chalazienne avec l'épiderme nucellaire, ont un contenu noirâtre et des parois minces.

Le profil longitudinal de la coque est un anneau ouvert au sommet. La coque est mince, sans crête interne, à l'inverse de ce qui arrive d'ordinaire chez les graines trigones et surtout polyptères. Quant au profil transversal, il est circulaire et lisse, tandis qu'il est généralement costulé chez les Desmospermées. Par l'absence de bec tégumentaire le *Coleospermum* s'éloigne du *Stephanospermum* et se rapproche du *Sphaerospermum* et de l'*Ætheotesta*. En contact direct avec la surface interne du tégument, on remarque un réseau délicat de petites cellules aux membranes très minces, réseau particulièrement bien visible en haut et à gauche de la cavité séminale. D'accord avec les auteurs anglais, nous désignons ce tissu intérieur de la coque sous le nom d'endotesta (sclérotesta = endotesta de BRONGNIART et de RENAULT).

LE SYSTÈME VASCULAIRE

Le *Coleospermum* est pourvu d'un seul système vasculaire qui pénètre dans le nucelle. Le faisceau chalazien qui est remarquablement grêle dans sa traversée du tégument, vient s'épanouir dans le fond du mégasporange, sous le centre de la mégaspore et un peu au-dessus de la base d'insertion nucellaire, en un large disque trachéal. Ce disque se relève bientôt sur ses bords, puis s'élève le long des flancs du sac embryonnaire pour venir se terminer assez brusquement sous la coupole du nucelle, au niveau de la base de la chambre pollinique.

Ainsi le plancher de ce réceptacle est constitué seulement par la membrane de la mégaspore tendue horizontalement.

Le disque chalazien fournit donc une gaine trachéale entourant latéralement la mégaspore, et qui fait corps avec celle-ci dans sa moitié supérieure. La gaine, dont l'épaississement paraît surtout considérable vers le haut, est entièrement libre vers le bas (fig. 2 et 3). Les trachéides qui la composent sont ondulées, enchevêtrées entre elles, par places. Les unes ont des spires étirées, les autres serrées (fig. 5).

LE NUCELLE

Le profil longitudinal du nucelle est celui d'un anneau fermé, surmonté d'une sorte de papille placée immédiatement au-dessous du lumen micropylaire.

L'insertion du nucelle sur la coque scléreuse occupe le milieu du fond de la cavité tégumentaire et son étendue est à peu près limitée à la longueur du diamètre du disque trachéal. Le mégasporange est donc libre en haut et latéralement : il est semi-inférieur. Par cet important caractère diagnostique, le *Coleospermum* vient donc se ranger dans les Mésocaryales.

L'épiderme est formé de cellules assez épaisses, aplaties et reconnaissables seulement vers le bas. Sauf dans la région apicale, il est libre d'avec le pourtour du dôme (fig. 2), tandis qu'il est entièrement soudé à ce dernier chez le *Stephanospermum* et le *Sphaerospermum*.

La zone interne du tissu fondamental de la paroi du nucelle est presque partout totalement écrasée. On n'y voit pas, comme dans le *Trigonospermum shoreense*, de canaux sécréteurs. Le dôme nucellaire, différencié aux dépens des feuilletts parenchymateux sous-jacents de l'épiderme, affecte la forme d'un ménisque concave-convexe suivant le plan longitudinal (fig. 2). Seule la portion concave et médiane repose sur le plafond de la mégaspore. Les flancs du dôme, fortement recourbés, s'effilent brusquement vers le bas et sont libres latéralement d'avec l'épiderme nucellaire, à l'extérieur, et d'avec la gaine trachéale, à l'intérieur. C'est là un dispositif qui n'avait pas été signalé ni chez les Radiospermées, ni chez les Platyspermées. Il contraste avec celui du *Sphaerospermum* et du *Stephanospermum*, où l'épiderme est accolé à la fois à la coupole et à l'étui vasculaire.

Le tissu du dôme (fig. 6) est formé de cellules fusiformes dont les grands axes convergent vers le sommet. C'est dans la région médiane de ce tissu délicat que s'est creusée la chambre anthéridienne, deux fois plus large que haute.

LA MÉGASPORE

La mégaspore et le disque intranucellifère. — Le sac amniotique, très développé, a, dans son ensemble, une configuration différente de celle du mégasporange, qui épouse le pourtour de la coque globulaire. Sa forme est à peu près celle d'un tonnelet arrondi vers le bas. On remarquera sur la figure 1, sa forte contraction, d'où l'espace considérable laissé entre son épaisse paroi et l'épiderme nucellaire décollé, à droite et à gauche de l'axe ovulaire. L'endosperme, qui occupe les deux tiers supérieurs du sac, est décomposé. On n'y voit aucune trace de cloisons, séparatrices de ses cellules, ni de corps cristalloïdes qui se développent parfois pendant l'altération des prothalles femelles.

La coupe trachéale est séparée du fond de la cavité séminale par un amas de cellules polygonales, ayant une tendance à s'étendre horizontalement (fig. 3). Lorsque les éléments étaient turgescents, le disque érectile jouait le rôle d'organe élévateur de l'étui vasculaire enveloppant la mégaspore et, par conséquent, de la chambre pollinique, placée au-dessus. Dans la plupart des graines platyspermiques, le disque érectile est également inséré sur le fond de la cavité tégumentaire, mais à l'extérieur du nucelle.

Ainsi, le *Coleospermum* présente une organisation complexe, et ce n'est qu'avec les *Sphaerospermum* et les *Stephanospermum* que l'on peut noter jusqu'ici des points sérieux de comparaison au double point de vue de la nervation et de la structure du testa. Il est le représentant, dans la classe des Mésocaryales, du groupe des Coléospermées.

LA ZOÏDOGAMIE COLÉOSPERMIENNE

(Planche II)

L'ovule coléospermien offre encore de remarquables particularités : dans le liquide mucilagineux aqueux contenu dans la chambre pollinique, cavité close et surmontée d'un *stigmaté sessile*, il existe des *anthéridies isolées* laissant échapper un *prothalle mâle libre* (fig. 7 et 8).

LE STIGMATE SESSILLE INTRAOVULAIRE

En forme de massue, assez fortement étranglée à la base d'attache, le stigmaté n'est pas autre chose que l'épanouissement des cellules de la région apicale de l'épiderme nucellaire (fig. 7 et 8) qui entoure extérieurement la voûte du réceptacle pollinique (fig. 2), abri protecteur et nourricier des anthéridies, creusé dans le dôme et dont le plancher repose sur la mégaspore, sans interposition de socle, à l'inverse de ce qui arrive dans certaines Nertocaryales. Ce tissu conducteur, destiné seulement à retenir les anthéridies, est placé au-dessous du lumen micropylaire, dans l'espace compris entre le tégument et le nucelle. Il se compose de papilles stigmatiques pluricellulaires (fig. 6), orientées perpendiculairement à la surface d'insertion, étroitement ajustées et effilées à l'extrémité. Cet appareil collecteur, chez les Stigmatées actuelles, sans corpuscules, n'est en réalité qu'une expansion de l'épiderme interne de l'ovaire, adhérent à la plante-mère lorsque s'accomplit le phénomène de la fécondation.

Chez le *Coleospermum*, il y avait donc captation des éléments reproducteurs mâles à l'intérieur même de l'ovule. L'absence de ce dispositif, chez les Astigmatées, pourvues d'archégonas, entraîne le dépôt direct du pollen dans la dépression du sommet du nucelle. Il se fixe sur la paroi de l'entonnoir, qui demeure en contact avec le tégument.

LE PROTHALLE MALE

Les anthéridies. — Pour se frayer un passage à travers le stigmaté, les jeunes anthéridies, alors élastiques et de couleur jaune clair, secrétaient une diastase pouvant dissoudre les papilles stigmatiques et les cellules épidermiques du nucelle. Elles pénétraient de la sorte

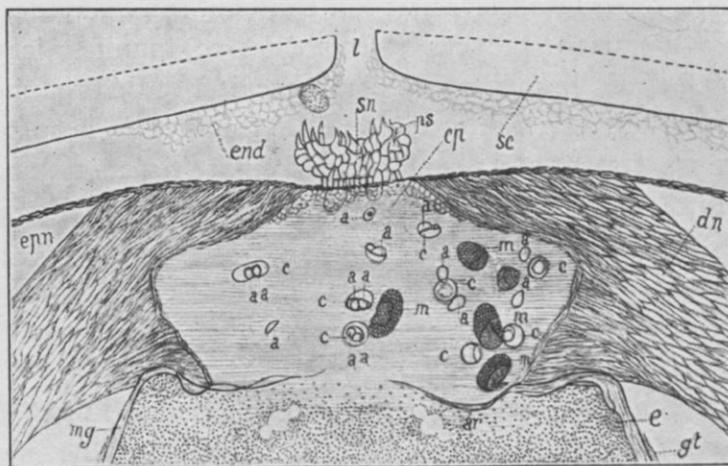
dans le réceptacle pollinique, déjà rempli d'un liquide mucilagineux aqueux. Parvenues dans ce milieu, elles puisaient les aliments nécessaires à leur formation et à leur croissance. Lorsqu'elles avaient acquis leur grandeur et leur structure définitives, elles étaient coriaces et opaques.

Les anthéridies adultes (fig. 9) ont la forme d'un ellipsoïde de révolution dont le grand axe mesure en moyenne 150μ et le petit 75μ . Elles sont donc moins volumineuses que les microspores du *Stephanospermum* ($360 \mu \times 290 \mu$), plus volumineuses que celles des Nertocaryales ($50 \mu \times 45 \mu$), des Acrocaryales ($50 \mu \times 35 \mu$) et des Cycadées (27μ). Leur membrane dépourvue de plis longitudinaux, est formée de deux couches : l'une extérieure, ou exine, cutinisée épaisse, et marquée d'un fin réseau à mailles inégales, l'intérieure, ou intine, cellulosique, très mince.

Disséminées dans le liquide aqueux extérieur aux tissus de la plante-mère, mais exudé par elle, les anthéridies demeuraient toujours libres (fig. 7, 8). Autrement dit, elles n'étaient pas parasites de certains tissus de l'appareil femelle. Par suite, il n'y avait pas de tube pollinique, comme chez les *Siphonogames*, ni de crampons protoplasmiques fixateurs, comme chez les *Ginkgo*. Leur germination, ou plus exactement encore, leur déhiscence était donc intracellulaire; elles se gonflaient pour éclater brusquement en projetant tout près d'elles les cellules anthéridiennes (*c*) qu'elles renfermaient.

Cela tenait à ce que le contenu des anthéridies ayant un pouvoir osmotique considérable, l'eau du liquide nucellaire, transportée par les vaisseaux de la gaine trachéale enveloppant le sac embryonnaire, avait été absorbée en quantité suffisante pour faire éclater la membrane. On sait que la déhiscence du sporange des Fougères véritables reconnaît, au contraire, pour causes déterminantes la sécheresse et l'élévation de température de l'atmosphère.

Les cellules anthéridiennes. — Les cellules reproductrices de première génération, qui paraissent accompagner ordinairement par groupe de deux les anthéridies après leur déhiscence, sont lisses, circulaires, vues de face (fig. 12), lenticulaires et à bords arrondis, de profil (fig. 10). Elles mesurent habituellement 35μ de diamètre et 27μ d'épaisseur. Chacune d'elles contient deux anthérozoïdes qui sont rejetées au dehors par rupture de la membrane assez épaisse.



Zoïdogamie chez le *Coleospermum stephanense* Loub.

Coupe longitudinale semi-schématique de la région supérieure de l'ovule complètement développé et passant par l'axe hilo-micropylaire : *sc*, sclérotesta, réduit à la zone fibreuse interne (la taille a détruit ici la couche moyenne palissadique et la zone externe); *l*, lumen tégumentaire; *end*, endotesta; *db*, dôme du nucelle, libre latéralement et en bas d'avec l'épiderme *epn* et la paroi *mg* très épaisse de la mégaspore; *ar*, archégone; *gt*, gaine trachéale; *e*, endosperme; *cp*, chambre anthéridienne creusée dans le tissu spécial du dôme et remplie d'un liquide aqueux, où s'opère la déhiscence de l'anthéridie *m*; *c*, cellule anthéridienne; *a*, anthérozoïde; *sn*, stigmate nucellaire; *ps*, papilles stigmatiques.

Les anthérozoïdes libres. — Mais avant de sortir de la cellule anthéridienne (*c*), les deux anthérozoïdes (*a*) consolidaient leur paroi et la revêtaient d'une couche cellulosique. Aussi, étaient-ils immobiles, comme ceux de certaines Sporophytes sans archégonés, les Floridées, par exemple.

Ils sont hyalins, subovales ou légèrement pyriformes, vus de face, plans-convexes, de profil (fig. 11 et 12), et semblent pourvus d'un gros noyau au sein d'un protoplasme très dense. Ils ont une longueur de 30 μ , une largeur de 20 μ et une épaisseur de 10 à 12 μ , lorsqu'ils sont devenus indépendants l'un de l'autre, libres. A un stade plus avancé de son développement, l'anthérozoïde résorbait à l'une de ses extrémités sa membrane de cellulosique, et, par l'ouverture, déversait son contenu, son énergide, dans le milieu ambiant.

Pendant que ces phénomènes se manifestaient dans la chambre anthéridienne, le plafond de la mégaspore commençait à se désorganiser. Le liquide nucellaire, qui contenait une foule d'énergides mâles, et le sommet de la mégaspore, qui renfermait ses deux archégonés, étaient alors confondus. Il suffisait alors qu'un gamète mâle, entraîné par le courant, vînt à se conjuguer avec une oosphère pour que le zygote du *Coleospermum* fût enfin formé.

Si l'anthéridie ouverte était primitivement pourvue de deux cellules anthéridiennes, ce qui paraît d'ailleurs très vraisemblable, il en résulterait que ses quatre anthérozoïdes seraient produits par des noyaux de seconde génération par rapport au noyau de la cellule mère reproductrice.

En ce cas, celle-ci se diviserait en deux cellules filles C_1 et C_2 , donnant chacune respectivement : $a'_1 + a''_1$ et $a'_2 + a''_2$. Rappelons que chez l'*Isoetes* normal, l'anthéridie engendre et contient également quatre éléments fécondateurs mâles, mais d'une constitution différente et selon la formule : $a'_1 + a''_1 + a'_2 + a''_2$. Chez les Spermaphytes actuelles, la microspore, comparable à la cellule anthéridienne coléospermienne, donne : $a'_2 + a''_2$ chez les Astigmatées et certaines Stigmatées, $a_1 + a_2$ chez presque toutes les Stigmatées. On assiste là, en dernière analyse, à la réduction progressive de l'anthéridie qui, chez les Métaspermes, donne directement naissance à deux énergides fécondatrices.

Quel sens profond donner pleinement à ces signes évidents et si substantiels, séparés par les plus fortes nuances ?

Le parasitisme interne de l'organe reproducteur mâle conduit, d'une part, à la dégradation de sa cellule initiale génératrice, et, d'autre part, à la différenciation régressive de la structure de l'ovule, à l'appauvrissement très marqué de sa nervation, en particulier, chez les Siphonogames.

En définitive, le *Coleospermum stephanense* était une Phanérogame zoïdogame. C'est un cas intermédiaire entre les Ptéridophytes et les Spermaphytes contemporaines.

Genre **SPHAEROSPERMUM** Brongniart

(PLANCHE III)

Les observations de GRAND'EURY tendent à établir que l'organe reproducteur femelle, désigné par Adolphe BRONGNIART sous le nom générique de *Sphaerospermum*, doit être rapporté aux *Callipteridium*, dont la forme spécifique la plus fréquente dans les terrains stéphanien et

permien est le *Callipteridium pteridium* Schloth, comprenant des frondes à rachis bifurqués et marqués de fines stries longitudinales. Ces feuillages filicoïdes, en effet, « sont souvent accompagnés de graines rondes à mince testa, assimilables aux *Sphaerospermum* ».

Nous avons pu reconnaître l'organisation interne de ces graines, au moyen de quatre préparations silicifiées, exécutées autrefois par RENAULT. Les deux premières sont des sections tranchant respectivement le micropyle et la chalaze; la troisième est une section transverse équatoriale; la quatrième une section longitudinale médiane, un peu oblique par rapport à l'axe hilo-micropylaire. Pour désigner cette graine, nous conserverons le nom générique donné par BRONGNIART, et nous ajouterons comme nom spécifique celui de l'illustre paléontologue.

La seule espèce qui, pour le moment, établit le genre étudié sera donc le *Sphaerospermum Brongniarti*, dont on trouve d'assez nombreux représentants dans les magmas silicifiés du gisement de Grand' Croix.

Privées de bec tégumentaire, les graines mûres sont globuleuses ou légèrement ellipsoïdales (fig. 1), de petite taille (12 à 14 millimètres de diamètre) à surface lisse, munies seulement au sommet de vagues plis rayonnants qui s'évanouissent rapidement dans la région sus-équatoriale; terminées à la base par une très courte pointe hilaire; surmontées par une large gouttière perimicropylaire continue, à bords arrondis et recouverte de nombreux poils.

Le nucelle (fig. 2 et 3), dans presque toute son étendue, se trouve réduit à son épiderme; dans la région apicale seulement, il a conservé une assez grande partie du tissu dans lequel s'est creusé le réceptacle pollinique. Son insertion sur le tégument est étroite, localisée au fond de la cavité séminale. Il est libre, par conséquent, en haut et latéralement d'avec la coque: il est semi-inférieur. Par cet important caractère diagnostique, le *Sphaerospermum* vient se ranger dans les Mésocaryales.

Le dôme (fig. 2, 4 et 5), qui affecte la forme d'une cloche, est formé, comme dans le cas précédent, de grandes cellules fusiformes, dont les grands axes convergent vers le sommet. Il repose entièrement sur le plafond de la mégaspore et reste adhérent dans toute son étendue à l'épiderme nucellaire, contrairement à ce qui arrive chez le *Coleospermum*.

Le bec nucellaire (fig. 4) est très court, effilé et libre d'avec le canal tégumentaire. Ce dispositif, joint à la présence d'une couronne périmicropylaire, est intéressant parce qu'il semble préparer la manière d'être des *Stephanospermum*, où le bec nucellaire, ici très long, se trouve enchâssé dans la canal micropylaire.

Dans la région supérieure gauche de la mégaspore, un peu au-dessous du plancher de la chambre pollinique, se voit nettement sur la figure 2, un des deux archégonés, disposé très obliquement par rapport à l'axe principal de la graine. L'endosperme a été détruit par macération prolongée.

Le système vasculaire est celui des Coléospermées: il est simple et intranucellaire, rappelant celui du *Stephanospermum*. Le cordon chalazien (fig. 11), composé de trachéides à spires très étirées, traverse en s'élargissant le tube préchalazien; arrivé dans l'intérieur du nucelle, il s'épanouit aussitôt, pour fournir une gaine très mince qui enveloppe dans toute sa totalité le sac embryonnaire. L'étui vasculifère, qui est uni à la fois à la membrane du sac et

à celle du mégasporange, recouvre donc, comme dans le *Stephanospermum*, le dessus du plancher de la cavité pollinique; mais, à ce niveau, contrairement à ce qui a lieu dans ce dernier genre, il ne se dédouble pas pour recouvrir la région basale et interne du dôme nucellaire. Au temps de la fécondation, le plancher du réceptacle pollinique se désorganisait. Les gamètes mâles se fusionnaient alors avec les oosphères contenus dans les corpuscules. La vascularisation est donc continue dans le *Sphaerospermum*, comme dans le *Stephanospermum*. Elle est au contraire discontinue dans le *Coleospermum*.

Dans le même nodule renfermant la graine silicifiée, il importe de souligner la présence, sur la figure 10, d'une pinnule de *Callipteridium*, taillée transversalement et placée tout près de la partie inférieure de la graine.

Dans la région micropylaire, en contact direct avec l'épiderme tégumentaire interne, on remarque une indication d'endotesta; tissu délicat qui, lorsque la graine était vivante, devait occuper l'espace compris entre le nucelle et la coque. Contrairement à la règle propre aux Desmospermées, il semble que celle-ci était dépourvue d'enveloppe externe ou de sarcotesta. Elle était réduite, comme chez les autres Coléospermées, à l'enveloppe interne dure et résistante, c'est-à-dire au sclérotesta.

La coque scléreuse du *Sphaerospermum*, moins différenciée que celle du *Coleospermum*, est surtout épaisse au sommet, amincie à la base. Elle comprend seulement, de dedans en dehors, une assise fibreuse et une assise palissadique (fig. 12).

La couche interne est constituée par quatre à six rangées de fibres sombres, dirigées parallèlement, en section longitudinale, à la surface de la cavité séminale. On n'y voit pas d'éléments croisés, soit obliquement, soit transversalement. En d'autres termes, la coque du *Sphaerospermum* ne possède pas de zone tissée, que l'on observe au contraire dans certaines autres Radiospermées, telles que les *Tripterispermum*, les *Pachytesta*.

La zone externe, qui occupe environ les deux tiers du sclérotesta, est faite de cellules prismatiques très allongées, étroitement ajustées, à contenu brun amorphe et orientées normalement aux éléments de la couche interne. Elle s'épaissit en haut, surtout sur le pourtour du canal micropylaire. La présence d'une assise palissadique superficielle du tégument sépare nettement les *Sphaerospermum* des *Taxospermum* globuleux, organes reproducteurs femelles faisant partie des Cordaïspermes, à symétrie généralement bicarénée.

La zone d'attache entre les deux assises scléreuses est constituée par deux ou trois rangs de cellules aplaties.

En arrivant à la périphérie de la coque, on n'y voit pas de couche cristallifère, contrairement à ce qui existe chez le *Stephanospermum*.

Les cellules de l'épiderme tégumentaire interne ont une section rectangulaire, un contenu noirâtre. Elles décroissent lentement vers le bas, où elles se continuent avec les éléments épidermiques du nucelle.

La coque du *Sphaerospermum* possède une crête sous-chalazienne, aux cellules polygonales assez fortement colorées, soulevant la gaine trachéale au-dessus du fond de la cavité séminale. Par suite, elle n'a pas de disque suprachalazien, comme dans le *Coleospermum*.

Le sommet de la graine (fig. 2 et 7) montre enfin une large dépression circulaire garnie de poils très fins, non bifurqués et parfaitement distincts, qui naissent de la mince paroi

externe des cellules en palissade et atteignent le bord de l'enveloppe scléreuse. Cet autre dispositif, qui contraste avec celui du *Coleospermum*, ne laisse pas de rappeler celui du *Stephanospermum*. Il doit avoir servi de base d'attache à un appareil disséminateur analogue peut-être à celui du *Gnetopsis*, le seul genre de Nercotaryales connu jusqu'ici dans les strates stéphanienues de France.

Ainsi, le *Sphaerospermum* se distingue extérieurement du *Coleospermum*, par la présence d'une couronne périnucellaire, et du *Stephanospermum*, par sa forme globulaire et par l'absence d'un bec tégumentaire. Il se rapproche de ce dernier genre, par le mode de distribution de son tissu conducteur. Par son nucelle semi-inférieur d'une part, et sa vascularisation intranucellaire de l'autre, le *Sphaerospermum Brongniarti*, qu'a vraisemblablement porté le *Callipteridium pteridium*, vient de prendre place dans les Mésocaryales, dans l'ordre des Coléospermées, à côté du genre *Stephanospermum*.

Genre **STEPHANOSPERMUM** Brongniart.

(PLANCHE IV)

Ce genre, créé par BRONGNIART, fournit un excellent exemple de Radiospermée lisse. Il comprend de petites graines d'âge stéphanien, désignées par GRAND'EURY sous le nom de « graines couronnées ». Ces organes reproducteurs sont en effet caractérisés par une sorte de gouttière circulaire, profonde et continue qui surmonte leur coque et entoure le canal microcypilaire tégumentaire. Elles ont une forme cylindrique, à base arrondie, terminée en pointe conique à l'autre extrémité (fig. 1, 2 et 6). Leur longueur totale est d'environ 10 millimètres et leur largeur de 4 à 5 millimètres.

Le genre *Stephanospermum* ne renferme jusqu'à présent que l'espèce type le *Stephanospermum akenioides*. Comme cet appareil sexué a déjà été décrit tour à tour par BRONGNIART, RENAULT et OLIVER, nous ne ferons que rappeler très brièvement ses principaux traits d'organisation.

St. akenioides. — Graine circulaire sur une section transversale (fig. 7), à section longitudinale elliptique, montrant dans la région apicale une couronne périnucellaire circulaire, entière et à bords tranchants (fig. 1, 2 et 6). La coque est réduite à l'enveloppe scléreuse, limitée intérieurement par une mince couche de tissu délicat, ou endotesta; elle se compose d'une bande de cellules palissadiques, auxquelles font suite une zone interne de fibres longitudinales (fig. 4). Les deux assises sont traversées à l'endroit de la papille hilaire, point d'attache de la graine (fig. 10) par le faisceau chalazien (fig. 11), qui s'étale (fig. 8) puis s'élève pour entourer totalement la mégaspore. La gaine vasculaire est mince. Elle comprend deux ou trois rangées de trachéides spiralées-scalariformes qui s'étendent sur la paroi interne de la région inférieure de la chambre pollinique (fig. 9). Le nucelle est libre en haut et latéralement d'avec la testa : il est semi-inférieur; il se termine en haut par une sorte de bec conique, dont la portion distale s'engage assez profondément dans le canal microcypilaire tégumentaire, élargi à la base (fig. 3).

Les microspores pluricellulaires, trouvées souvent dans la chambre pollinique (fig. 2, 5 et

6) sont de gros corps ovalaires, dont le grand axe mesure en moyenne 170 μ . et le petit 100 μ . Leur intérieur est occupé par une vingtaine de cellules cunéiformes, ordonnées régulièrement. Nombre bien plus considérable, on le voit, que celui que l'on constate dans le grain de pollen des Archispermes. Durant leur séjour prolongé dans le mucilage aqueux de la chambre pollinique, les éléments mâles subissaient un accroissement en volume, car le canal micro-pylaire du testa et le bec nucellaire ont un diamètre sensiblement inférieur à celui du plus petit axe des microspores, arrivées à maturité. L'endosperme renferme vers le sommet deux corpuscules au contact de la membrane du sac embryonnaire. Paroi tendue horizontalement et qui se désorganisait, comme celle du *Sphaerospermum*, au temps de la fécondation.

On ne connaît pas encore avec assurance le feuillage filicoïde qui a porté les petites « graines couronnées ». Mais, comme celles-ci ont été trouvées en étroite association avec des restes d'*Alethopteris* et de pétioles de Médullosées, du genre *Myeloxylon*, on inclinerait à rattacher le type *Stephanospermum* à certaine tige construite sur le plan polystélique.

B. Ordre des **Desmospermées**

Les graines comprises dans l'ordre des Desmospermées sont toujours bitégumentées. Le système vasculaire interne peut rester simple ou être accompagné d'un deuxième système vasculaire externe, toujours localisé dans la région profonde ou périphérique du sarcotesta. Il est simple, par exemple, chez l'*Ætheotesta*, le *Codonospermum*, le *Colpospermum*, etc. Il est double dans la majeure partie des autres graines, c'est-à-dire chez les *Pachytesta*, les *Polylophospermum*, les *Trigonospermum*, etc.

La distribution intranucellaire du tissu conducteur paraît être un caractère propre aux Mésocaryales. Par là, elles s'éloignent des Nertocaryales et des Acrocaryales, ainsi que des Spermaphytes récentes, c'est-à-dire des Angiospermes et des Gymnospermes, où il n'y a jamais pénétration du cordon chalazien dans le mégasporange.

D'un autre côté, par leurs modes d'insertion nucellaire et de vascularisation intranucellaire, les Mésocaryales et les Cordaïspermes semblent avoir entre elles des rapports très étroits. Mais ces dernières, sauf les *Taxospermum* sphéroïdaux, sont d'ordinaire platyspermiques construites sur le plan cordaïtéen : leurs faisceaux carénaux au nombre de deux sont symétriques par rapport à un plan. La connaissance de la structure anatomique des deux genres *Ætheotesta* et *Polylophospermum*, en particulier, va nous permettre de montrer la complication de l'appareil vasculaire séminal, dans la série des Desmospermées.

Genre **AETHEOTESTA** Brongniart

Ætheotesta subglobosa Brongniart (1874), = *Ætheotesta elliptica* Renault (1887).

(PLANCHE V)

Le genre *Ætheotesta* a été établi par BRONGNIART pour désigner une graine incomplète, incrustée dans une calcédoine de Grand' Croix. RENAULT, qui a ensuite repris dans le détail l'étude de cette graine présume qu'elle appartient aux *Dollerophyllum*. L'*Ætheotesta* n'est pas

seulement confiné au Stéphanien. DAWSON a signalé sa présence dans le Dévonien du Canada.

Æ. subglobosa. — Cette graine, de forme presque globuleuse, mesure environ 3 centimètres de hauteur et 15 millimètres de diamètre. Elle se reconnaît facilement, même à la cassure, à la texture fibreuse rayonnante et à l'épaisseur de son sclérotesta (fig. 7).

Cette zone scléreuse, à section transversale elliptique (fig. 3), est dure et résistante. A l'intérieur, elle est limitée par un épiderme formé de cellules à section longitudinale rectangulaire. Elle est recouverte par un tissu charnu, peu résistant, surtout développé à la base et au sommet, aminci sur les flancs. Ce tissu ou sarcotesta est constitué à la partie inférieure de la graine, dans une certaine étendue, par des fibrilles molles, diversement ondulées (fig. 2). Dans la région apicale, il se compose de cellules fibrilleuses, transparentes, flexueuses, parallèles entre elles, laissant par leur disjonction des lacunes aérifères, disposées perpendiculairement à l'axe hilo-micropylaire (fig. 1).

Le faisceau chalazien, après avoir traversé les deux assises tégumentaires, pénètre dans le nucelle, s'étale en une sorte de cupule entourant la région inférieure du sac embryonnaire, puis se sépare en un certain nombre de cordons distincts qui s'élèvent jusqu'au sommet le long de la membrane du sac, à laquelle ils restent étroitement unis (fig. 8 et 9). Dans l'intérieur de la graine, on remarque sur les figures 2 et 3 un nucelle rétracté, réduit à son épiderme. Cet organe se prolonge en un bec assez court (fig. 1, 2, 4 et 5), qui ne s'engage pas dans le conduit micropylaire. La mégaspore ne possède, elle aussi, que sa membrane; l'endosperme et les archéogones n'ont pas été conservés dans les échantillons (fig. 1, 2 et 3).

La section longitudinale de la chambre pollinique (fig. 2 et 4) laisse voir cinq microspores multicellulaires, volumineuses. Ces organes mâles adultes offrent l'aspect d'un ellipsoïde (fig. 6), dont le grand axe mesure 320 μ à 400 μ et le petit 270 à 310.

« Ce sont ces énormes prothalles mâles, dit RENAULT, formés d'un grand nombre de cellules semblables qui peut-être ont contenu des anthérozoïdes. — Nous ne regardons pas comme impossible, ajoute-t-il plus loin, l'existence dans le passé de prothalles mâles produisant des anthérozoïdes se débarrassant à un moment donné de l'épaisse enveloppe qui les entourait ».

Ainsi, dès 1896, l'élève de BRONGNIART, entrevoyait déjà le phénomène de la fécondation aquatique chez les Ptéridospermes.

Genre **POLYLOPHOSPERMUM** Brongniart

(PLANCHE VI)

L'espèce-type qui, seule, établit ce genre est le *Polylophospermum stephanense* Brongniart. Cette graine, propre au bassin de Saint-Étienne, est allongée, prismatique, longue d'environ 20 millimètres (fig. 1). Sa section transversale et médiane est hexagonale (fig. 3), et chaque angle est pourvu d'une longue arête tranchante a'; d'autres arêtes massives et plus courtes a'' occupent l'intervalle du milieu des faces du prisme. Ces arêtes principales et secondaires sont des épaissements du sclérotesta. Le tissu de cette lame interne du tégument est opaque et résistant. Il se prolonge à chaque extrémité de la graine de manière à former supérieure-

ment une sorte de cupule, ouverte vers le haut. Ses bords fortement recourbés sont composés par des saillies alternativement aiguës et émoussées, faisant suite aux côtes longitudinales de la graine (fig. 7). Au milieu du fond de cette cavité tégumentaire, la lame sclérifiée s'élève jusqu'à mi-hauteur, pour produire un micropyle cylindrique. Vers la base de cet organe tubuleux, on constate la présence d'une microspore (fig. 8). Inférieurement, la coque scléreuse présente une organisation à peu près analogue, si ce n'est que le canal du prolongement central, qui correspond à la pointe hilaire, est traversé par le cordon chalazien (fig. 6).

A l'extérieur du sclérotesta, l'espace compris entre les arêtes est rempli par le sarcotesta. Ce tissu lâche, parenchymateux, transparent est souvent détruit par la pénétration de jeunes racines qui rampent à la surface de la graine (fig. 3). Le nucelle est cylindrique (fig. 1). Il est libre latéralement et en haut d'avec la coque. Sa membrane se dédouble supérieurement pour former une chambre pollinique, surmontée d'une sorte de mamelon, assez saillant. Le sac embryonnaire est réduit à sa paroi (fig. 3), souvent fripée (fig. 1).

Le cordon chalazien émet deux sortes de faisceaux vasculaires distincts, les uns s'élèvent entre les enveloppes du nucelle et du sac périspermique, et dépassent le plancher du réceptacle pollinique (fig. 1, 2, 3 et 4); les autres, déjà signalés par OLIVER, sont localisés dans la région profonde du sarcotesta, le long des arêtes secondaires constituées par le sclérotesta (fig. 3, 5, 9 et 10). Dans cet exemple de vascularisation desmospermienne, le système conducteur est double. Il est à la fois intranucellaire et tégumentaire. On ignore encore le feuillage filicoïde qui a porté la graine du *Polylophospermum stephanense*. Mais il est probable qu'elle appartenait à une Médullosée.

III. CLASSE DES NERTOCARYALES

Les organes reproducteurs femelles compris dans cette classe sont les types les plus anciens des Ptéridospermes. Ce sont eux aussi les plus hautement perfectionnés du Règne végétal. Ces graines provenaient pour la plupart, de frondes sphénoptéroïdes, dont les stipes correspondants étaient construits sur le plan monostélique, avec ou sans moelle centrale. Par leur nucelle inférieur, c'est-à-dire uni à la base et latéralement avec le testa, elles sont comparables, à ce point de vie, avec les graines récentes. Dans l'état actuel de nos connaissances, les Nertocaryales sont connues avec assurance dès le Culm. Après avoir augmenté en nombre pendant la formation du terrain Houiller inférieur, elles se maintiennent riches et variées, dans l'étage moyen, décroissent dans l'étage supérieur, pour s'éteindre rapidement vers le début du Carbonifère supérieur, avec son dernier représentant le genre *Gnetopsis* Renault.

C'est dans cette classe que viennent se ranger toutes ces petites graines (2,5 à 5,5 mm.), à symétrie radiaire, peu anguleuses ou costulées, protégées ou non par une enveloppe vascularisée, recueillies à l'état dolomitisé et étudiées avec soin en Angleterre. C'est dans ce cadre aussi que l'appareil séminal acquiert son développement le plus complet, notamment par la différenciation très élevée de la région apicale du nucelle et de la région libre du tégument.

Le sommet du nucelle se transforme en réceptacle pollinique, libre d'avec le testa, à l'inverse de ce qui a lieu chez les Gymnospermes. C'est une excavation plus ou moins spacieuse, élevée ou non sur un socle à un ou deux étages, ou bien c'est une cavité annulaire

d'origine lysigène, un lagénostome, qui entoure une colonnette centrale de tissu nucellaire. Par là les Lagénostomées se distinguent des autres Spermaphytes éteintes ou vivantes.

Quant à la portion libre du tégument, ou baldaquin, elle est constituée par des lobes plus ou moins concrescents avec ou sans orifice apical, cannelés ou non extérieurement, lisses ou couverts de poils mucilagineux et tubuliformes. Chaque lobe reçoit du cordon chalazien une bande vasculaire qui parcourt la zone profonde du sclérotesta.

MM. OLIVER et SALISBURY ont su tirer un excellent parti de ces caractères pour réunir les genres des graines anglaises dans les trois sections : *Lagénostomées* (*Lagenostoma* Will., *Sphaerostoma* Bens.), *Physostomées* (*Physostoma* Will.) et *Conostomées*, division dans laquelle ils ont placé avec le genre *Conostoma* Will., le genre *Gnetopsis* Ren.

Genre **GNETOPSIS** Renault

(PLANCHE VII)

L'espèce-type qui établit ce genre est le *Gnetopsis elliptica* Renault. Elle est représentée par des fleurs femelles pétrifiées, provenant des quartz de Grand' Croix. Les graines sont petites, elliptiques sur une coupe longitudinale (fig. 1 et 2), ovales sur une section transversale (fig. 10 et 12), surmontées d'un appendice plumeux à trois ou quatre branches, qui devait servir à leur dissémination. Elles se présentent ordinairement en groupe de quatre dans une cupule ouverte (fig. 2). Celle-ci est composée de deux bractées opposées, soudées par leurs bords (fig. 4), jusqu'au tiers environ de leur hauteur, plus ou moins dentelées à leur sommet et garnies de poils sur la surface interne. Chaque feuille carpellaire porte deux ovules, l'un à sa base, l'autre un peu au-dessous. Le sac embryonnaire renferme deux archégones (fig. 12), disposés symétriquement à sa partie supérieure dans un plan parallèle à celui de la suture des bractées. Le nucelle est réduit à son épiderme et au réceptacle pollinique dans lequel on remarque un certain nombre de microspores (fig. 7). Il se continue supérieurement par un bec conique enchâssé dans la lumière du canal tégumentaire. Le lagénostome est petit. Il repose sur un socle, comme chez le *Conostoma*. Quatre faisceaux vasculaires (fig. 10) partant de la base de la graine, montent entre l'épiderme du nucelle et la membrane du sac embryonnaire, jusqu'au niveau du lagénostome; ils pénètrent ensuite plus haut dans la région apicale du sclérotesta, entouré par du sarcotesta épais et lacuneux.

On trouvera dans le « Cours de Botanique fossile », t. IV, p. 179, d'abondants détails concernant l'organisation du remarquable genre *Gnetopsis*, créé par RENAULT. Les *Gnetopsis* ne sont pas caractéristiques du Stéphanien. MM. KIDSTON et CARPENTIER en ont récolté respectivement des empreintes dans le Westphalien d'Angleterre et du Nord de la France. On ignore encore la constitution anatomique des membres végétatifs qui ont porté cet organe reproducteur.

Ainsi, les genres de graines fossiles pétrifiées, qui viennent d'être choisis comme exemples, montrent l'organisation très élevée, la variété de structure d'une remarquable complexité que ces organes reproducteurs pouvaient atteindre à l'époque Carbonifère.

Il importe de faire remarquer que, dans les graines de Ptéridospermes, comme dans

celles de Cordaïspermes, observées jusqu'à présent, on n'a jamais trouvé d'embryon, même dans celles qui paraissent avoir atteint leur complet développement; et pourtant le prothalle femelle bien conservé renfermait deux archéogones. On sait que dans certaines Zamées l'embryon ne commence à se former que lorsque la graine détachée s'est fixée au sol depuis un certain temps. Il paraît vraisemblable que la fécondation des graines paléozoïques ne devait avoir lieu que longtemps après leur chute. Cette singulière particularité ne se rencontre que très rarement chez les végétaux actuels. Le tableau suivant indique brièvement les grandes lignes de la classification des Ptéridospermes.

CLASSIFICATION DES PTÉRIDOSPERMES

Tableau récapitulatif

NUCELLE DRESSE	supérieur	ACROCARYALES	LEPTOTESTALES	<i>Leptotesta</i> Loub.		
	semi-inférieur	MÉSOCARYALES	mégaspore entourée par une gaine trachéale	COLÉOSPERMÉES	continue discontinue	<i>Coleospermum</i> Loub.
				DES MOSPERMÉES		simple
inférieur	NERTOCARYALES (1).	des faisceaux	PHYSOSTOMÉES	système vasculaire	double	
						CONOSTOMÉES
			LAGÉNOSTOMÉES			<i>Colpospermum</i> Ren.
						<i>Polylophospermum</i> Bgt.
						<i>Pachytesta</i> Bgt.
						<i>Trigonospermum</i> Bgt.
						<i>Physostoma</i> Will.
						<i>Conostoma</i> Will.
						<i>Gnetopsis</i> Ren.
						<i>Lagenostoma</i> Will.
						<i>Sphaerostoma</i> Bens.

(1) Dans ce cadre viennent prendre place les trois sections établies par MM. Oliver et Salisbury, mentionnées plus haut.

CONCLUSIONS

En résumé, d'après les caractères tirés des différents degrés de la condescence du nucelle, organe essentiel de l'ovule, avec le tégument, les Ptéridospermes, comprennent trois grandes séries, nettement circonscrites et très hétérogènes qui se sont succédé dans le temps : les *Nertocaryales*, les *Mésocaryales* et les *Acrocaryales*, dont l'organisation indique une complication, une spécialisation de moins en moins grandes de l'ovule.

Les *Mésocaryales* présentent deux principaux types de vascularisation intranucellaire qui permettent de les subdiviser en deux sections assez naturelles : les *Desmospermées* et les *Coléospermées*.

Chez le *Coleospermum* la fécondation était aquatique au lieu d'être aérienne, comme chez les Endoprothallées actuelles.

Dans la marche du phénomène de la zoïdogamie coléospermienne, il est très remarquable de constater qu'il y avait :

1^o Captation des anthéridies à l'intérieur même de l'ovule, grâce à la présence d'un appareil collecteur et nourricier des microspores, d'une sorte de papille nucellaire, placée exactement au-dessous du lumen micropylaire, dans l'espace laissé entre la coque et le mégasporange.

2^o Suppression chez les anthéridies du rôle vecteur du tube pollinique et du rôle fixateur des crampons protoplasmiques, contrairement à ce qui arrive chez les Endoprothallées actuellement connues, c'est-à-dire chez les Siphonogames et chez le *Ginkgo*.

3^o Déhiscence dans le liquide mucilagineux aqueux contenu dans la chambre pollinique des anthéridies isolées, laissant échapper des cellules anthéridiennes, produisant chacune deux anthérozoïdes qui deviennent libres.

Ce sont là des notions embryogéniques qui diffèrent de tout ce qui est connu, jusqu'à présent, dans le monde des végétaux fossiles et vivants.

En dernière analyse, le *Coleospermum stephanense* était une Phanérogame zoïdogame. C'est un cas intermédiaire entre les Ptéridophytes et les Spermaphytes actuelles.

Un organe aussi hautement différencié que la graine ptéridosperme fournit donc de meilleurs indices d'affinités que le corps végétatif correspondant, relativement simple et uniforme.

L'ambiguïté, la complexité des caractères anatomiques des Ptéridospermes, relevés précédemment, sont des signes distinctifs des plantes primitives.

On ne saurait considérer ces Spermaphytes à feuillages filicoïdes comme des Gymnospermes, dont les éloignent l'insertion du nucelle dans la cavité tégumentaire, la distribution du tissu conducteur, l'organisation du sommet du mégasporange, le développement considé-

nable de la mégaspore, la différenciation du testa, le nombre et la disposition des archégonies au sein de l'endosperme, la constitution des microspores, le mode de fécondation.

Les Ptéridospermes forment un vaste groupement distinct des Phanérogames vivantes. Avec leurs appareils reproducteurs femelles, les plus perfectionnés du Règne végétal, elles viennent s'inscrire en tête des Archégoniées-Endoprothallées.

L'origine de la végétation terrestre, déjà puissante et variée, d'une organisation très élevée au Dévonien, doit être rejetée au-delà de cette formation, dans des temps tout à fait proches de l'apparition de la vie.

BIBLIOGRAPHIE

- ARBER, E.-A. NEWELL. — Notes on the Binney collection of Coal-Measure Plants. The type-specimens of *Lyginodendron oldhamium* (Binney) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, vol. XI, p. 281.
On the roots of *Medullosa anglica* (*Ann. Bot.*, vol. XVII, p. 425).
On some new species of *Lagenostoma*, a type of Pteridospermous seed from the Coal-Measures. (*Proc. R. Soc.*, vol. LXXI, B., p. 425).
- ARBER, E.-A. NEWELL et GOODE. — On some fossil plants from the Devonian rocks, of North Devon. (*Proc. Cambridge Phil. Soc.*, col. XVIII, p. 99, 1915).
- BENSON, M. — On the contents of the pollen-chamber of a specimen of *Lagenostoma ovoïdes*. (*Bot. Gaz.*, vol. LV, p. 409).
Sphaerostoma ovale (*Conostoma ovale* and *intermedianum* Williamson), a Lower Carboniferous ovule Pettycur, Fifeshire, Scotland, *Trans. R. Soc. Edinburg*, vol. L, pt. I, p. I.
Telangium Scotti, a new species of *Telangium* (*Calymmatotheca*) showing structure. (*Ann. Bot.*, vol. XVIII, p. 161).
- BERTRAND, P. — Les fructifications de Neuroptéridées recueillies dans le terrain houiller du Nord de la France. (*Ann. Soc. géol. Nord*, t. XLII, p. 113).
- BRONGNIART, Ad. — Études sur les graines fossiles trouvées à l'état silicifié dans le terrain houiller de Saint-Étienne. (*Ann. Sc. nat.*, t. XX, 5^e série, p. 234).
Recherches sur les graines fossiles silicifiées. Paris, 1881.
- BUREAU, E. — Flores fossiles, Bassin de la Basse-Loire. (*Études des gîtes minéraux*, p. 33, 1913-1914).
- BUTTERWORTH, J. — Some further investigations of Fossil seeds of the genus *Lagenostoma* (Williamson) from the Lower Coal Measures, Oldham. (*Mem. Proc. Manchester Lit. and Phil. Soc.* Vol. XLL, p. 1).
- CARPENTIER, A. — Sur quelques fructifications et inflorescences du Westphalien du Nord de la France. (*Rev. Gén. Bot.*, t. XXIII, p. 1).
- COULTER, J. and CHAMBERLAIN, C.-J. — The Embryogeny of *Zamia*. (*Bot. Gaz.*, vol. XXXV, p. 184).
- DAWSON, J.-W. — The fossil plants in the Erian and Upper Silurian Formations of Canada. (*Geol. Surv. Canada*, pt. II, p. 108).
The geological history of plants. London, 1888.
- DEPAPE, G. et CARPENTIER, A. — Présence des genres *Gnetopsis* B. Ren. et R. Zeil. et *Urnatopteris* Kidst. dans le Westphalien du Nord de la France. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XLII, p. 294).
Sur quelques graines et fructifications du Westphalien du Nord de la France. (*Rev. Gén. Bot.*, vol. XXVIII, p. 321).
- GOEPPERT, H.-R. — Ueber die fossile Flora der Silurischen, der Devonischen und unteren Kohlenformation. (*Nova Acta Ac., Caes. Leop. Car.*, vol. XXVII, p. 427, 1860).
- GOEPPERT, H.-R. et STENZEL, G. — Die Medullosea. Palaentol. (N. F.), Bd, 8, p. 113.
- GORDON, W.-T. — On a new species of *Physostoma* from the Lower Carboniferous rocks of Pettycur (Fife). (*Proc. Camb., Phil. Soc.*, vol. XV, pt. V, p. 395).
- GRAND'EURY, C. — Flore carbonifère du département de la Loire. *Mém. sav. étrangers*, Acad. sc., XXIV, 1877.
Sur les graines des Neuroptéridées. (*Comp. Rend.*, t. CXXXIX, p. 23, p. 782).
Sur les graines trouvées attachées au *Pecopteris Pluckenetii*, Schl. (*Ibid.*, t. CXL, p. 920).
Sur les graines de *Sphenopteris*, sur l'attribution des *Codonospermum* et sur l'extrême variété des graines de fougères. (*Ibid.*, t. CXLI, p. 812).
Sur les graines et inflorescences des *Callipteris*. (*Ibid.*, t. CXLIII, p. 664).

- Sur les inflorescences des Fougères à graines du Culm et du terrain houiller. (*Ibid.*, CXLIII, p. 761).
 Sur les organes et le mode de végétation des Neuroptéridées et autres Ptéridospermes. (*Ibid.*, CLXVI, p. 1241).
 Recherches sur les Ptéridospermes. (*Bull. Soc. Sc. Nancy*, 1910).
- GUIGNARD, L. — Observations sur les Santalacées. (*Ann. Sc. nat.*, 7^e sér., t. II, p. 181, 1885).
 Développement et constitution des anthérozoïdes. (*Rev. Gén. Bot.*, t. I, p. 1, 1889).
- GRIFFITH, W. — On the ovulum of *Santalum*, *Osyris*, *Loranthus* and *Viscum*. (*Trans. of the Linn. Soc.*, XIX, 1844).
- HALLE, T.-G. — Some seed bearing pteridosperms from the Permian of China. *K. Svensk. Vetensk. Akad. Hand. VI* (3), n^o 8).
- HIRASE, S. — L'anthérozoïde du *Ginkgo biloba*. (*Bot. Magaz. de Tokio*, t. X, 1896).
 Études sur la fécondation et l'embryogénie du *Ginkgo biloba*. (*Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo*, XII, pt. II, 1898).
- HOFMEISTER. — Vergleichende Untersuchungen, p. 140, 1851.
- IKENO, S. — Les anthérozoïdes du *Cycas revoluta*. (*Bot. Magaz. de Tokio*, 1896).
- KIDSTON, R. — On the fructification of *Neuropteris heterophylla* Brongn. (*Phil. Trans. R. Soc.* vol. CXCVII, p. 1, *Proc. Roy. Soc.*, vol. Z XXII, p. 487).
 On the fructification of some ferns from the carboniferous formation. (*Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, t. XXXIII, pt. I, p. 137).
 Preliminary note on the occurrence of microsporangia in organic connection with the foliage of *Lyginodendron*. (*Proc. Roy. Soc. London*, 1905).
- LE MONNIER, G. — Recherches sur la nervation de la graine. (*Ann. Sc. nat.*, 5^e série, t. XVI, 1872).
- LOUBIERE, A. — Étude anatomique et comparée du *Leptotesta Grand'Euryi* gen. nov., sp. nov. (Graine silicifiée du *Pecopteris Pluckenetii* Schlotheim). (*Rev. Gén. Bot.*, t. XLI, p. 593).
 Sur les graines et les feuilles stipales associées à l'*Odontopteris obtusa* Bgt. dans le terrain carbonifère de Carmaux. (*Rev. Gén. Bot.*, t. XLII, p. 321).
 Anatomie comparée d'un nouveau genre de Radiospermées. (*Rev. Gén. Bot.*, t. XLIII, p. 273).
 Classification des Ptéridospermes, fondée sur l'anatomie comparée de leurs seules graines. (*Bull. Soc. Bot. de France*, t. LXX, p. 468).
 Sur la découverte de l'existence de la zoïdogamie et du caractère stigmaté intraovulaire chez le *Coleospermum* Loub. (Ptéridosperme-Mésocaryale). (67^e Congrès des Soc. savantes. p. 267).
- MIYAKE. — Sur la fécondation du *Ginkgo*. (*Bot. Magaz. de Tokio*. Vol. XII et vol. XIII).
- OLIVER, F.-W. — Note on the Palaeozoic seeds, *Trigonocarpus* and *Polylophospermum*. (*Ann. Bot.*, t. XXI, p. 303).
 On the structure and affinities of *Stephanospermum* Brongn., a genus of fossil Gymnosperm seeds. (*Trans. Linn. Soc.* Vol. VI, pt. 8, p. 389).
 On *Physostoma elegans* Will, an archaic type of seed from the Palaeozoic rocks. (*Ann. Bot.*, vol. XVIII, p. 73).
- OLIVER, F.-W. and SALISBURY, E.-J. — On the structure and affinities of the *Conostoma* group of Palaeozoic seeds. (*Ann. Bot.*, vol. XXV, p. 1).
- OLIVER, F.-W. and SCOTT, D.-H. — On *Lagenostoma Loxami*, the seed of *Lyginodendron*. (*Proc. R. Soc.*, vol. LXXI, p. 477).
 On the structure of the Palaeozoic seed *Lagenostoma Loxami*, with a statement of the evidence upon which it is referred to *Lyginodendron*. (*Phil. Trans. R. Soc.*, vol. CXCVII, p. 193).
- POTONIE, G. — Lehrbuch der Pflanzenpaleontologie, p. 160.
- RENAULT, B. — Cours de Botanique fossile, vol. IV, Paris 1885. Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac, 2^e partie, Paris, 1896.
- RENAULT, B. et ZEILLER, R. — Flore fossile du terrain houiller de Commentry, 2^e partie. (*Bull. Soc. industrie minérale*, 3^e série, t. IV, 2^e livraison, 1890).
- ROZE, E. — Anthérozoïdes des Cryptogames, (*Ann. sc. nat.*, 5^e sér., t. VII, 1867).
- SCOTT, D.-H. — Studies in fossil Botany, 3^e éd. Londres, 1923.
 On the structure and affinities of fossil plants from the palaeozoic rocks. (*Phil. Trans. Roy. Soc. London*, CXIC. B, p. 81).
- SALISBURY, E.-J. — On the structure and relation ship of *Trigonocarpus shorensis*. (*Ann. Bot.*, vol. XXVIII, p. 39).

- SCOTT, D.-H. and MASLEN, A.-J. — The structure of the Palaeozoic seeds *Trigonocarpus Parkinsoni* Brongn. and *T. Oliveri* sp. nov. (*Ann. Bot.*, XXI, p. 89).
On the structure of *Trigonocarpus olivaeforme*. (*Ibid.*, vol. XX, p. 109).
- SEWARD, A.-C. — Fossil Plants. Cambridge, 1917.
Plant life through ages. Cambridge, 1931.
- STERZEL, J.-T. — Ueber *Dicksonoiites Pluckeneti*. (*Bot. Cent. Bd.* XIII, p. 282).
- VAN TIEGHEM, Ph. — Traité de Botanique, 2 vol. Paris, 1918.
Anatomie de la fleur des Santalacées. (*Ann. sc. nat.*, 5^e sér., t. XII).
Sur les divers modes de nervation de l'ovule et de la graine. (*Ibid.*, t. XVI).
L'œuf des plantes. (*Ibid.*, t. XIV).
- WARMING, E. — De l'ovule. (*Ann. sc. nat.*, 6^e sér., t. V).
- WEBBER, O. et STERZEL, J.-T. — Beiträge zur Kenntnis der Medulloseae (XIII. *Ber. naturwiss. Ges. Chemnitz*).
- WEISS, F.-E. — The root-apex and young root of *Lyginodendron*. (*Mem. Proc. Manchester Lit. Phil. Soc.* Vol. VII, n^o 16, 1913).
- WHITE, D. — The seeds of *Aneimites*. *Smithsonian (Miscell. Coll.*, vol. XLVII, pt. III, p. 332).
- WILLIAMSON, W.-C. — On the organisation of the fossil plants of the Coal-Measures. Pt. VIII. (*Phil. Trans. R. Soc.*, vol. CLXVII, p. 213-270. 1877).
- WILLIAMSON, W.-C. and SCOTT, D.-H. — Further observations on the organisation of the fossil plants from the Coal-Measures, pt. III. (*Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. CLXXXVI. B., p. 703).

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

LEPTOTESTA Loubière

Leptotesta Grand'Euryi Loubière

Hauteur de la graine : 4 mm. 5. Largeur : 3 mm. Épaisseur : 1 mm. 5.

Toutes les coupes représentées par les photographies appartiennent au même échantillon.

FIG. 1. Coupe longitudinale de la partie supérieure de la graine passant par le tube micropylaire et dirigée perpendiculairement au plan carénal. $\times 40$.

a, albumen; *b*, membrane du sac embryonnaire; *cn*, colonne de tissu conducteur; *n*, sac nucellaire; *t*, tube micropylaire; *m*, microspores; *sc*, sclérotesta épaissi autour du canal micropylaire et dépassant le sommet du cône nucellaire; *c*, *c'* couronne élastique entourant la région supérieure du sac nucellaire; *ep*, épiderme nucellaire décollé.

FIG. 2. Coupe longitudinale passant par la chalaze et dirigée perpendiculairement au plan principal. $\times 40$.

Mêmes lettres, *ch*, faisceau vasculaire chalazien; *ct*, coupe trachéale; *pd*, pédicelle sur lequel était insérée la graine; *f*, *f'*, faisceaux vasculaires enveloppant la portion basale du nucelle.

FIG. 3. Coupe transversale fortement oblique passant vers le milieu de la graine.

Cette préparation porte la mention écrite par Grand'Eury lui-même *graine de Pecopteris Pluckenetii*. $\times 30$.

sa, partie profonde du sarcotesta; *pn*, *p'n'*, poches nucellaires; *cd* et *cg*, carènes droite et gauche. La taille a détruit la lame tégumentaire de la valve dorsale qui correspond à la valve de découverte que montrait la graine.

FIG. 4. Portion de la graine prise à gauche de la figure 3, dans la région de la carène, $\times 120$.

lr, lamelle radiale; *c*, *c'* canaux vasculifères; *ft*, faisceau tégumentaire disposé horizontalement et qui s'est détaché de son étui carénal avant la fossilisation.

FIG. 5. Trace de l'épiderme tégumentaire externe *epe*. $\times 120$.

FIG. 6. La figure représente les détails microscopiques pris dans la partie supérieure de la région micropylaire $\times 120$. *m*, microspores; *t*, tube micropylaire; *cn*, cône nucellaire.

FIG. 7. Région chalazienne prise dans la figure 2. $\times 200$. *ch*, faisceau vasculaire chalazien; *ct*, coupe trachéale; *v*, *v'* vaisseaux scalariformes.

FIG. 8. Portion tégumentaire, prise dans la coupe transversale. $\times 120$. *sc*, sclérotesta; *sa*, sarcotesta.

Pecopteris Pluckenetii.

(collection Grand'Eury).

FIG. 9. Échantillon fructifié.

FIG. 10. Portion de fronde stérile.

PLANCHE II

COLEOSPERMUM Loubière

Coleospermum stephanense Loubière

Cette graine affecte la forme d'un globule, et mesure 8 millimètres de diamètre. Elle est remarquable par l'appareil collecteur et nourricier des microspores qui surmonte la chambre pollinique et surtout par les éléments mâles : anthéridies, cellules anthéridiennes anthérozoïdes que contient ce réceptacle.

FIG. 1. Coupe longitudinale de la graine, passant par le micropyle et la chalaze. $\times 6$.

FIG. 2 et 3. Régions supérieure et inférieure de la figure précédente. $\times 16$.

l, lumen micropylaire; *sc*, sclérotesta; *epn*, épiderme du nucelle; *ep*, chambre anthéridienne; *pn*, papille nucellaire; *mg*, enveloppe de la mégaspore; *dn*, dôme nucellaire; *gt*, gaine trachéale; *e*, endosperme; *ch*, faisceau vasculaire chalazien qui s'épanouit en un disque trachéal.

FIG. 4. Portion du sclérotesta. $\times 45$.

ep, épiderme tégumentaire interne; *zi*, zone fibreuse interne; *zm*, couche moyenne palissadique; *ze*, zone externe.

FIG. 5. Portion de la gaine trachéale, composée de vaisseaux spiralés. $\times 220$.

FIG. 6. Région inférieure de Dôme nucellaire. $\times 120$.

FIG. 7. Portion de la figure 2. $\times 50$.

Les figures suivantes représentent plus grossis les détails microscopiques de quelques éléments du prothalle mâle, pris dans la chambre pollinique.

FIG. 8. Partie médiane et supérieure du nucelle. $\times 120$.

pn, papille nucellaire; *epn*, épiderme du nucelle; *dn*, dôme dans lequel est creusée la chambre pollinique *cp*; *m*, anthéridie; *c*, cellule anthéridienne; *a*, anthérozoïde; *c'*, cellule anthéridienne renfermant deux anthérozoïdes, vus par transparence.

FIG. 9. Anthéridie. $\times 175$.

e, exine; *i*, intine.

FIG. 10. Cellule anthéridienne dans laquelle on distingue deux anthérozoïdes. $\times 175$.

FIG. 11. Un anthérozoïde vu de côté, ayant encore une partie de la membrane de la cellule anthéridienne qui l'accompagne au moment de sa mise en liberté. $\times 175$.

FIG. 12. Anthéridie *m* après sa déhiscence. $\times 175$.

c', cellule anthéridienne laissant échapper deux anthérozoïdes; en *a'* on voit un anthérozoïde libre vu par sa face dorsale.

PLANCHE III

SPHAEROSPERMUM (Brongniart) Loubière

Sphaerospermum Brongniarti Loubière

Hauteur de la graine 14 millimètres. Diamètre 12 millimètres.

FIG. 1. Coupe longitudinale un peu oblique, passant par l'axe de la graine. $\times 2$.

FIG. 2 et 3. Régions micropylaire et chalazienne de la même graine $\times 6$. *bn*, bec nucellaire; *cp*, chambre pollinique; *dn*, dôme nucellaire; *epn*, épiderme du nucelle; *dt*, disque trachéal; *gt*, gaine trachéale; *mg*, paroi de la mégaspore; *sc*, sclérotesta; *ar*, l'un des deux archégones, l'autre n'a pas été conservé; *gp*, gouttière pérимicropylaire.

FIG. 4. Chambre pollinique de la figure précédente. $\times 15$.

FIG. 5. Tissu du dôme nucellaire dans lequel s'est creusée la chambre pollinique. $\times 115$.

FIG. 6. Portion de la gaine trachéale. $\times 210$.

FIG. 7. Gouttière pérимicropylaire d'une graine de la même espèce $\times 17$.

FIG. 8. Portion de la chambre pollinique prise dans la graine précédente. $\times 17$. Mêmes lettres. *m*, microspore.

FIG. 9. Microspore de la figure précédente plus fortement grossie. $\times 105$.

FIG. 10. Coupe longitudinale passant par la chalaze d'une graine de la même espèce. $\times 110$. *ch*, faisceau chalazien; *gt*, gaine trachéale; *epn*, épiderme du nucelle; *p*, pinnule de *Callipteridium*; *mg*, paroi du sac embryonnaire; *sc*, sclérotesta.

FIG. 11. Faisceau chalazien plus fortement grossi. $\times 215$.

FIG. 12. Coupe transversale du sclérotesta. $\times 60$.

zp, zone palissadique; *zf*, zone fibreuse.

PLANCHE IV

STEPHANOSPERMUM Brongniart

Stephanospermum akenioides Brongniart

Graine cylindrique. Hauteur, 9 millimètres; diamètre 4 millimètres.

FIG. 1. Coupe longitudinale de la graine, passant par la chalaze et le micropyle. $\times 2$. Échantillon type, représenté fig. 1, p. 81. Pl. XVI. *Recherches sur les graines silicifiées*.

FIG. 2. Coupe précédente plus fortement grossie. $\times 9$.

c, canal micropylaire tégumentaire; *r*, couronne pérимicropylaire; *cp*, chambre, pollinique; *d*, tissu lâche du dôme nucellaire au milieu duquel est creusé le réceptacle pollinique contenant quelques microspores; *sc*, sclérotesta; *e*, membrane du sac embryonnaire.

FIG. 3. Canal micropylaire tégumentaire. $\times 110$.

bn, bec nucellaire.

FIG. 4. Portion longitudinale du testa. $\times 110$.

FIG. 5. Microspores prises dans la chambre pollinique de la figure 1. $\times 110$.

FIG. 6. Coupe longitudinale éloignée de l'axe hilo-micropylaire d'une autre graine de la même espèce. $\times 10$.

FIG. 7. Coupe transversale faite à mi-hauteur d'une autre graine de la même espèce. $\times 10$.

sc, sclérotesta; *en*, membrane du sac embryonnaire et enveloppe du nucelle soudées ensemble dans cette partie de la graine.

FIG. 8. Bord de la coupe transversale du disque trachéal. $\times 210$.

FIG. 9. Gaine trachéale *tr* qui recouvre le plancher et la paroi interne inférieure de la chambre pollinique. $\times 210$.

FIG. 10. Coupe longitudinale, passant par la chalaze d'une autre graine de la même espèce. $\times 10$.
f, cordon vasculaire chalazien.

FIG. 11. Région chalazienne de la figure précédente. $\times 210$.

f, faisceau vasculaire chalazien ascendant qui s'épanouit vers le sommet en un disque trachéal. Les bords de ce disque s'élèvent et enveloppent complètement la mégaspore.

PLANCHE V

ÆTHEOTESTA Brongniart

Ætheotesta subglobosa Brongniart

Graine ellipsoïdale ou presque sphérique de 12 à 15 millimètres de diamètre.

FIG. 1. Coupe longitudinale de la partie supérieure de la graine, passant par le micropyle. $\times 4$.
sa, sarcotesta; *l*, lacune aérifère; *sc*, sclérotesta; *b*, bec nucellaire; *cp*, chambre pollinique; *n*, nucelle; *e*, membrane du sac embryonnaire.

FIG. 2. Coupe longitudinale de la base d'une autre graine. $\times 4$. *sc*, sclérotesta; *ch*, chalaze; *t*, tissu cellulaire lâche et lacuneux; *n*, nucelle très retractoré avec sa chambre pollinique contenant quelques microspores.

FIG. 3. Coupe transversale faite à mi-hauteur d'une de ces graines. $\times 4$. *n*, nucelle rétractoré; *sc*, sclérotesta.

FIG. 4. Coupe longitudinale de la chambre pollinique. $\times 21$. La figure est prise dans la figure 2.

FIG. 5. Coupe longitudinale de la partie supérieure de la chambre pollinique, passant par l'axe d'une graine de la même espèce. $\times 50$. *b*, bec nucellaire; *ep*, épiderme du nucelle, formé de cellules assez irrégulières grandes, à parois épaisses.

FIG. 6. Microspores plus fortement grossies, prises dans la figure 2. $\times 50$.

FIG. 7. Coupe transversale du sclérotesta épais, homogène, formé de fibres rayonnantes. $\times 21$.

FIG. 8. Portion d'une coupe transversale d'une autre graine de la même espèce. $\times 4$.

sc, sarcotesta; *sc*, sclérotesta; *ep*, épiderme du nucelle; *f*, cordon vasculaire adhérent à la paroi du sac embryonnaire.

FIG. 9. Cordon vasculaire *f*, pris dans la figure précédente $\times 110$. *e*, membrane du sac embryonnaire.

PLANCHE VI

POLYLOPHOSPERMUM Brongniart.

Polylophospermum stephanense Brongniart

Graine prismatique, allongée. Hauteur 15 à 20 millimètres. Diamètre de la cavité tégumentaire 6 millimètres environ.

FIG. 1. Coupe longitudinale oblique. $\times 4$.

m, canal micropylaire continuant le sclérotesta *sc*. Le sarcotesta est complètement détruit dans cet échantillon; *n*, restes du nucelle réduit à son enveloppe; *e*, membrane du sac embryonnaire; *ch*, chalaze; *a'*, prolongement inférieur des arêtes principales du sclérotesta.

FIG. 2. Quelques trachées, vues par transparence, s'élevant entre les enveloppes du nucelle et du sac périspermique. $\times 210$. Elles sont prises dans la figure précédente, en *t*.

FIG. 3. Coupe transversale d'une autre préparation, passant à peu près vers le milieu de la hauteur de la graine. $\times 6$.

sc, sclérotesta avec ses six arêtes principales *a'* correspondant aux six angles de l'hexagone et ses six arêtes secondaires *a''* occupant le milieu des faces; *sa*, sarcotesta souvent en partie détruit par des radicules étrangères; *n*, membrane du nucelle; *e*, enveloppe du sac embryonnaire; *fe*, cordon vasculaire tégumentaire situé en face d'une arête secondaire; *fi*, emplacement d'un faisceau vasculaire intranucellaire.

FIG. 4. Portion de la figure précédente. $\times 120$.

n, membrane du nucelle; *e*, enveloppe du sac embryonnaire.

FIG. 5. Trachées prises dans la figure 3, en *fe*. $\times 480$.

FIG. 6. Coupe longitudinale de la partie inférieure d'une autre graine de la même espèce. $\times 6$.

f, faisceau vasculaire prolongeant la chalaze; *e*, enveloppe du sac embryonnaire; *n*, membrane du nucelle; *a''*, prolongement des arêtes principales du sclérotesta.

FIG. 7. Coupe longitudinale d'une autre préparation, passant par le micropyle. Pénétration des radicules étrangères. $\times 6$.

m, canal micropylaire; *sa*, sarcotesta; *sc*, sclérotesta.

FIG. 8. Canal micropylaire pris dans la figure 1. $\times 21$.

m, microspores.

FIG. 9. Coupe longitudinale externe, passant par une des arêtes secondaires *a''* et deux principales *a'*. $\times 6$.
sa, sarcotesta.

FIG. 10. Quelques trachées prises dans la figure précédente, en *fe*. $\times 210$.

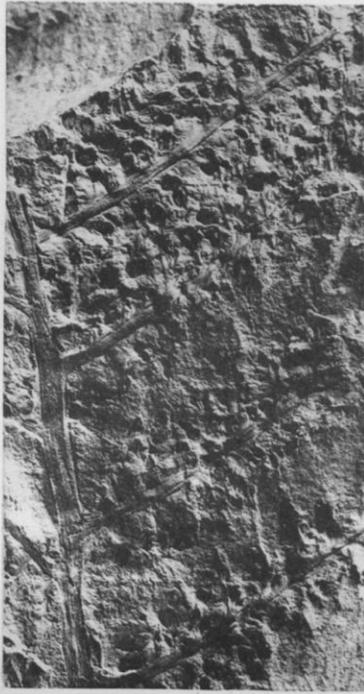
PLANCHE VII

GNETOPSIS Renault.

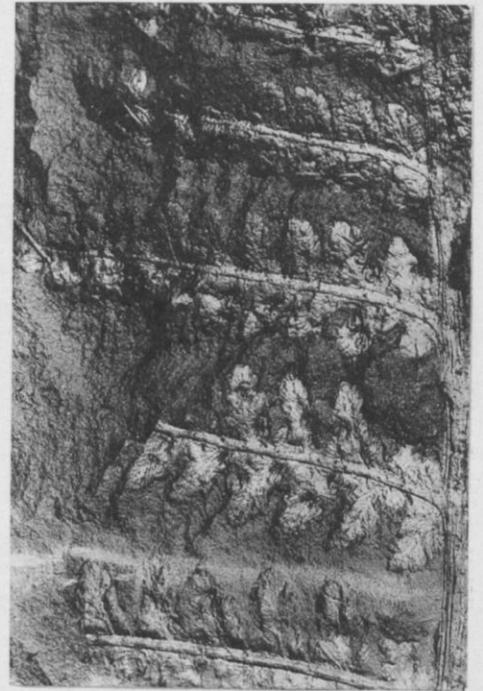
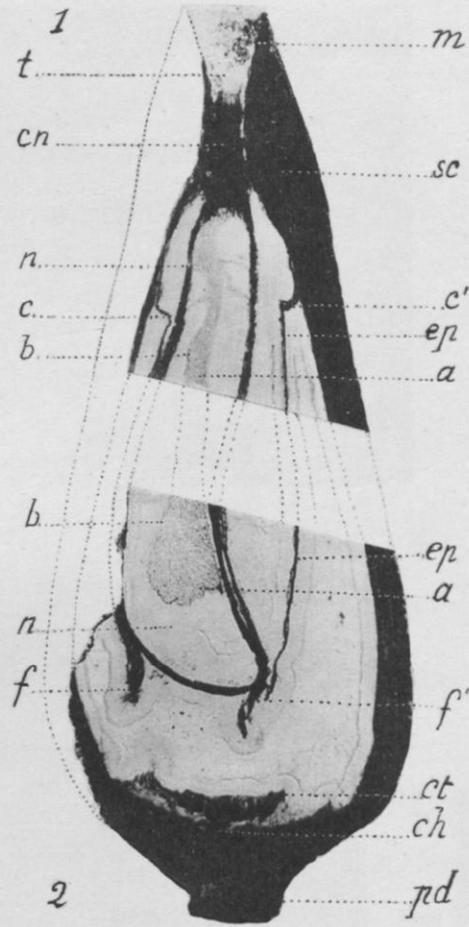
Gnetopsis elliptica Renault.

Graines petites, elliptiques, hautes de 3 à 5 millimètre, larges de 2 à 3.

FIG. 1. Coupe longitudinale d'une cupule. $\times 9$. Original de la figure 1, pl. 20, *Cours de Botanique fossile*, t. IV.*g*, ovule très jeune; *g'*, *g''*, ovules situés au fond de la cupule; *o*, organe de dissémination; *f*, faisceau vasculaire; *p*; poils entourant les graines.FIG. 2. Coupe longitudinale et oblique passant par deux cupules soudées à la base. $\times 9$. Original de la figure 6, planche 20, id.*g*, ovules; *p*, poils protecteurs; *c*, cupule.FIG. 3. Coupe transversale dans une cupule renfermant une ovule. $\times 12$. Original de la fig. 7. Pl. 20, id.*c*, cupule; *g*, ovule rencontré par la section transversale dans sa région supérieure.FIG. 4. Coupe transversale d'une autre cupule dans laquelle les ovules sont tombés. $\times 9$. Original de la fig. 8, pl. 20, id.*f*, faisceau vasculaire parcourant la cupule; *c*, cupule; *p*, poils remplissant la cavité de la cupule.FIG. 5. Coupe transversale dans une cupule contenant 3 ovules. $\times 12$. Original de la fig. 1, pl. 21, id.*g*, ovules; *c*, cupule; *t*, testa; *f*, faisceau vasculaire rencontré par la section.FIG. 6. Coupe longitudinale intéressant seulement le sommet de deux ovules. $\times 9$. Original des fig. 2 et 3, pl. 21, id.*o*, organe de dissémination; *c*, cupule; *p*, poils.FIG. 7. Région supérieure de l'un des ovules. $\times 50$.*cp*, chambre pollinique; *m*, microspores; *t*, testa; *p*, poils.FIG. 8. Sacs polliniques écrasés accompagnant les cupules du *Gnetopsis elliptica*. $\times 30$. Entre les parois on distingue un certain nombre de microspores.FIG. 9. Microspores. $\times 380$.FIG. 10. Coupe transversale d'une jeune graine. $\times 36$. Original de la fig. 6, pl. 21, id.*t*, testa; *n*, membrane du nucelle; *f*, faisceaux vasculaires opposés deux à deux et s'élevant verticalement en dehors du nucelle.FIG. 11. Section transversale du sclérotesta. $\times 210$.FIG. 12. Coupe transversale dans une graine au niveau des deux archéogones *ar*. $\times 21$.REMARQUE. — L'original des figures 2, 3, 4, 5, pl. 20 (préparation C², boîte 200) n'a pas été retrouvé.



9

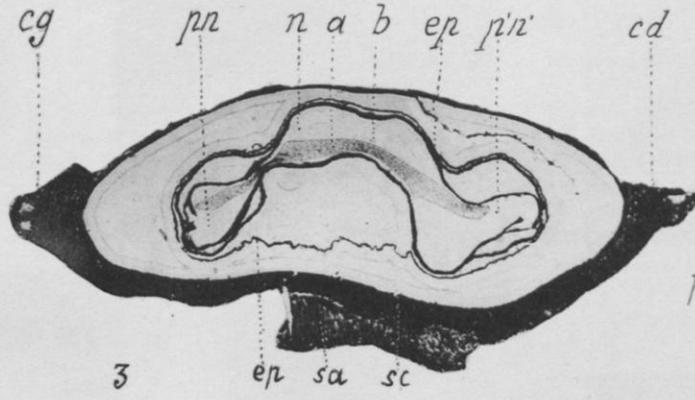


10

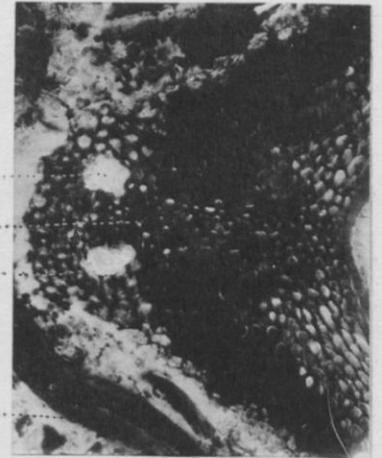


5

epe



3

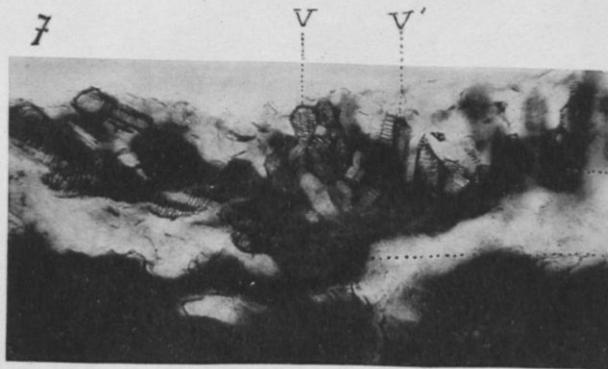


c, lr, c, ft



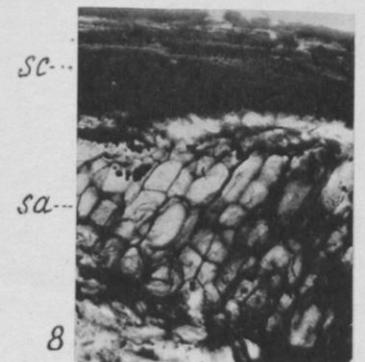
6

m, t, cn



7

ct, ch

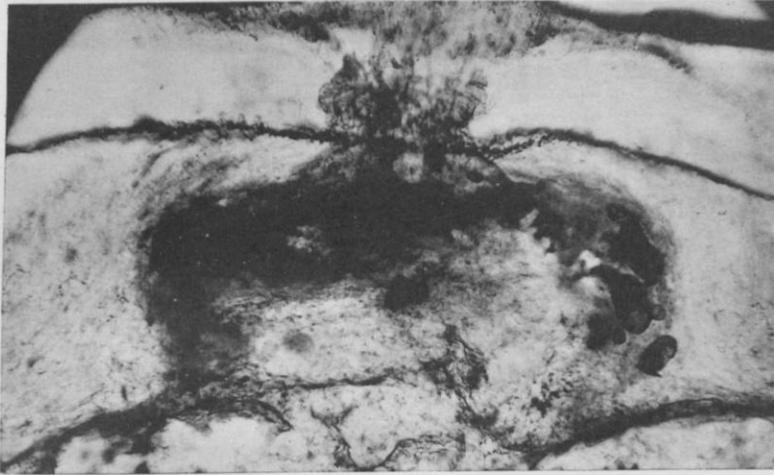


8

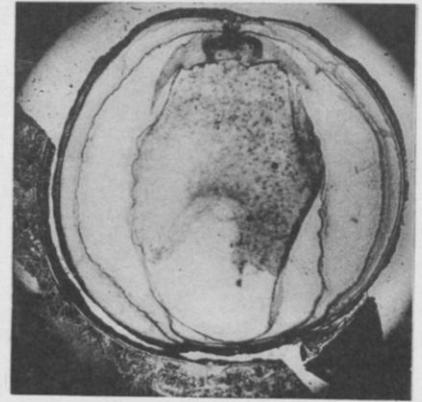
sc, sa

LEPTOTESTA Loubière.

Loubière phot.



7



1



4

ze zm zi ep

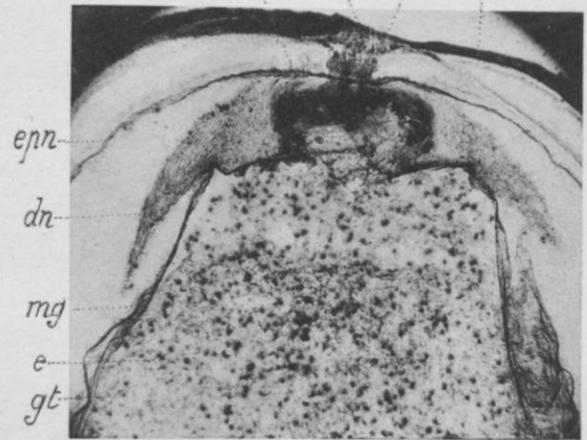


8



5

cp l pn sc



2



6



9



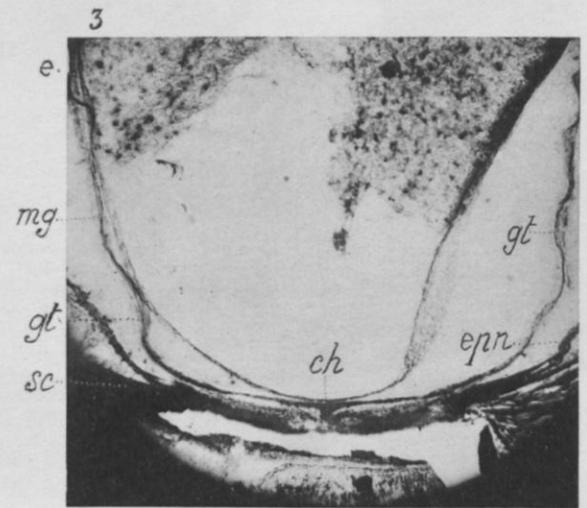
10



11



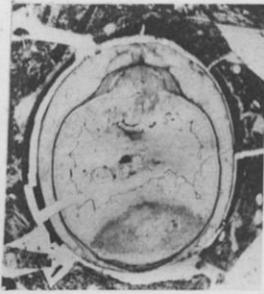
12



3

Loubière, phot.

COLEOSPERMUM Loubière.



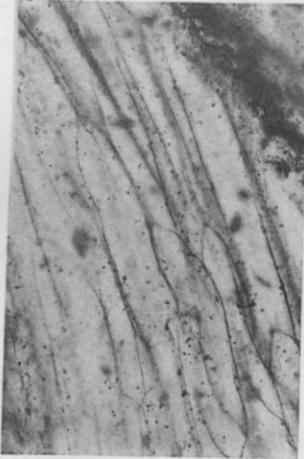
1



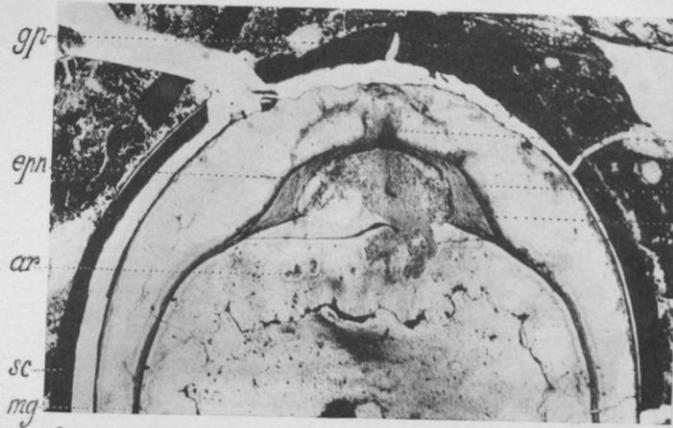
6



4



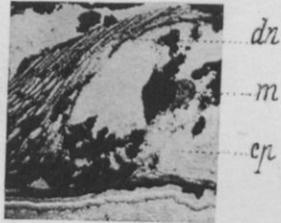
5



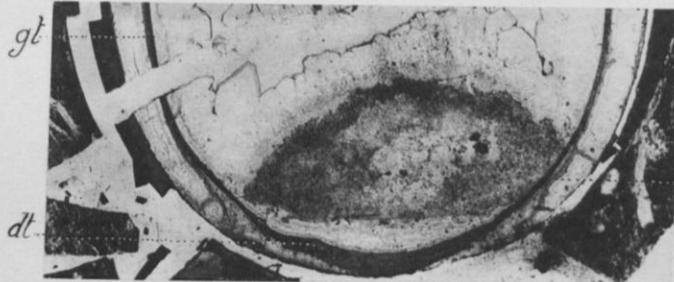
2



11



8



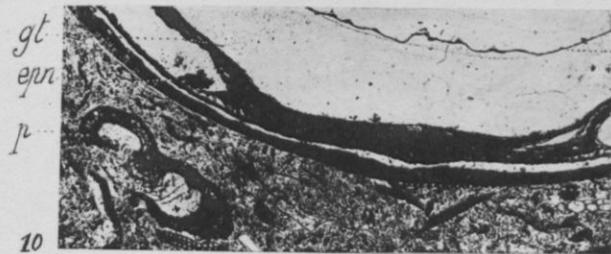
3



9



12



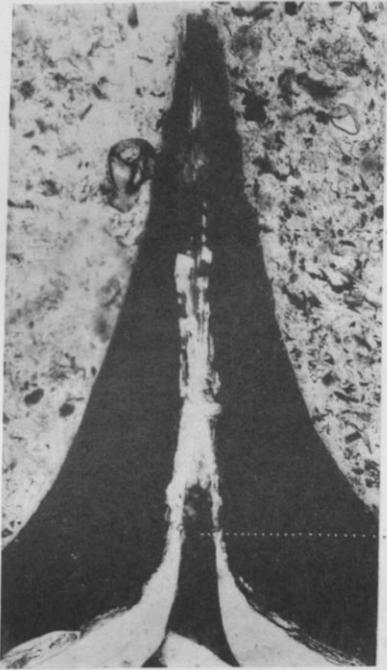
10



7

SPHÆROSPERMUM (Brongniart) Loubière.

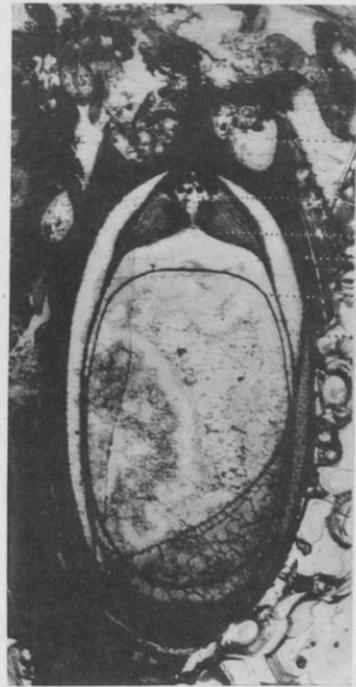
Loubière, phot.



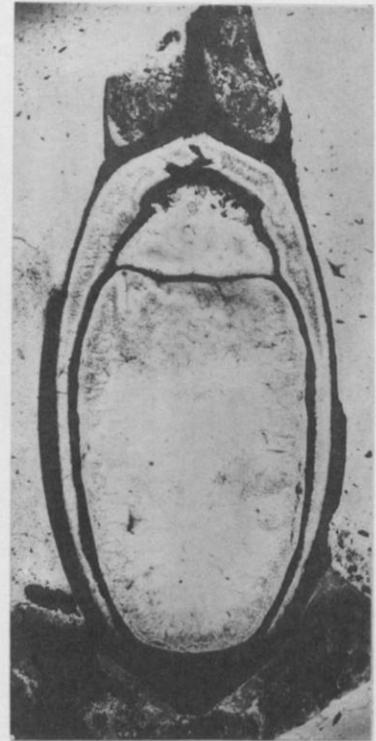
3



1



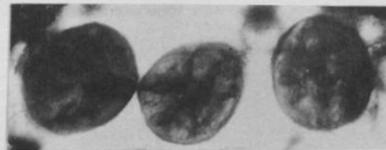
2



6



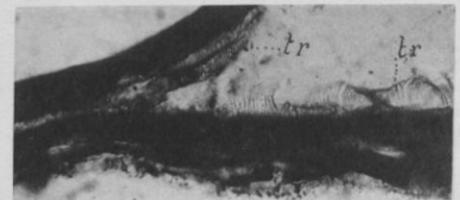
4



5

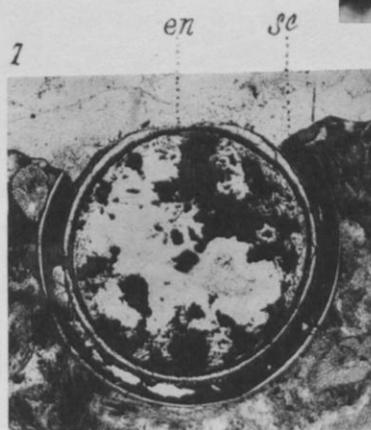


8



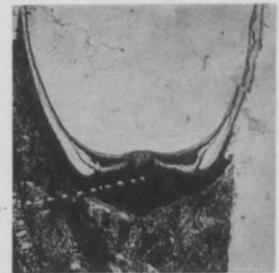
9

11



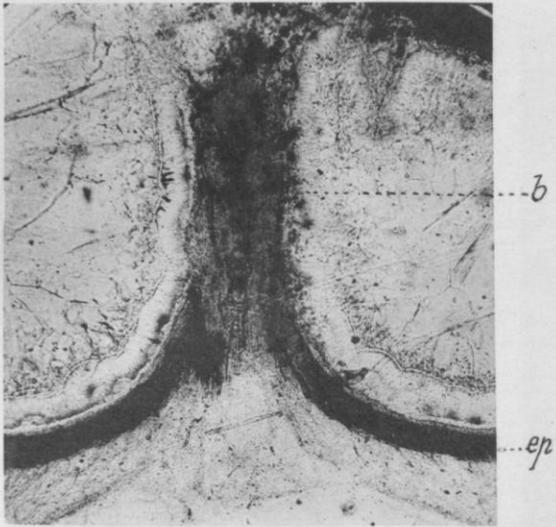
7

10

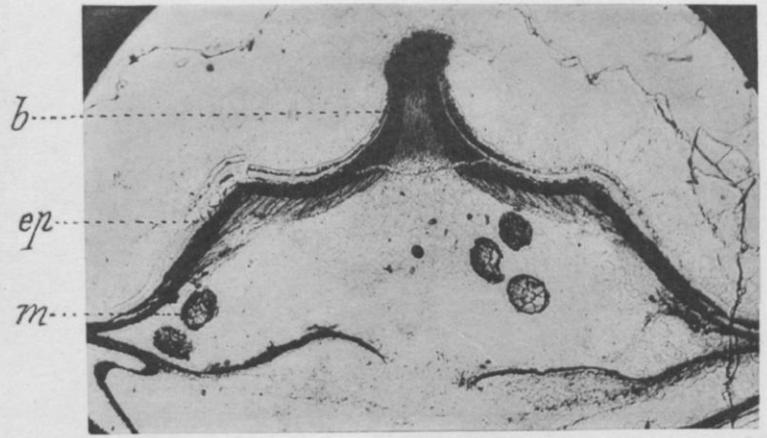


Loubiere, phot.

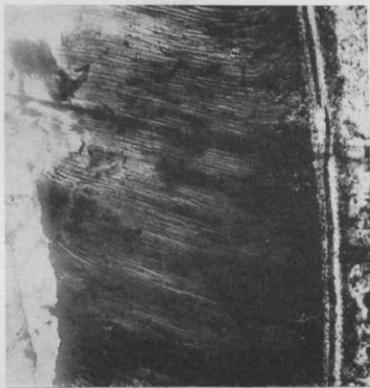
STEPHANOSPERMUM Brongniart.



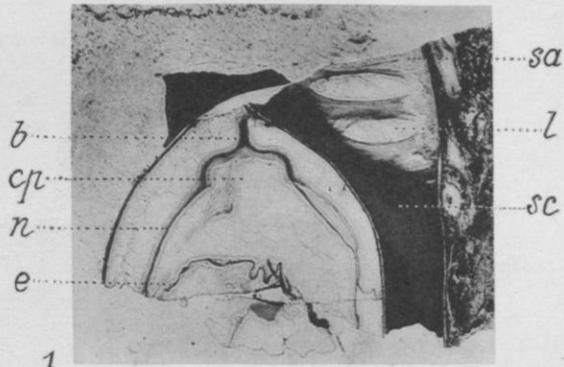
5



4



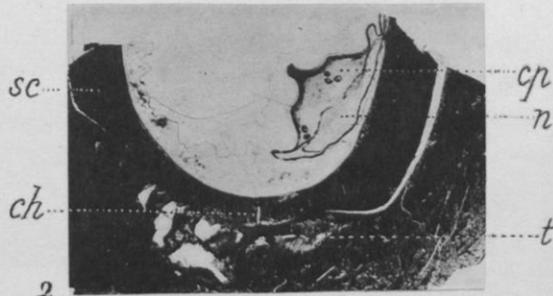
7



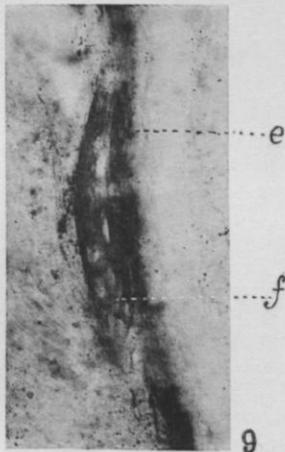
1



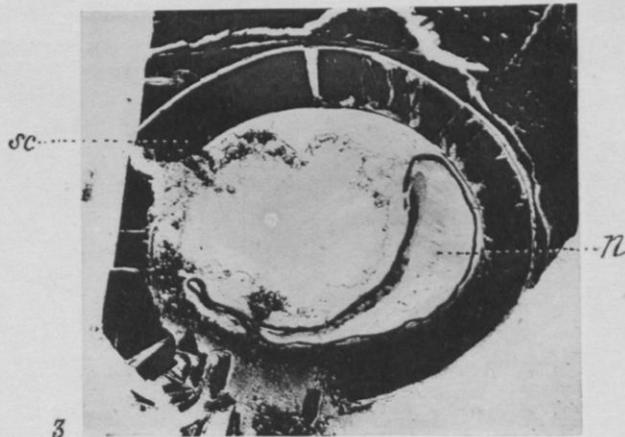
6



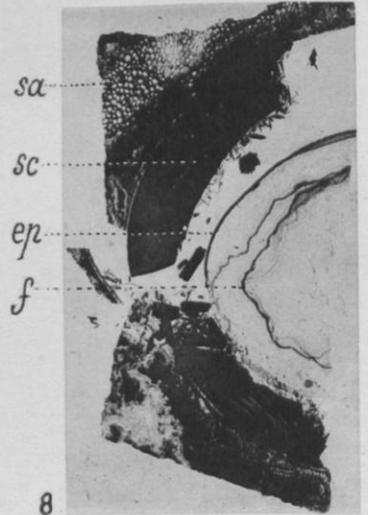
2



9



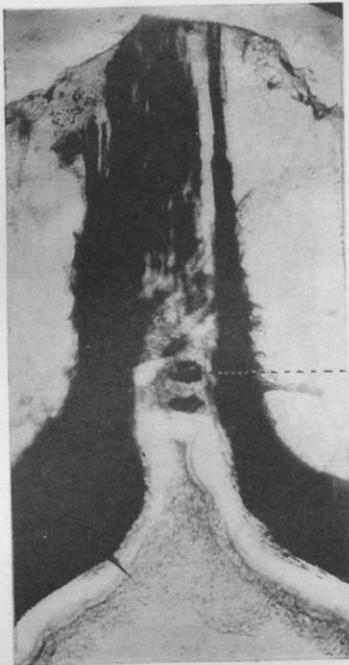
3



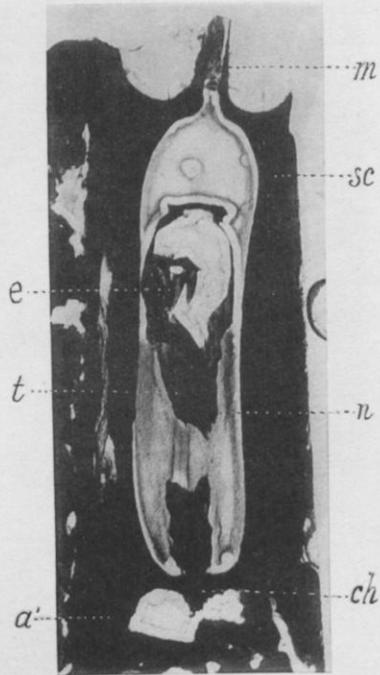
8

Loubière, phot.

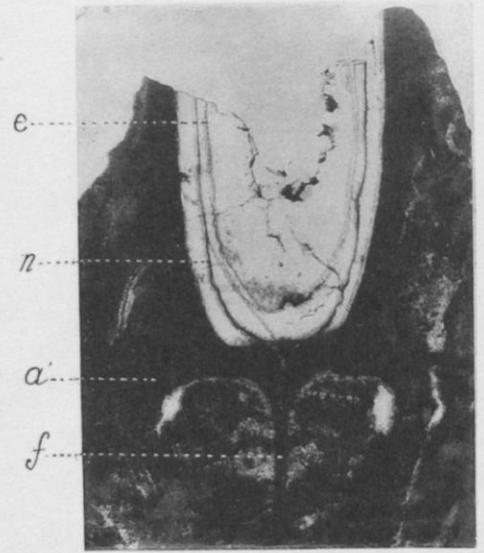
ÆTHEOTESTA Brongniart.



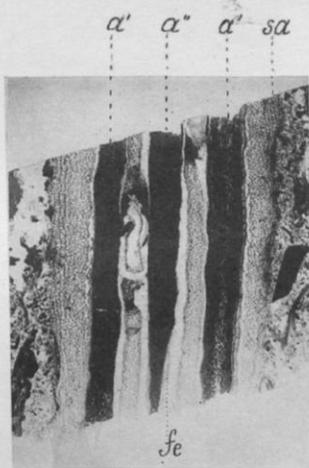
8



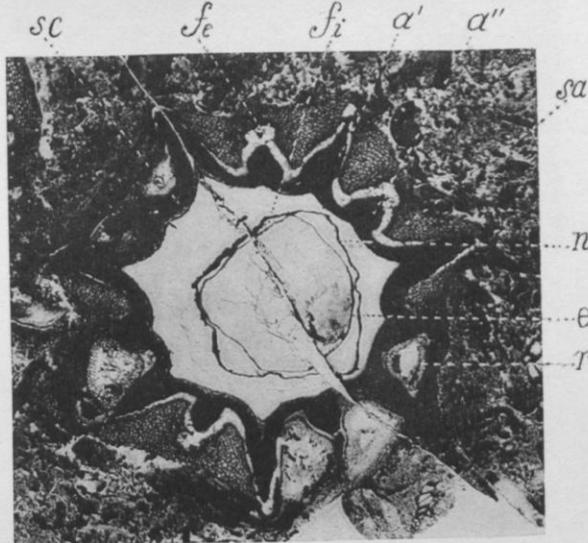
1



6



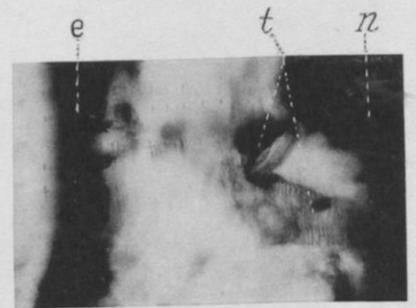
9



3



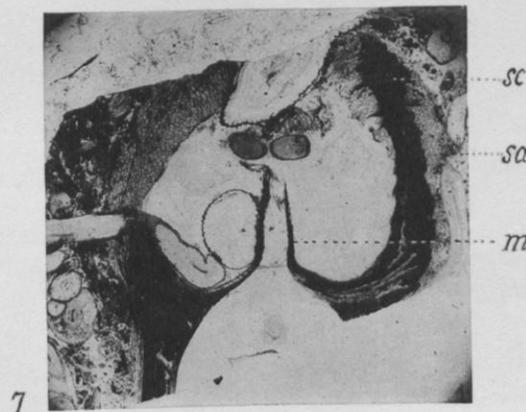
2



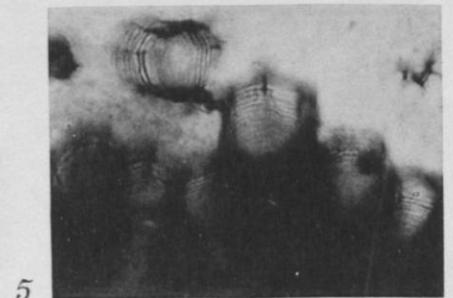
4



10



7



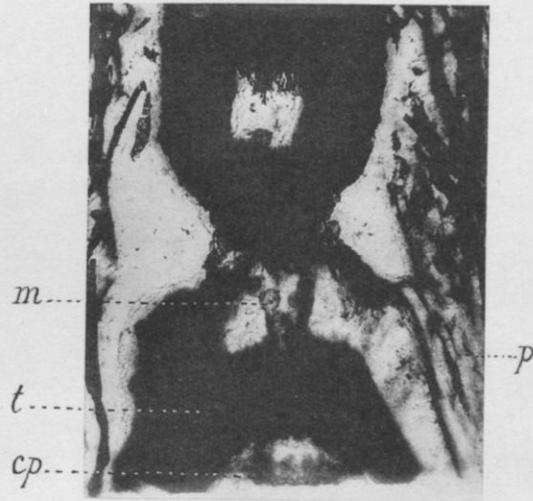
5

Loubière, phot.

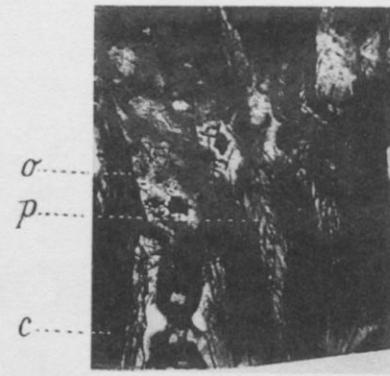
POLYLOPHOSPERMUM Brongniart.



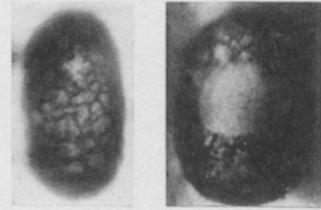
1



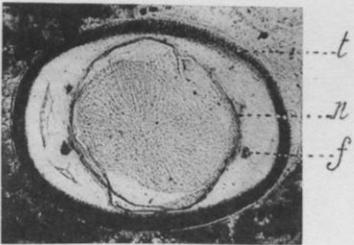
7



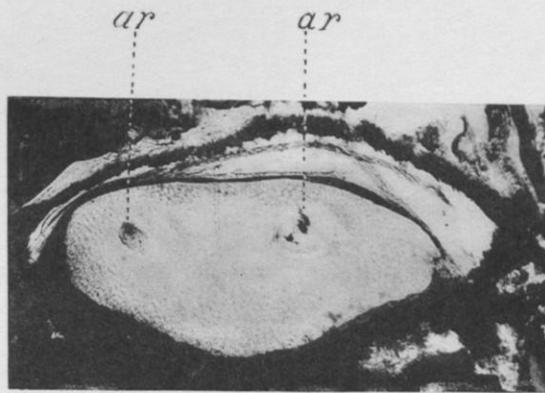
6



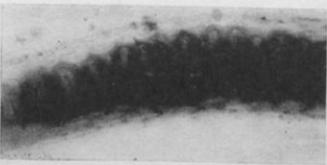
9



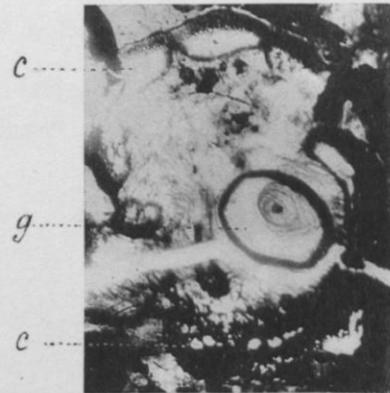
10



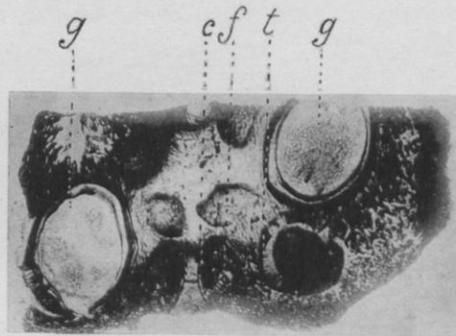
12



11



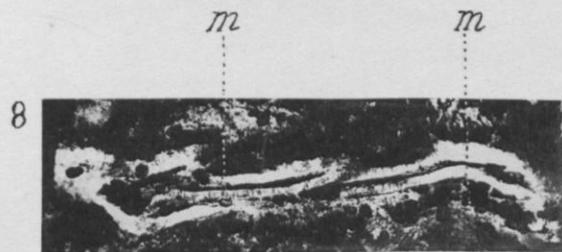
3



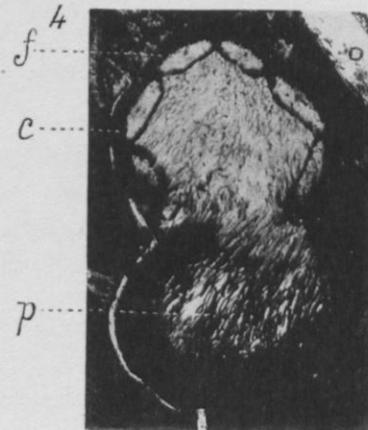
5



2



8



4

Loubière, phot.

GNETOPSIS Renault.