

50376
1983
267-1

50376
1983
267-1

N° d'ordre 601

THESE

présentée

à

l'Université des Sciences et Techniques de Lille

pour obtenir le grade de

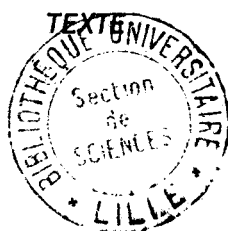
DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

par

Claudine BROUSMICHE

Les Fougères sphénoptéridiennes du Bassin Houiller Sarro-Lorrain

(Systématique - Stratigraphie)



soutenue le 14 Novembre 1983 devant la Commission d'Examens

MM. J.P. LAVEINE, Président

C. BABIN, Examineur

P. CELET, Examineur

K. JOSTEN, Rapporteur

Y. LEMOIGNE, Examineur

R. WAGNER, Rapporteur

AVANT-PROPOS

Dans mon pays, on dit des gens qui ont vécu une vie calme et heureuse qu'ils ont eu la chance de passer par des chemins qui n'avaient pas de cailloux. Par contre on dit de ceux qui n'ont vraiment pas eu de chance qu'ils ont été malheureux comme les pierres.

Il s'est même trouvé quelqu'un pour composer une chanson sur ce pauvre diable de la route de Louviers condamné à casser des pierres inlassablement, mais sans se croire obligé, lui, de regarder ce qu'il y avait dedans.

A partir de ces idées reçues beaucoup de mes amis m'ont demandé pourquoi j'avais choisi de vivre au milieu des pierres, qui ont si mauvaise réputation, et comment j'ai pu trouver intérêt et plaisir à leur fréquentation.

A vrai dire, je me suis aussi posé la question, voilà bien longtemps déjà. Je crois connaître la réponse, et je voudrais vous la donner, avec l'espoir qu'elle constituera le meilleur avant-propos à cette thèse.

Au début de mes études universitaires, au temps où il fallait d'abord obtenir le certificat de S.P.C.N., j'ai eu la chance de recevoir l'enseignement de Monsieur Jean Dercourt, alors jeune professeur, dont l'enthousiasme était tel qu'on allait à ses cours comme à la fête. La curiosité et la conviction que Monsieur Dercourt nous a communiquées pour les choses de la Géologie ont certainement beaucoup contribué à ce que plusieurs d'entre nous choisissent d'en faire leur métier. C'est à lui que je dois d'être entrée dans cette carrière et c'est à ses encouragements que je dois d'y être restée.

Cela m'a été d'autant plus facile que j'ai alors connu ma deuxième chance. Je la dois à Monsieur le Professeur Charles Delattre qui se souvient peut-être de la jeune étudiante qui préparait alors le concours de l'agrégation et à qui il proposa d'entrer dans son laboratoire comme assistante. Je puis lui avouer aujourd'hui qu'elle en fut beaucoup plus flattée qu'elle n'osait le dire. Et si les circonstances ont fait que je ne suis pas restée dans le service de Monsieur Delattre, je lui serai toujours reconnaissante de m'avoir, à la fois, introduite dans le monde de la recherche et préparée à subir avec succès les épreuves de l'agrégation.

Monsieur Delattre me confia à Mademoiselle Denise Brice, chargée de recherche au C.N.R.S. qui m'initia à ces tâches si différentes des études universitaires et accepta de diriger pendant quatre ans mes premières recherches consacrées aux Brachiopodes. C'est grâce à sa sollicitude que j'ai appris la méthodologie de la Paléontologie, l'exigence de rigueur et les subtilités de présentation des travaux propres à cette discipline. Je lui sais gré en particulier de m'avoir donné l'occasion, par des études de population, de revenir à quelques exercices de mathématiques qui, dans l'inévitable monotonie des observations, prenaient des airs de récréations.

Pourtant, il est bien rare que tout aille toujours très bien et, comme beaucoup de mes collègues, j'ai subi un contretemps qui m'obligea, en raison de difficultés matérielles, à abandonner mes recherches de paléontologie animale. L'amertume et la déception de ce demi-échec furent heureusement de courte durée. Les encouragements de Messieurs les Professeurs Claude Babin et Jean Dercourt, l'aide bienveillante de Madame Paule Corsin, devenue depuis professeur à l'Université de Lille I, facilitèrent la réorientation de mes recherches.

Mais c'est à Monsieur le Professeur Jean-Pierre Laveine que je dois d'avoir pu repartir d'un bon pied, dans cette espèce d'aventure scientifique que représente un mémoire de thèse. C'est Monsieur Laveine qui m'a proposé un nouveau thème de recherches grâce auquel je gardais le bénéfice de l'acquis méthodologique de mes études précédentes. Si la Paléobotanique

concerne un secteur particulier de la Paléontologie, les voies d'accès à la connaissance sont toujours les mêmes. Monsieur Laveine fut pour beaucoup dans ma reconversion et c'est grâce à ses conseils que j'ai pu reprendre des études approfondies après un délai de réadaptation relativement court. Il a bien voulu consacrer beaucoup de son temps à suivre mes recherches pas à pas, à contrôler minutieusement les résultats page après page, et je n'aurais sans doute pu achever ce mémoire sans sa patiente sollicitude, sans la diligence de ses conseils et même sans la rigueur de ses exigences. Je tiens à lui exprimer toute ma gratitude.

Enfin, mes remerciements vont à tous ceux au milieu desquels je travaille depuis plus de dix ans et qui ont su créer et entretenir un climat de collaboration confiante et affectueuse. J'ai toujours trouvé auprès de mes collègues enseignants ou chercheurs des différents services un soutien affectif et intellectuel qui fut aussi l'une de mes grandes chances.

J'ai rencontré cette même cordialité chez les responsables européens des principales collections paléobotaniques que j'ai été amenée à visiter. Je pense particulièrement à Madame Christiane Blanc, responsable des collections de Paléobotanique du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, au Docteur David Butler, de l'Institute of Geological Sciences de Londres, au Docteur Rudolph Daber, Conservateur au Museum für Naturkunde de Berlin, au Docteur Richard Germer, ancien responsable des collections du Saarbergwerke de Sarrebruck, au Docteur David Lobitzer, du Geologische Bundesanstalt de Vienne et enfin à Monsieur Alain Prieur, chargé de la maintenance de la Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon. Je les remercie, ainsi que leurs collaborateurs, d'avoir bien voulu me permettre d'examiner à loisir leurs précieuses collections, d'en avoir tiré des milliers de photographies sans lesquelles je n'aurais pu construire la systématique de ce mémoire.

Je n'aurai garde d'oublier, en cette heure des bilans, ceux qui ont collaboré, à des titres divers, à la publication de ce travail ou qui m'ont apporté l'aide matérielle de l'U.E.R. à différents stades de mes recherches. Je pense d'abord à Monsieur Gérard Ponchel et à Mademoiselle Anne-Marie Candilier, respectivement Technicien et Ingénieur au C.N.R.S. C'est Monsieur Ponchel qui m'a initiée au maniement du microscope électronique à balayage du service de Protistologie. Grâce à lui, je crois savoir régler et utiliser sans trop de maladresses l'appareil récemment acquis par nos deux U.E.R. Mademoiselle Candilier est responsable de la maintenance des collections lilloises. Nous avons pu admirer la patience avec laquelle elle a répertorié et numéroté tous les échantillons étudiés.

Pour mener à bien une étude systématique approfondie, j'ai dû réaliser des milliers de clichés qui ont exigé le développement et le tirage de quelques 250 films 24x36. Il fallait pour cela un photographe de qualité. Ce fut Monsieur Jean Carpentier dont toute la maison connaît le talent et apprécie l'humour et la souriante bonne humeur.

Madame Andrée Brebion, d'abord très inquiète par la quantité de documents photographiques qu'elle aurait à reproduire, s'est acquittée de cette tâche avec le même brio, la même astuce que d'habitude ; cela n'a étonné personne.

Madame Thérèse Florent s'est chargée des deux frappes du manuscrit. Malgré l'énormité de la besogne et mes multiples exigences, dont je n'avais conscience qu'après les avoir formulées, elle a su mener à bien ce travail sans jamais perdre son sourire.

Madame Régine Netter, que rien ne prédisposait au dessin, a cependant accepté de reproduire pendant ses loisirs un certain nombre de croquis afin d'homogénéiser la présentation des illustrations graphiques. Elle a contribué aussi, avec patience et gentillesse, à dresser quelques uns des tableaux de ce mémoire.

Il me faut bien garder pour la fin les noms de ceux qui ont minutieusement assemblé ces centaines de feuillets pour en faire de vrais livres. Ce sont Madame Josiane Roza et Monsieur Robert Ballenghien qui ont accompli cette tâche fastidieuse avec beaucoup de sérieux et de diligence.

Si j'ai tenu à exprimer d'abord ma reconnaissance et mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidée à mener à bien la rédaction de ce mémoire, je voudrais dire combien je suis sensible à l'honneur que me font ceux qui ont accepté de le juger.

Monsieur Robert Wagner, Reader à l'Université de Sheffield et Monsieur Karl Josten, Responsable du Département de Stratigraphie au Geologisches Landesamt de Krefeld ont bien voulu assumer la charge de rapporteurs. Je leur exprime toute ma gratitude pour avoir consenti à consacrer du temps à la lecture du manuscrit et à la rédaction des précieux commentaires que cette lecture leur a suggérés.

Je suis particulièrement sensible à l'intérêt que Monsieur Wagner a toujours manifesté pour mon travail. Les discussions que nous avons eues en mai dernier et une correspondance abondante ont constitué pour moi un véritable enrichissement.

Comme il s'est trouvé pour partie à l'origine de ma réorientation vers la Paléobotanique, je retrouve Monsieur le Professeur Claude Babin, Président de l'Université de Brest, au bout de la première grande étape de ma carrière. J'en suis très flattée et espère avoir mérité la sollicitude qu'il n'a cessé de me témoigner.

Je souhaite que Monsieur le Professeur Yves Lemoigne, de l'Université de Lyon, qui enseigne la Paléobotanique mais dont le savoir fait également autorité en Botanique, trouve dans mon travail quelques raisons d'encourager d'autres recherches que je pourrais envisager dans l'avenir.

Enfin, je suis très heureuse que Monsieur le Professeur Paul Celet ait accepté de faire partie de ce jury puisqu'il m'a connue jeune étudiante et m'a suivie tout au long de mon "cursus honorum". Je souhaite qu'il ait gardé de cette période des souvenirs aussi charmants que les nôtres, nous qui étions ses élèves.

Sans doute n'en sauront-ils jamais rien, il n'empêche que je tiens à remercier, s'il vous plaît par votre intermédiaire Monsieur Celet, ceux qui furent mes professeurs et mes assistants. Tout le monde n'est pas poète. Tout le monde ne peut parler

"du temps de sa jeunesse folle

alors qu'il était écolier" !

Nous sommes quelques uns à avoir eu une jeunesse surtout studieuse mais cela ne nous a pas empêchés d'y trouver grand plaisir.

Et voilà, j'en ai presque terminé. Cet ouvrage m'a coûté beaucoup de peines et m'a pris beaucoup de temps ; je suis heureuse de l'avoir mené à son terme. Pour deux personnes au moins, il représente certainement bien plus que pour moi. Ce sont mes parents, à qui je dois beaucoup et à qui je dédie ce travail.

AVERTISSEMENT

L'essentiel du matériel décrit provient du bassin houiller sarro-lorrain et je suis très reconnaissante aux membres de la Direction générale des Houillères du bassin de Lorraine, et en particulier à Monsieur Jacques Bonnet, Chef du service Géologie-Géométrie et à son adjoint Monsieur Alain Pouzet de m'avoir permis d'accéder à la carothèque du Grünhof et de prélever sur les sondages les plus récents tous les échantillons dont j'avais besoin.

Je remercie également très sincèrement Monsieur Roger Meunier, Chef Géologue et Monsieur Patrick Fayolle, Géologue de m'avoir procuré les informations stratigraphiques précises qui me manquaient et d'avoir mis à ma disposition les duplicata des logs des principaux sondages.

La réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide accordée par le C.N.R.S. à notre formation de recherche (Greco 130 007). Les crédits alloués m'ont permis d'effectuer de nombreuses missions à l'étranger dans les principaux musées européens afin d'y consulter un maximum de matériel de référence.

A mes parents,

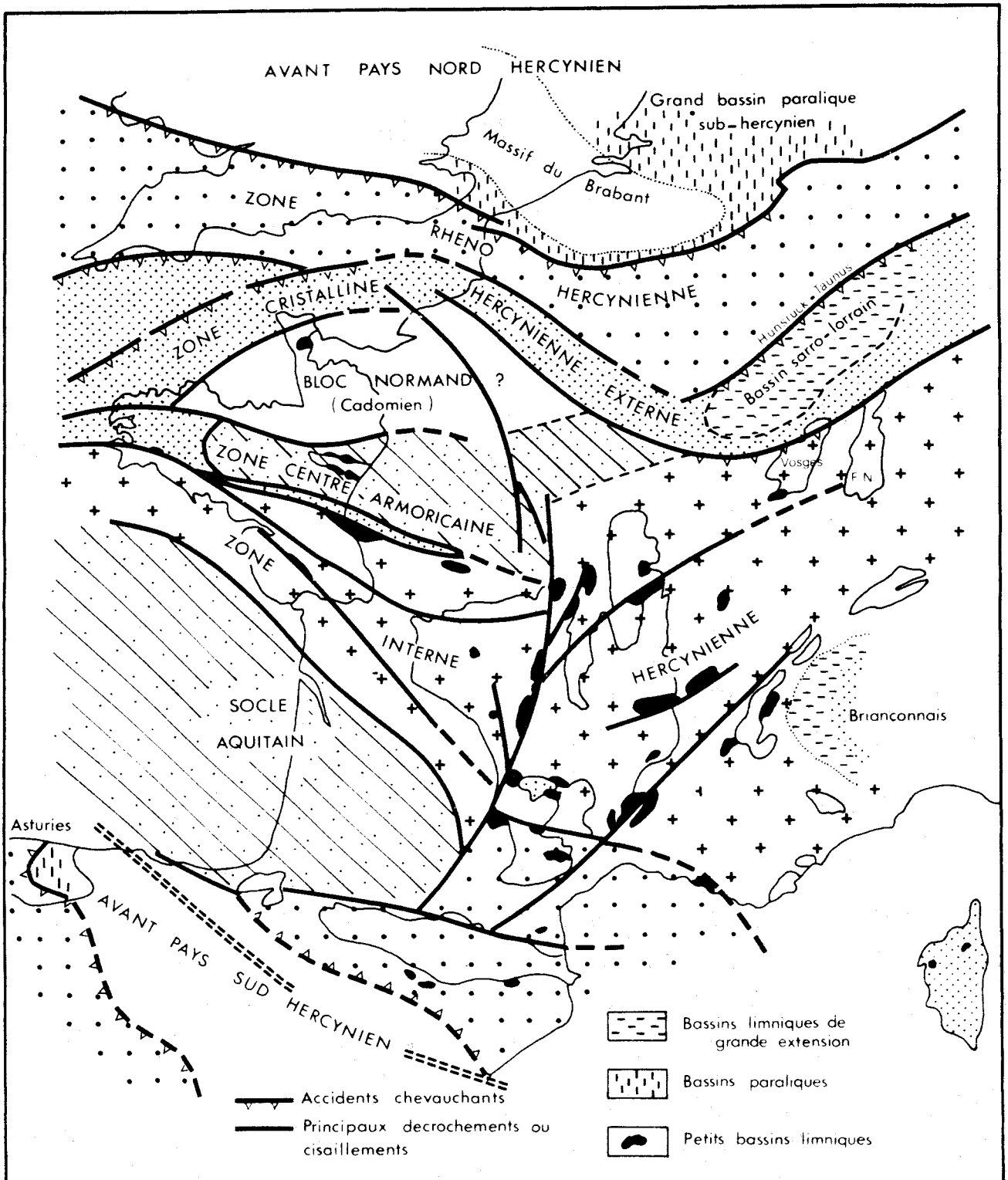
A Pierre et Thomas, en espérant
qu'ils se souviendront plus tard combien
ils étaient fiers d'avoir trouvé dans
leur jeune temps "un caillou pour tata".

LE BASSIN HOULLER

SARRO-LORRAIN

SOMMAIRE

I - CADRE GEOGRAPHIQUE ET STRUCTURAL	p. 5
1) <u>SITUATION GEOGRAPHIQUE</u>	p. 5
2) <u>CONTEXTE STRUCTURAL</u>	p. 5
II - STRATIGRAPHIE	p. 6
1) <u>CARACTERES GENERAUX DES DEPOTS</u>	p. 6
2) <u>SUPPORTS DE LA STRATIGRAPHIE</u>	p. 6
3) <u>DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES DU BASSIN SARRO-LORRAIN</u>	p. 8
4) <u>VARIATIONS LATERALES DE FACIES DE LA SERIE WESTPHALIENNE</u>	p. 8
5) <u>LIMITE WESTPHALIEN-STEPHANIEN</u>	p. 13
6) <u>CONCLUSIONS</u>	p. 15
III - TECTONIQUE	p. 15
1) <u>SCHEMA STRUCTURAL D'ENSEMBLE DU BASSIN</u>	p. 15
2) <u>PHASE DE COMPRESSION SAALIENNE</u>	p. 17
3) <u>PHASES DE DISTENSION POST-SAALIENNES</u>	p. 17
IV - CHAMPS D'EXPLOITATION DU BASSIN SARRO-LORRAIN	p. 21
1) <u>DONNEES DES SONDAGES ANCIENS</u>	p. 21
2) <u>DONNEES DE LA GEOPHYSIQUE</u>	p. 24
3) <u>RESULTATS - PERSPECTIVES D'EXPLOITATION</u>	p. 24
V - PROLONGEMENTS DU BASSIN	p. 21



Texte-fig. 1 - Situation du bassin houiller sarro-lorrain dans la chaîne hercynienne (d'après Feys et Autran, 1980 ; Autran et al., 1980 ; Donsimoni, 1981). Le double pointillé situé à la limite franco-espagnole indique que la position de l'Espagne au Carbonifère supérieur fait encore l'objet de nombreuses discussions.



LE BASSIN HOUILLER SARRO-LORRAIN

Le travail de Pruvost (1934) constituait jusqu'à ces dernières années le document synthétique le plus complet traitant de la structure géologique du bassin sarro-lorrain. Compte tenu du contexte économique, il était évident qu'une réactualisation de ces travaux s'imposait tenant compte de toutes les données nouvelles obtenues depuis plus de quarante ans : résultats de nouveaux sondages, de travaux miniers et d'études géophysiques tant sur le bassin proprement dit que sur ses prolongements. Ces recherches menées conjointement par le B.R.G.M. et les H.B.L. ont abouti à la réalisation d'une nouvelle synthèse, ne concernant bien sûr que la partie française du bassin, qui vient d'être publiée par Donsimoni (1981). Ce chapitre destiné à présenter succinctement le contexte géologique dans lequel s'est effectuée l'étude paléobotanique est largement inspiré de ces deux publications fondamentales.

I - CADRE GEOGRAPHIQUE ET STRUCTURAL

1) SITUATION GEOGRAPHIQUE.

Le bassin houiller sarro-lorrain occupe la partie sud-ouest d'une vaste dépression intramontagneuse, de direction SW-NE, limitée au Nord par le massif dévonien du Hunsrück et au Sud par le massif cristallin des Vosges. Les terrains houillers qui affleurent en Sarre et sont limités au NE par le Palatinat, disparaissent, dès la frontière franco-allemande, sous un recouvrement permio-mésozoïque qui s'épaissit progressivement en direction du SW pour atteindre 1700 m à l'extrémité occidentale du bassin. De ce fait, si ses limites sont relativement faciles à définir en territoire allemand, il n'en est pas de même pour la partie française. Les récentes données de géophysique et de subsurface permettent actuellement de les fixer :

- au Nord : à la faille de Metz et son prolongement passant par St-Mihiel,
- au Sud : par une ligne allant de Gironcourt à Sarrebourg,
- au Sud-Ouest : au grand accident de la Marne connu en surface et confirmé par les études gravimétriques (texte-fig. 7).

Le bassin sarro-lorrain ainsi limité s'étend sur 210 km de long et 60 à 80 km de large.

2) CONTEXTE STRUCTURAL.

L'histoire géologique de ce bassin est essentiellement hercynienne. La reconstitution proposée par Feys et Autran (1980) des principales zones hercyniennes montre que le bassin se situe dans la zone cristalline externe (texte-fig. 1).

Il serait hors de propos de rappeler ici quel fut le devenir de chacune de ces zones au cours de l'orogénèse hercynienne et je renvoie le lecteur aux ouvrages spécialisés. Je rappellerai simplement que les déformations les plus intenses subies par le domaine qui nous intéresse ont été provoquées par la phase bretonne et surtout par la phase sudète (Dinantien), cette dernière ayant entraîné le chevauchement vers le Nord de la zone cristalline externe sur la zone rhéno-hercynienne par l'intermédiaire de la faille du Hunsrück-Taunus.

Après cette phase déformante, la zone cristalline externe est affectée d'une très forte subsidence qui permet l'accumulation de plusieurs milliers de mètres de sédiments de caractère molassique (presque 6000 m au sondage de Saar 1). La sédimentation exclusivement continentale est quasi continue du Namurien à l'Autunien, le bassin n'étant déformé qu'à la fin de l'Autunien, au cours de la phase saalienne, dernière phase compressive hercynienne. Le bassin houiller sarro-lorrain constitue ainsi l'un des plus beaux exemples de bassin limnique*.

II - STRATIGRAPHIE

1) CARACTERES GENERAUX DES DEPOTS.

Les dépôts du bassin sarro-lorrain, d'origine terrigène, sont constitués de conglomérats, grès et "schistes" résultant de l'érosion très intense des reliefs avoisinants engendrés par la phase sudète. Les données récentes des grands sondages Saar 1 et Gironville 101, respectivement effectués en territoires sarrois et lorrain, permettent en effet d'affirmer que le remplissage du bassin a commencé dès le Namurien. Ces sondages ont traversé sous la série exploitée des terrains datés Westphalien A et Namurien (P. Corsin et P.M. Corsin, 1972 ; Birenheide et al., 1976). D'après P. Corsin et P.M. Corsin (1972), quelques éléments du Viséen auraient été identifiés sous le Namurien.

Au sein de ce matériel stérile très épais, s'intercalent des veines de charbon dont le nombre et l'importance varient énormément d'un point à l'autre, ce qui suppose une subsidence discontinue et un comportement différent des diverses parties du bassin, deux points sur lesquels je reviendrai un peu plus loin.

Indépendamment de toute autre considération, une première distinction peut être établie au sein des sédiments à partir de leur couleur dominante et de leurs proportions en conglomérats et veines de houille. Les niveaux inférieurs les plus productifs (la proportion en charbon peut atteindre 25%), d'âge Westphalien se caractérisent par des stériles de teintes grises : gris clair pour les conglomérats et les grès, gris plus ou moins foncé pour les schistes. Les niveaux supérieurs, d'âge Stéphanien, contrastent par leur couleur rouge bariolée de vert, par la faiblesse de leur fraction carbonée (0,5%) et leur forte proportion de conglomérats (parfois supérieure à 60%).

Ces sédiments renferment un certain nombre de tonsteins dont les caractères pétrographiques indiqueraient, au moins pour certains d'entre eux, une origine cinéritique (Bouroz, 1962 ; Francis, 1961 ; Guthörl, 1951 ; Merry, 1967). Si leur genèse reste sujette à discussion, leur vaste répartition géographique en fait d'excellents repères pour les mineurs et leur donne une valeur chronostratigraphique très importante.

2) SUPPORTS DE LA STRATIGRAPHIE.

a.- Données de la paléontologie : Paléobotanique et palynologie.

Les premières échelles stratigraphiques du bassin sarro-lorrain furent établies par Weiss (1868) et Leppla (1904). Mais c'est P. Bertrand qui proposa au Congrès du Carbonifère de Heerlen en 1927 que l'on distingue les étages Westphalien et Stéphanien. Il en situait la limite au niveau du conglomérat de Holz, discordant localement sur les sédiments westphaliens. Le Westphalien y était subdivisé en Westphalien A, B, C, l'Assise de la Houve apparaissant comme partie supérieure du Westphalien C.

* Compte tenu de la paléogéographie, la sédimentation houillère s'est effectuée de deux manières différentes :

- en bordure des continents, dans de grands bassins paraliques s'affranchissant progressivement des influences marines mais parfois réenvahis de temps à autre et pendant des périodes de courte durée par la mer toute proche, ce qui a induit l'existence, dans ces bassins, de niveaux marins de faible épaisseur ;

- à l'intérieur des continents, dans des zones intramontagneuses d'altitudes variées, les bassins limniques correspondants étant dépourvus de niveaux marins.

9018
11116

PALEOBOTANIQUE

REPARTITION DES PRINCIPALES ESPECES

- Pecopteris pennsylvanica*
- Sphenophyllum myriophyllum*
- Neuropteris tenuifolia*
- Neuropteris rarinervis*
- Neuropteris linguatolia*
- Paripteris pseudogigantea*
- Paripteris linguatolia*
- Lindopteris neuropteroides*
- Sphenophyllum cuneifolium*
- Palaeoweichselia detrancei*
- Sphenophyllum emarginatum*
- Arnularia sphenophyllodes*
- Pecopteris saratola*
- Margartopteris coemansii*
- Lindopteria obliqua*
- Neuropteris ovata*
- Pecopteris united*
- Alatopteris serrata*
- Pecopteris micromillona*
- Pecopteris ex. gr. cyathata*
- Callipteridium longmansii*
- Dicksonites pluckemuhl*
- Callipteridium armatum*
- Pecopteris polymorpha*
- Nemecopteris tenuiserrata*
- Sphenophyllum obtusifolium*
- Sigillaria bardi*

PALYNOLOGIE

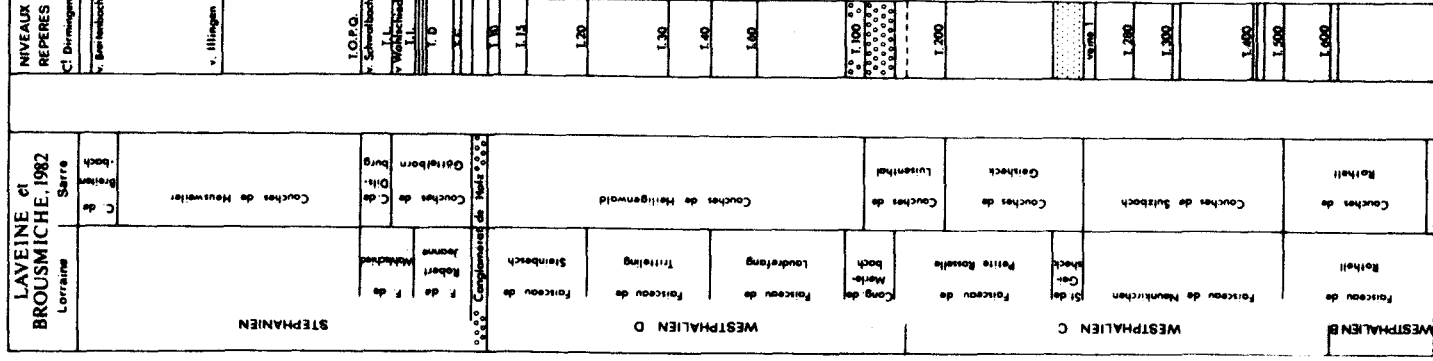
REPARTITION DES PRINCIPALES ESPECES

MICROSPORES

MEGASPORES

d'après ALPERIN et al., 1961 d'après LOBOZIAK, 1982

- Cingulizonates torcalus*
- Punctisporites spp.*
- Toripa securis*
- Vestispora fenestrata*
- Thymospora spp.*
- Spinisporites spinosus*
- Punctisporites obliquus*
- Saetosisporites praetextus*
- Pseudovakisporites nigrozonalis*
- Zonalesporites angustulus*
- Bentzisporites luxatus*
- Bentzisporites tricolinus-margaritatus*
- Pseudovakisporites saarensis*
- Vakisporites auritus*
- Vakisporites varius*



Tabl. 1 - Distribution des principales espèces de micro- et macroflore dans le bassin houiller sarro-lorrain.

Le terme de Westphalien D apparaît pour la première fois en 1933 dans une publication de Darrah et P. Bertrand (p. 1451) mais il est clair que cette proposition résultait de tout un travail en commun. Du point de vue pratique, c'est d'une part avec le travail de Pruvost (1934) et les communications de P. Bertrand en 1935 lors du 2ème Congrès du Carbonifère de Heerlen que la notion de Westphalien D = Assise de la Houve = Zone à *Mixoneura* allait être largement débattue et acceptée.

L'échelle synthétique présentée par Pruvost (1934) n'a guère été modifiée depuis, sauf au niveau de la limite Westphalien C-Westphalien D. Une recommandation du 5ème Congrès du Carbonifère (1963) fixe en effet la limite chronostratigraphique inférieure du Westphalien D au niveau d'apparition du *Neuropteris ovata* Hofmann dans le bassin houiller sarro-lorrain.

Les nouvelles récoltes ont cependant permis d'affiner les répartitions stratigraphiques de nombreuses espèces et de préciser leurs zones d'abondance. Le tableau 1, p. 7 présente la succession des espèces les plus fréquentes.

Les recherches récentes menées conjointement sur les microspores et les mégaspores par Alpern, Choffe, Lachkar, Liabeuf et Loboziak (1960, 1966, 1967, 1982) ont également permis de présenter, sur le même tableau, les répartitions des principales espèces de micro- et de mégaspores.

b.- Les tonsteins :

Dans le travail de Pruvost (1934) six tonsteins étaient recensés et utilisés : les cinq tonsteins du Westphalien étaient numérotés de 1 à 5 de haut en bas.

Une exploration minutieuse de la série carbonifère a permis d'en découvrir 16 nouveaux dans le Westphalien, 11 dans le Stéphanien. C'est à Merry (1967) que l'on doit la nomenclature des 32 tonsteins actuellement identifiés en Lorraine. Dans le Westphalien, les cinq premiers reconnus sont désignés par des centaines entières, les nouveaux sont affectés d'un nombre intermédiaire reflétant leur position stratigraphique. Dans le Stéphanien, ils sont caractérisés par une lettre dont l'ordre alphabétique s'établit de bas en haut. La chronologie et la position stratigraphique des principaux tonsteins lorrains sont indiqués sur le tableau 2, p. 9.

Ces tonsteins constituent d'excellents repères stratigraphiques facilitant les corrélations entre les différents champs d'exploitation et on peut voir sur ce tableau que certains d'entre eux définissent des limites conventionnelles (tonsteins 20 et 40 = T20 et T40).

3) DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES DU BASSIN SARRO-LORRAIN.

Le tableau 2, p. 9 récapitule les étapes des subdivisions stratigraphiques admises successivement par Leppla (1904), Pruvost (1934), Guthörl (1936), Gothan, Guthörl et Heinitz (1943), Laveine et Brousmiche (1982) (ces derniers intégrant les résultats de Laveine, Coquel et Loboziak, 1977) et les concordances stratigraphiques entre les deux parties du bassin.

Ce tableau est limité vers le bas à l'assise de St-Ingbert qui représente le Westphalien B supérieur ; l'exploitation en Sarre-Lorraine n'a en effet jamais atteint le substratum du terrain houiller. Mais le sondage pétrolier de *Gironville 101* implanté en dehors du champ d'exploitation des H.B.L. (texte-fig. 6), près de Commercy, a fourni de précieuses indications sur les niveaux sous-jacents. Ce sondage poussé jusqu'à 5683 m a rencontré à 5622 m des "schistes noirs" attribués par P. Corsin et P.M. Corsin (1972) au Viséen. Pour la première fois ce sondage démontra l'existence de niveaux du Westphalien A mais le Namurien n'a pas été reconnu avec certitude.

Je ne reprendrai pas ici l'étude exhaustive de chacune des zones reconnues dans les deux séries westphalienne et stéphanienne, ces paragraphes ayant été traités de façon très complète par Pruvost et Donsimoni. Il paraît plus intéressant d'insister sur les problèmes que pose chacune d'elles.

4) VARIATIONS LATÉRALES DE FACIES DE LA SERIE WESTPHALIENNE.

La série westphalienne, épaisse localement de 4000 m et renfermant une centaine de veines de charbon, se caractérise par la fréquence des variations latérales de faciès et des variations d'épaisseurs, ressenties aussi bien au niveau des stériles que des dépôts carbonés.

LEPPLA, 1904			PRUVOST, 1934			GUTHÖRL, 1936			GOTHAN, GUTHÖRL et HEINITZ, 1943			LAVEINE et BROUSMICHE, 1982			NIVEAUX REPERES	
												Lorraine			Sarre	
COUCHES DE SARREBRUCK			COUCHES DE SARREBRUCK			COUCHES DE SARREBRUCK			COUCHES DE SARREBRUCK			STEPHANINIEN			C. Dirmingen	
inférieures			supérieures			supérieures			supérieur			inférieures			v. Breitenbach	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			v. Illingen	
Faisceau de Sulzbach			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T.O.P.Q. v. Schwalbach	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T.L. v. Wälschried	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T.D.	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T.C.	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 10	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 15	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 20	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 30	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 40	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 60	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 100	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			v. Wohlvert	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 200	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			veine I	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 280	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 300	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 400	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 500	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			T. 600	
Faisceau de St. Ingbert			Couches des charbons flamboyants inférieurs			Couches des charbons flamboyants supérieurs			Couches de Heiligenwald			Couches de Heusweiler			BUS LILLE	

Tabl. 2 - Evolution des subdivisions stratigraphiques admises pour le bassin houiller sarro-lorrain.

Si on admet l'interprétation de Donsimoni, la présence des veines de houille se justifierait uniquement par l'existence au sein du bassin d'une structure synsédimentaire fonctionnant comme seuil, ou haut fond, réduisant l'épaisseur de la tranche d'eau au point de permettre l'installation d'une végétation abondante. Cette interprétation se situe dans le cadre d'une origine autochtone du matériel végétal. Mais on peut aussi se demander dans quelle mesure n'existait pas également sur la bordure SE du bassin une végétation forestière susceptible de l'alimenter en partie. Cette double origine des sédiments végétaux répondrait davantage à l'interprétation actuelle de la formation de la houille qui allie autochtonie et allochtonie. Kneuper (1971, p. 161) pour sa part, insiste sur l'importance de l'existence précoce de l'anticlinal principal de Sarrebruck en ce qui concerne le développement des faciès et les variations d'épaisseur des sédiments.

La part de ce qui revient à l'allochtonie est certes difficile à mettre en évidence. Par contre, grâce à l'étude des sondages, Donsimoni parvient à situer approximativement l'emplacement de la structure synsédimentaire, les dépôts carbonés les plus importants s'étant effectués dans son environnement immédiat. Huit sondages représentatifs de la série stratigraphique de la région dans laquelle ils se situent ont été retenus pour illustrer les variations latérales de faciès. Ne disposant pas malheureusement de logs précis des sondages réalisés en territoire sarrois, cette étude porte essentiellement sur la partie lorraine du bassin. Quelques informations extraites des travaux de Pruvost et de Kneuper (1971) permettent néanmoins d'apprécier l'ampleur des variations de la sédimentation entre les deux extrémités du bassin.

La texte-fig. 2 donne un aperçu des variations d'épaisseur des principales assises reconnues par P. Pruvost et montre comment il a été possible de situer pour chacune d'elles l'emplacement approximatif du haut fond correspondant à la zone de productivité végétale maximale dans la partie lorraine du bassin.

a.- Assise de Sulzbach (texte-fig. 2) = Faisceau de Neunkirchen.

Son épaisseur augmente progressivement du NE au SW puisque les sondages de *Frankenholz*, *St-Ingbert* et *Gross-Rosseln* l'ont traversée sur des épaisseurs respectives de 300, 600 et 700 m (texte-fig. 2, A).

La quantité totale de charbon exploitable dans le tiers supérieur du faisceau de Neunkirchen varie beaucoup entre les sondages 1-5. Elle est maximale au niveau du puits de *St-Charles* (24,40 m) et encore très importante au siège de *Ste-Fontaine* (20 m). Elle diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'Est de la ligne formée par ces deux sièges : le puits de *Merlebach* et de *Wendel* n'ont rencontré dans ces niveaux qu'une épaisseur cumulée de charbon de 17,50 et 14,70 m et le puits de *Simon* une épaisseur de 7,30 m (texte-fig. 2, B).

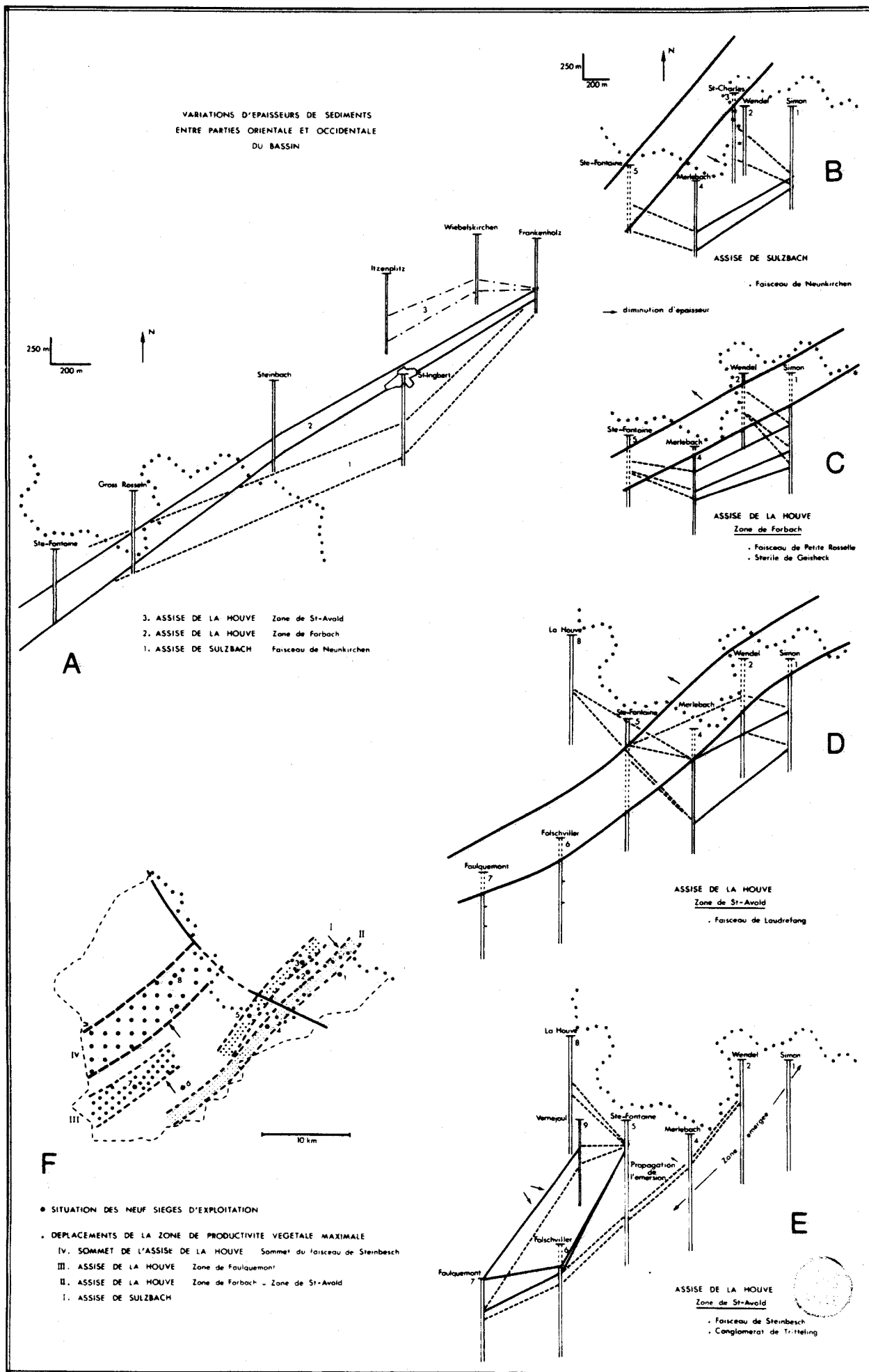
Ces observations permettent de situer la zone de productivité végétale maximale (ou l'emplacement du haut fond) selon une ligne orientée N30° passant par *Ste-Fontaine* et *St-Charles* (texte-fig. 2, F, I).

b.- Assise de la Houve :

1 - Zone de Forbach

La zone de Forbach (stérile de Geisheck + faisceau de Petite-Rosselle) est représentée par une épaisseur de dépôts variant de 150 m à *Frankenholz*, à 400 m à *Steinbach* et 750 m à *Ste-Fontaine* (texte-fig. 2, A). La sédimentation est donc toujours nettement plus importante dans la partie occidentale du bassin beaucoup plus subsidente. Mais on constate que la zone d'activité végétale mise en évidence pour la période précédente se déplace.

- Ainsi les dépôts correspondant au stérile de Geisheck (texte-fig. 2, C) sont entièrement stériles au niveau des sièges de *Wendel* et de *Ste-Fontaine* et atteignent des épaisseurs respectives de 230 et 500 m. Ils sont par contre légèrement productifs aux sièges de *Merlebach* et de *Simon* où le charbon a pu être exploité sur des épaisseurs cumulées de 7 à 14 m. La zone de productivité végétale maximale s'est donc déplacée vers l'Est (texte-fig. 2, F, II) et coïncide approximativement avec une ligne passant par *Merlebach* et *Simon*. Au NW de cette ligne, la sédimentation terrigène est devenue plus intense en particulier au niveau de *Ste-Fontaine*.



Texte-fig. 2 - Variations d'épaisseurs des fractions détritiques (A) et carbonées (B-E) dans la série west-phalienne au sein du bassin houiller sarro-lorrain (d'après Pruvost, 1934 et Donsimoni, 1981) et positions successives de la zone de productivité végétale maximale.

- Les phénomènes s'intensifient pendant le dépôt du faisceau de Petite-Rosselle. L'emplacement de la structure synsédimentaire se déplace très légèrement et semble se centrer sur les sièges de *Wendel* et *Simon*. L'activité végétale est tellement intense que toute cette partie du bassin est affectée de dépôts carbonés. Le nombre des couches de charbon et leurs épaisseurs cumulées diminuent toujours néanmoins en allant vers le NE et le SW du bassin (vers *Ste-Fontaine* et *Folschviller*).

2 - Zone de St-Avold

La zone de St-Avold n'est pas du tout représentée à l'extrémité orientale du bassin, en particulier à *Frankenholz*, mais elle atteint déjà 250 m à *Wiebelskirchen* et 500 m à *Itzenplitz*. Un phénomène d'émergence s'amorce donc au NE ; il va d'abord intéresser toute la bordure SW-NE du bassin et gagner progressivement son centre.

- La texte-fig. 2, D montre que c'est pendant la période correspondant au faisceau de *Laudrefang* que la sédimentation phytogène atteint son paroxysme puisqu'à *Merlebach* le charbon représente une épaisseur de 50,40 m. L'importance relative des dépôts carbonés aux différents sièges retenus permet de situer l'emplacement du haut fond selon une ligne de direction N40-45° passant par *Folschviller*, *Merlebach*, *Simon* et *Wendel* (texte-fig. 2, F, III). Plus on s'éloigne vers le NW de cette ligne, plus les niveaux correspondants sont pauvres en charbon (*Faulquemont* : 15 m ; *Ste-Fontaine* : 11 m ; *la Houve* : 2,20 m).

- A la fin de cette période une rupture très importante se produit dans la nature de la sédimentation : toute la bordure sud du bassin est envahie de dépôts détritiques grossiers qui entraînent la destruction presque totale de la barrière végétale que constituait la forêt bordière installée dans cette région = conglomérat de *Tritteling*. Les dépôts phytogènes s'interrompent ou se ralentissent très fortement : *Wendel* = 3,40 m de charbon ; *Merlebach* : 3,20 m ; *Folschviller* : 8,30 m ; *Faulquemont* : 6,10 m). Plus au Nord, aux environs du siège de *la Houve*, les détritiques grossiers sont moins abondants et remplacés par des faciès pélitiques (texte-fig. 2, E).

Cette répartition des dépôts se maintient pendant presque toute la totalité du faisceau de *Steinbesch* mais à la fin de celui-ci une sédimentation végétale active s'installe à l'emplacement des sièges de *la Houve* et de *Vernejoul* = veines Marie, Albert, Henri, Théodore (texte-fig. 2, E).

L'émergence qui s'était amorcée à l'extrémité orientale du bassin a gagné d'Est en Ouest pour intéresser toute la bordure SE (sièges de *Simon*, *Wendel*, *Merlebach*). Du même coup, l'épaisseur de la tranche d'eau située au niveau des sièges de *la Houve-Vernejoul* se trouve réduite et une nouvelle zone de végétation peut se développer (texte-fig. 2, F, IV).

C'est dans la partie la plus occidentale du bassin que le faisceau de *Steinbesch* est le plus complet et les épaisseurs cumulées de charbon témoignent de cette modification de paléogéographie : *Folschviller* : 4,40 m ; *Faulquemont* : 11 à 25 m ; *la Houve* : 6,50 m ; *Vernejoul* : 10-14 m).

Deux hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer cette émergence entre lesquelles nos connaissances actuelles ne permettent pas de trancher. Il pourrait s'agir :

- d'un vaste mouvement épigénétique pendant le Westphalien D supérieur, amorcé par l'apparition d'une structure synsédimentaire au sein du bassin lacustre et s'amplifiant au point de provoquer l'émergence de la région correspondante. Ce mouvement épigénétique pourrait être plus ou moins contemporain des mouvements qui ont affecté les sédiments de la cordillère cantabrique et que R.H. Wagner a défini sous la désignation de phase léonienne*.

* R.H. Wagner a démontré que l'âge post-Westphalien-anté-Stéphanien attribué traditionnellement à la phase asturienne (dénommée par Stille, 1922 sur les données de Barrois, 1882 dans les Asturies) est trop imprécis.

Dans sa définition originelle, cette phase correspondait aux mouvements orogéniques ayant affecté les dépôts de l'assise de Sama, antérieurs à ceux de l'assise de Tineo (Asturies). Les déterminations paléobotaniques de l'époque (Zeiller) avaient permis d'attribuer à ces deux assises des âges respectivement Westphalien et Stéphanien. La révision du matériel paléobotanique a montré qu'il existe en fait une lacune très importante entre ces deux assises dont les âges réels (R.H. Wagner, 1965) sont Westphalien C + une grande partie du Westphalien D d'une part et Stéphanien C inférieur d'autre part. La phase asturienne ne pouvait donc être datée précisément à partir de ces seules données.

- ou selon Donsimoni d'un réajustement dû à une subsidence différentielle entre les deux extrémités du bassin : la partie occidentale plus profonde et plus subsidente ayant reçu pendant la seconde partie du Westphalien une quantité de sédiments beaucoup plus importante voit le phénomène de subsidence s'accélérer, alors que la partie orientale s'enfoncé beaucoup moins rapidement ; le déséquilibre entre les deux zones s'amplifie et la plus "légère" finit par émerger.

Cette période d'émergence semble avoir été beaucoup plus importante qu'on ne l'imaginait autrefois et a dû intéresser plus ou moins la totalité du bassin. La lacune stratigraphique qui lui correspond rend difficile la recherche de la limite Westphalien-Stéphanien et pose le problème de l'âge des niveaux inférieurs du Stéphanien en Sarre-Lorraine.

5) LIMITE WESTPHALIEN-STEPHANIEN.

En Sarre-Lorraine le Stéphanien débute par un niveau conglomératique plus ou moins puissant = conglomérat de Holz. L'ensemble des dépôts d'âge Stéphanien est divisé en trois assises : assise de Sarrelouis, de Potzberg et de Breitenbach, que l'on attribuait respectivement au Stéphanien A, B, C de manière un peu traditionnelle. Depuis les choses ont beaucoup évolué.

L'existence d'une lacune stratigraphique au niveau du Westphalien fut mise en évidence par Pruvost (1934) dans la partie orientale du bassin, là où le conglomérat de Holz est transgressif et discordant sur des terrains de plus en plus anciens en allant vers l'Est. Dans la partie occidentale, et plus particulièrement dans le secteur de *La Houve*, il était plus difficile de la mettre en évidence. Jusqu'en 1971, Alpern et al. considéraient qu'il y avait continuité dans cette partie du bassin entre niveaux westphaliens et stéphanien. Les études sédimentologiques et paléontologiques (bilans floristiques et faune limnique) ont permis de démontrer qu'une lacune importante existe aussi dans ce secteur mais les données dont on dispose sont insuffisantes pour en déterminer l'ampleur.

a.- Données de la sédimentologie :

Kneuper (1971) et Weingardt (1971) ont montré que l'alimentation en sédiments détritiques du bassin lacustre sarro-lorrain s'était faite respectivement par le Sud puis par le Nord pendant le Westphalien et le Stéphanien. Ces études permettent de reconnaître les sédiments stéphanien au sein des séries apparemment continues quand le conglomérat de Holz est mal représenté ou d'épaisseur presque nulle. C'est ainsi par exemple que Bouroz et al. (1971) ont pu assimiler le conglomérat de Holz aux conglomérats fins à galets rencontrés dans les sondages de *La Houve 1* et *La Houve 2* à des profondeurs respectives de 320 et 357 m.

b.- Données de la paléobotanique :

Les bilans floristiques font apparaître entre le faisceau de Steinbesch, terme ultime du Westphalien D et les niveaux inférieurs du Stéphanien, un "hiatus pa-

Les travaux de R.H. Wagner dans la région de Barruelo avaient permis de montrer que cette phase était intrastéphanienne et se situait à la fin de Stéphanien A ou au début du Stéphanien B. Dans une étude plus récente, R.H. Wagner lui attribue un âge intra-Stéphanien A.

En outre, R.H. Wagner a démontré qu'une phase tectonique a bien eu lieu vers la fin du Westphalien, dans le NE du Leon à laquelle il a donné le nom de phase léonienne, intra-Westphalien D. Et l'auteur considère qu'une des manifestations de cette phase dans le bassin sarro-lorrain serait l'abondance de conglomérats dans le faisceau de Steinbesch (1966).

Les formations conglomératiques étant présentes dans toute l'épaisseur du Westphalien supérieur de ce bassin et celles du faisceau de Steinbesch n'ayant rien de particulier, on pourrait aussi considérer que la phase léonienne ait été responsable de la cessation de la sédimentation dans le bassin sarro-lorrain. Une des conséquences des mouvements ayant permis de définir la phase asturienne dans la cordillère cantabrique pourrait être dans le bassin sarro-lorrain la reprise de la sédimentation avec le niveau conglomératique de Holz. La lacune stratigraphique correspondante serait alors équivalente au Cantabrien (v. p.14) et à une bonne partie du Stéphanien A.

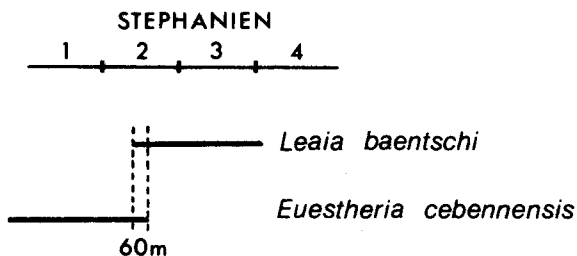
léobotanique" (Vetter, 1972, fig. 3) très important correspondant à la disparition de 59 espèces westphaliennes et à l'apparition de 33 * espèces stéphaniennes (Bouroz et al., 1971). Et à moins d'évoquer une "révolution écologique" "qui ne semble pas avoir sa place dans l'histoire géologique des unités stratigraphiques" considérées, on doit admettre que ces changements floristiques ont dû nécessiter un laps de temps non négligeable.

On peut donc se demander avec Greber (1965) dans quelle mesure la discordance du conglomérat de Holz ne correspond pas à une lacune des niveaux inférieurs du Stéphanien (ou même des niveaux supérieurs du Westphalien), le niveau conglomératique ne représenterait plus la base du Stéphanien et il faudrait rechercher cette dernière dans une autre région, dans des terrains correspondant à la zone du "hiatus paléobotanique".

Cette hypothèse serait d'autant plus probable d'après Greber que les plantes récoltées dans l'assise de Sarrelouis seraient en principe plus fréquentes dans les niveaux du Stéphanien moyen : *Alethopteris grandinii* Zeiller non Brongniart (= *Alethopteris zeilleri* Ragot) ; *Walchia imbricata* Schimper ; *Sphenophyllum oblongifolium* Germar et Kaulfuss ; *Callipteridium gigas* (Gutbier) ; *Pecopteris feminaeformis* Schlotheim (= *Nemejcopteris feminaeformis* (Schlotheim)). Cela signifierait que l'Assise de Sarrelouis ne correspond pas rigoureusement au Stéphanien A du Massif Central (Greber, 1965, p. 175) mais représenterait des niveaux plus élevés dont les équivalents dans les bassins du Centre de la France se situent au sommet du Stéphanien A ou mieux à la base du Stéphanien B. C'est ce que semble confirmer d'après Bourouz (1970) les données de la paléontologie.

c.- Données de la paléontologie animale :

Si on se réfère à ce qui se passe dans le bassin des Cévennes (Bouroz, 1970), on voit que les répartitions de *Leaia baentschi* Beyrich et *Euestheria cebennensis* Grand'Eury, deux phyllopoques lacustres, se recouvrent sur 60 m environ de la zone 2 du Stéphanien de cette région. Cette zone de coexistence des deux espèces se retrouve dans le Stéphanien inférieur du Dauphiné et semble donc posséder une valeur stratigraphique interrégionale certaine. Or si dans le bassin sarro-lorrain *Leaia baentschi* est connu dans plusieurs niveaux des zones de Götterborn et de Dilsburg, *Euestheria cebennensis* est totalement absent. Il semble donc que les niveaux inférieurs du Stéphanien de Lorraine correspondent tout au plus aux zones 2 et 3 du bassin des Cévennes et les faunes limniques confirment l'existence d'une lacune stratigraphique au moins équivalente à la totalité de la zone 1 et aux 2/3 de la zone 2 du Stéphanien des Cévennes.



d.- Problème du Cantabrien :

L'existence de cette lacune est à l'origine de la création par R.H. Wagner de l'étage Cantabrien, proposé à la Sous-Commission Internationale de Stratigraphie du Carbonifère à Sheffield en 1965 et accepté par cette Sous-Commission à Krefeld en 1971. Le Cantabrien, défini à partir de séquences affleurant dans la partie Nord de la province de Palencia, est constitué de couches plus jeunes que le Westphalien D (qu'elles suivent plus ou moins en continuité) et plus anciennes que le Stéphanien A du bassin de Saint-Etienne. Comme son contenu floristique présente des affinités stéphaniennes certaines et qu'une partie du Cantabrien a été reconnue dans les couches du Stéphanien inférieur des Cévennes (Bouroz et al., 1970), plusieurs auteurs dont Bourouz (1971) ont attribué ce nouvel étage au Stéphanien, la décision en ayant été d'ailleurs prise en 1971 lors de la réunion de la Sous-Commission Internationale de Stratigraphie du Carbonifère à Krefeld.

Il ne m'appartient pas de discuter ici de la notion de Cantabrien ni de sa valeur chronostratigraphique qui font encore l'objet de controverses. Je retiendrai simplement qu'il existe dans le NW de l'Espagne une série plus ou moins continue semble-t-il, très épaisse, dont on ne connaît pas actuellement d'équivalent en Sarre-Lorraine et à laquelle pourrait correspondre en partie l'importante lacune stratigraphique mise en évidence dans ce bassin.

* Ces nombres mériteraient d'être corrigés car beaucoup d'espèces auxquelles il est fait allusion sont synonymes.

Il est vraisemblable que l'émersion progradante amorcée à la fin du dépôt de la zone de Forbach dans la partie NE du bassin s'est propagée jusque dans la partie occidentale, peut-être bien après le dépôt des puissantes veines du sommet du faisceau de Steinbesch. On pourrait envisager qu'il existe en profondeur des sédiments plus récents que le Westphalien D que le champ d'exploitation des H.B.L. n'aurait pas encore atteints ? Leur découverte serait capitale pour tenter de résoudre le problème de la limite et de l'âge des niveaux inférieurs du Stéphanien de Sarre-Lorraine et de la corrélation avec le Cantabrien.

6) CONCLUSIONS.

Le remplissage du bassin lacustre sarro-lorrain s'est donc poursuivi de façon continue pendant tout le Westphalien. Dans le même temps s'est développée dans sa partie Sud une structure synsédimentaire fonctionnant comme un haut fond permettant l'installation d'une vie végétale active à l'origine d'une sédimentation phytogène très abondante. Vers la fin du Westphalien cette structure émerge provoquant l'arrêt momentané de la sédimentation dans la région exondée et le rejet vers le NW des dépôts phytogènes.

Après cette période d'émersion, la subsidence reprend et affecte la presque totalité du bassin. Les sédiments stéphanien se déposent à l'emplacement de l'ancien seuil, selon un régime de lac plus profond, sur une épaisseur de plus de 1500 m ; ils ne seront suivis de dépôts permien que dans la partie sarroise du bassin.

Enfin, l'ensemble des sédiments seront pris dans la dernière phase compressive de l'orogénèse hercynienne pour former un vaste anticlinorium orienté NW-SE.

III - TECTONIQUE

1) SCHEMA STRUCTURAL D'ENSEMBLE DU BASSIN.

Le schéma structural de la texte-fig. 3 montre que l'anticlinorium sarro-lorrain est en fait constitué dans la partie actuellement exploitée de deux plis anticlinaux parallèles dirigés NE-SW :

- l'anticlinal de Merlebach,
- l'anticlinal de Sarrebruck-Simon.

Un troisième anticlinal a été mis en évidence mais est encore relativement mal connu : l'anticlinal d'Alsting.

Il s'agit de plis fortement dissymétriques, déversés ou chevauchants qui culminent puis s'envoient, se relayant d'W en E. La croupe de Boucheperne que Pruvost décrivait comme un anticlinal correspond en fait à un axe de fracturation qui n'a pas encore été très bien étudié. C'est pourquoi il est encore représenté comme un axe anticlinal sur le schéma structural.

Vers l'extrémité SW du bassin, texte-fig. 6, plusieurs axes anticlinaux ont été reconnus par les profils sismiques. Il s'agit de :

- l'anticlinal de Pont-à-Mousson déjà partiellement exploré,
- l'anticlinal de Bouxières,
- l'anticlinal de Jaillon,
- la zone haute de Raulecourt,
- l'anticlinal de Morhange qui pourrait représenter un prolongement de l'anticlinal d'Alsting.

On remarquera que ces plis ou bombements se trouvent rarement dans le prolongement l'un de l'autre et qu'ils sont décalés par de grandes failles transverses de direction NW-SE. Le gisement est en effet haché de très nombreuses fractures de directions et de rejets variés dont les plus importantes contribuent à la délimitation des zones d'exploitation. Certaines d'entre elles n'ont pu être décelées que par les études gravimétriques ou magnétiques. Sur les schémas structuraux, texte-fig. 3 et 6, des figurés différents ont été utilisés pour les distinguer et des numéros signalent qu'elles appartiennent à plusieurs phases successives de fracturation évoquées dans un prochain chapitre.

2) PHASE DE COMPRESSION SAALIENNE.

La phase saalienne correspond à une phase de compression NW-SE qui a provoqué la formation des principaux axes structuraux de la région et des grandes failles transverses de direction E-W et NW-SE qui les décalent. La texte-fig. 4 présente quelques coupes effectuées au travers des anticlinaux de Sarrebruck et de Merlebach destinées à illustrer le style tectonique de la région.

a.- Tectonique plovante :

1 - L'anticlinal de Sarrebruck et son prolongement l'anticlinal de Simon

Cet axe structural est peut être le mieux connu actuellement car il fut le siège des premières exploitations établies en Sarre-Lorraine. Il s'étend sur une longueur de près de 50 km et s'ennoe rapidement aussi bien au NE qu'au SW au niveau des sièges de *Frankenholz* et de *Cocheren*.

Les dessins de la texte-fig. 4 repris de Pruvost (1934) montrent qu'il s'agit d'un pli dissymétrique dont l'allure évolue vers le NE : il se déverse progressivement pour passer à un pli faille dont le flanc inverse peut disparaître localement. L'accident cisailant connu sous le nom de Grande Faille du Sud présente un rejet de 2 km dans la région de *Bexbach*.

Au SW le pli symétrique simple s'évase en même temps qu'il s'ennoe et les penchages des flancs SE et NW passent respectivement de 90 à 35° et de 40 à 23° de la frontière au siège de *Cocheren*.

2 - L'anticlinal de Merlebach

Il s'agit d'un pli dissymétrique (texte-fig. 4) dont le flanc SE est plus penté que le flanc NW. Cette dissymétrie s'accroît dans le sens NE-SW pour atteindre un maximum à la hauteur de Merlebach = le flanc SE est alors redressé à la verticale, et même localement déversé, alors que le flanc NW n'est incliné que de 25 à 35°.

Ces déformations parfois cisailantes ont été accompagnées d'une fracturation très importante.

b.- Tectonique cassante :

Plusieurs grandes failles transverses (texte-fig. 3, n° 1) découpent chacun des deux principaux axes structuraux du bassin. Ce sont du NE au SW les failles de Kohlwald, de Jägersfreude, de la Sarre, de Geislautern, de Vuillemin-Wendel, de St-Nicolas et de Longeville.

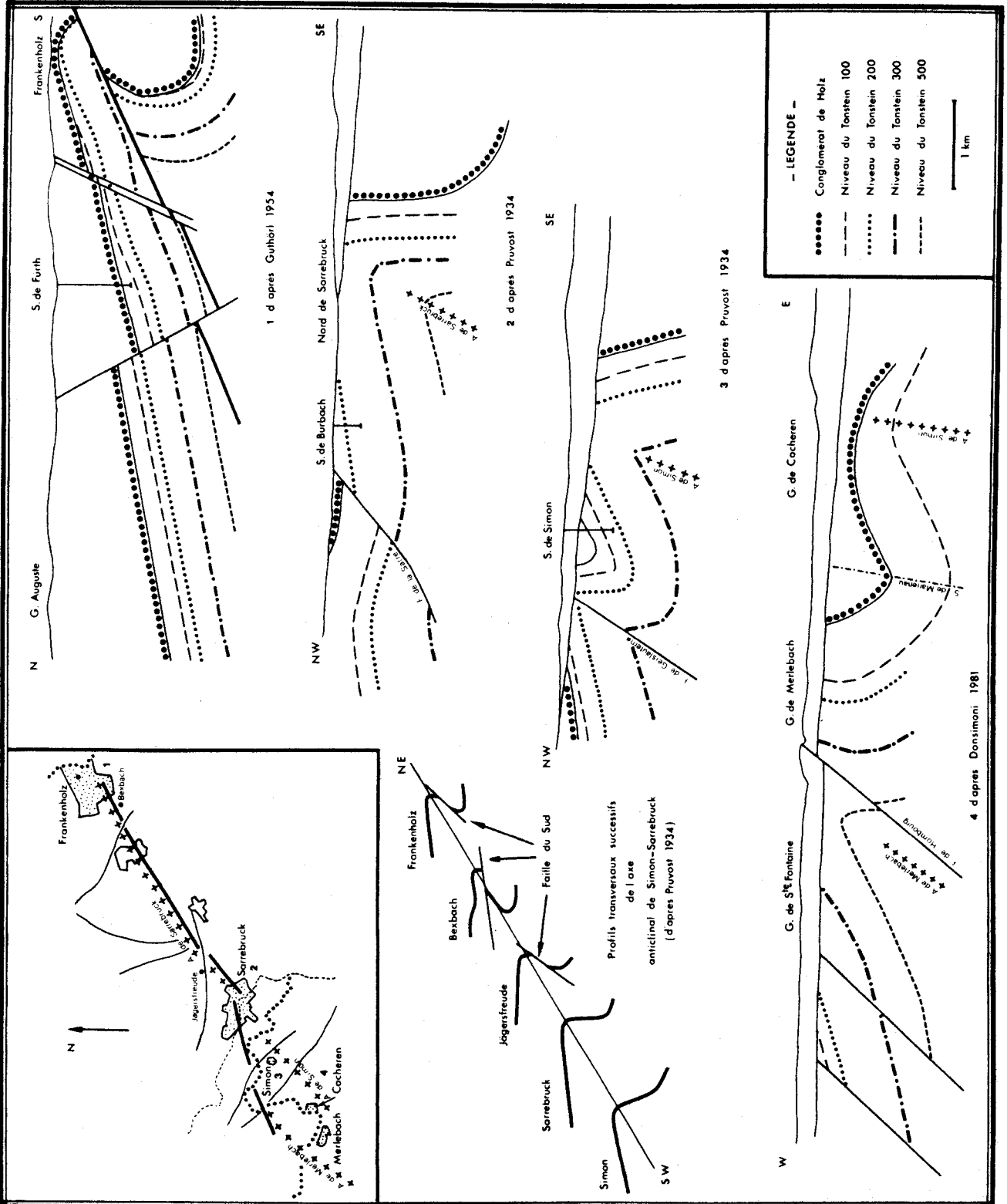
Dans le prolongement SW du bassin (texte-fig. 6) les failles de la Delme, de Domèvre et de Royaumeix appartiennent vraisemblablement à la même génération.

Avant de fonctionner en failles normales (directes) ces failles ont joué en décrochements dextres ou senestres à la suite d'une compression NW-SE à N.NW-S.SE identique à celle responsable des plis et des failles inverses. Une preuve de la simultanéité des deux phénomènes est donnée par la faille de Longeville. Le coulissage dextre de cette faille a provoqué dans l'anticlinal de Merlebach un raccourcissement plus intense au Nord de la faille qu'au Sud dans la fermeture périclinale de Folschviller-Faulquemont. La plupart de ces grandes failles ont rejoué lors des phases de distension suivantes, dès le Permien.

3) PHASES DE DISTENSION POST-SAALIENNES.

a.- La distension NS ante- à syn-saxonienne :

Une première distension NS se produit avant le dépôt du Saxonien. Elle est à l'origine des failles de Derviller, St-Eloi, Ste-Monique, du Grand dérangement du siège 1 (texte-fig. 3, n° 2) dont les rejets varient de 100 à 500 m.



Texte-fig. 4 - Style tectonique de la phase de compression saalienne : anticlinaux de Simon-Sarrebruck et de Merlebach (d'après Guthörl, 1954 ; Puvost, 1934 et Donsimoni, 1981).

Ces mouvements se poursuivent pendant le Saxonien provoquant un épaississement anormal des terrains correspondant à cet étage au toit de certaines failles les affectant. C'est le cas des failles de Longeville et de St-Nicolas qui ont donc rejoué et de la faille de la Chapelle.

On associe à cette phase de distension le volcanisme permien observé sur la bordure Nord du bassin et constitué d'épanchements andésitiques associés à des tufs et des brèches andésitiques (Assise de Sötern).

b.- Distensions mésozoïques :

Deux phases post-triasiques se succèdent :

- une première distension EW provoque le rejeu des anciennes fractures et en fait apparaître de nouvelles (texte-fig. 3, n° 3) dont la faille de Hombourg et celles qui affectent les champs de Falck et de Niedervisse-Boulay à l'Ouest du bassin,
- une deuxième direction NE-SW décale plusieurs failles de la génération précédente (texte-fig. 3, n° 4) et entraîne le rejeu des plus grandes fractures du bassin (failles du Warndt, de St-Nicolas, de Vuillemin-Wendel, du Grand dérangement du siège 2 de la Houve).

c.- Phases cénozoïques :

Il est vraisemblable que les trois phases de déformation qui ont affecté le Dogger lorrain (Steiner, 1980) ont dû se répercuter sur les terrains houillers. Et Donsimoni (1981, p. 40) suggère qu'elles sont à l'origine :

- du jeu normal des failles NS et NE-SW de la première génération post-triasique (texte-fig. 3, n° 3) et
- du rejeu en failles inverses des grandes fractures de Longeville et Vuillemin-Wendel.

Toutes ces phases successives de fracturation ont débité le bassin sarro-lorrain en de nombreux compartiments dont la plupart ont été le siège d'une exploitation active.

IV - CHAMPS D'EXPLOITATION DU BASSIN SARRO-LORRAIN

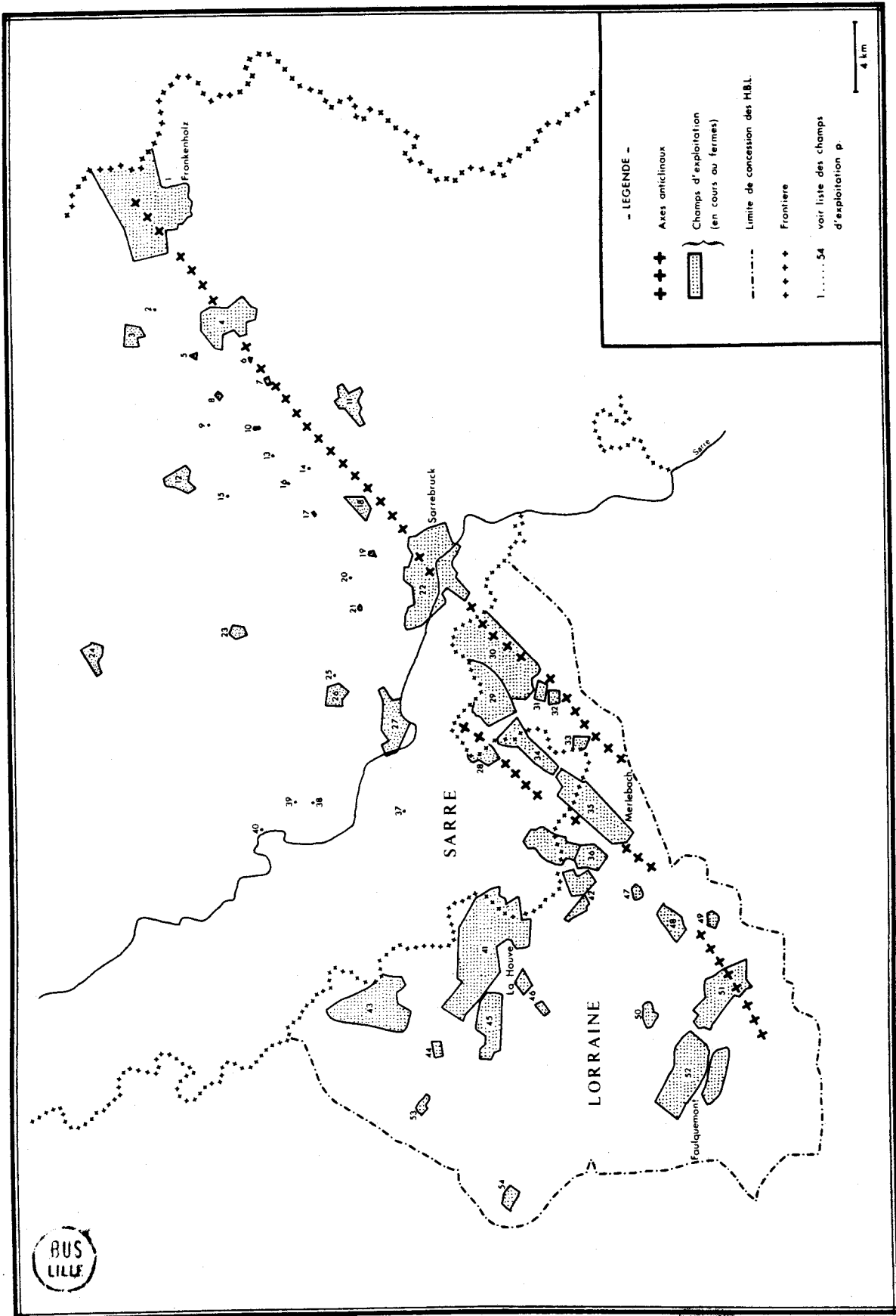
La texte-fig. 5 situe les différents sièges actuellement ou anciennement exploités dans l'ensemble du bassin. Le lecteur pourra s'y reporter pour localiser les lieux de récolte des échantillons décrits dans la partie paléobotanique de ce travail. On retrouvera p. 453 une liste des sondages cités dans le texte et des champs d'exploitation auxquels ils appartiennent. Cinq sièges d'exploitation fournissent l'essentiel du charbon lorrain : sièges de *la Houve*, de *Merlebach*, de *Ste-Fontaine*, de *Simon* et de *Wendel*. L'exploitation se fait dans des conditions de gisements très variées et à une profondeur moyenne de 800 m.

V - PROLONGEMENTS DU BASSIN

1) DONNEES DES SONDAGES ANCIENS.

Devant le succès remporté lors du premier sondage d'exploration effectué à *Eply* en 1903, deux campagnes de reconnaissance successives furent entreprises jusqu'en 1923 en particulier dans la région de Pont-à-Mousson et dans celle de Gironcourt-Mont-sur-Meurthe. Trente années plus tard, les compagnies pétrolières lancèrent plusieurs phases de recherches très importantes qui devaient fournir de précieux renseignements (cf. sondage de *Gironville 101* évoqué p. 8).

Au total, 110 sondages houillers et pétroliers ont été effectués dans cette région. Malheureusement la plupart d'entre eux ne fournissent que très peu d'indications sur la lithologie des terrains traversés et l'importance des veines de houille car les techniques de forage étaient encore insuffisantes. Seuls les travaux paléobotaniques de Zeiller concernant quelques sondages de la région de Pont-à-Mousson apportaient des renseignements stratigraphiques assez précis. En fait ces sondages pétroliers permettaient surtout de situer le toit du houiller.



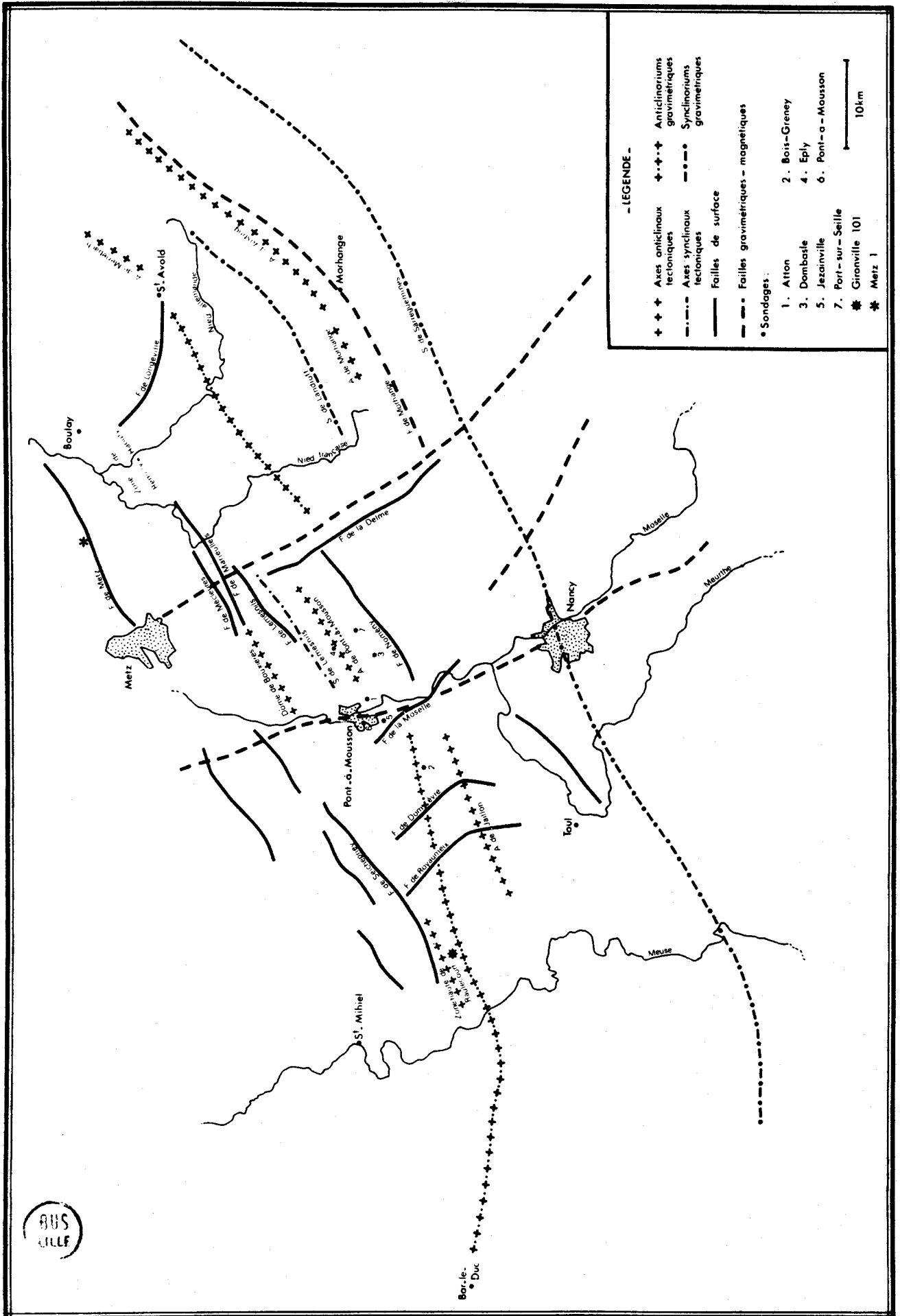
Texte-fig. 5 - Situation des principaux champs d'exploitation du bassin houiller sarro-lorrain. Le nombre affecté à chaque siège permet d'en retrouver l'intitulé dans la liste ci-contre.

LISTE DES PRINCIPAUX CHAMPS D'EXPLOITATION DU BASSIN SARRO-LORRAIN

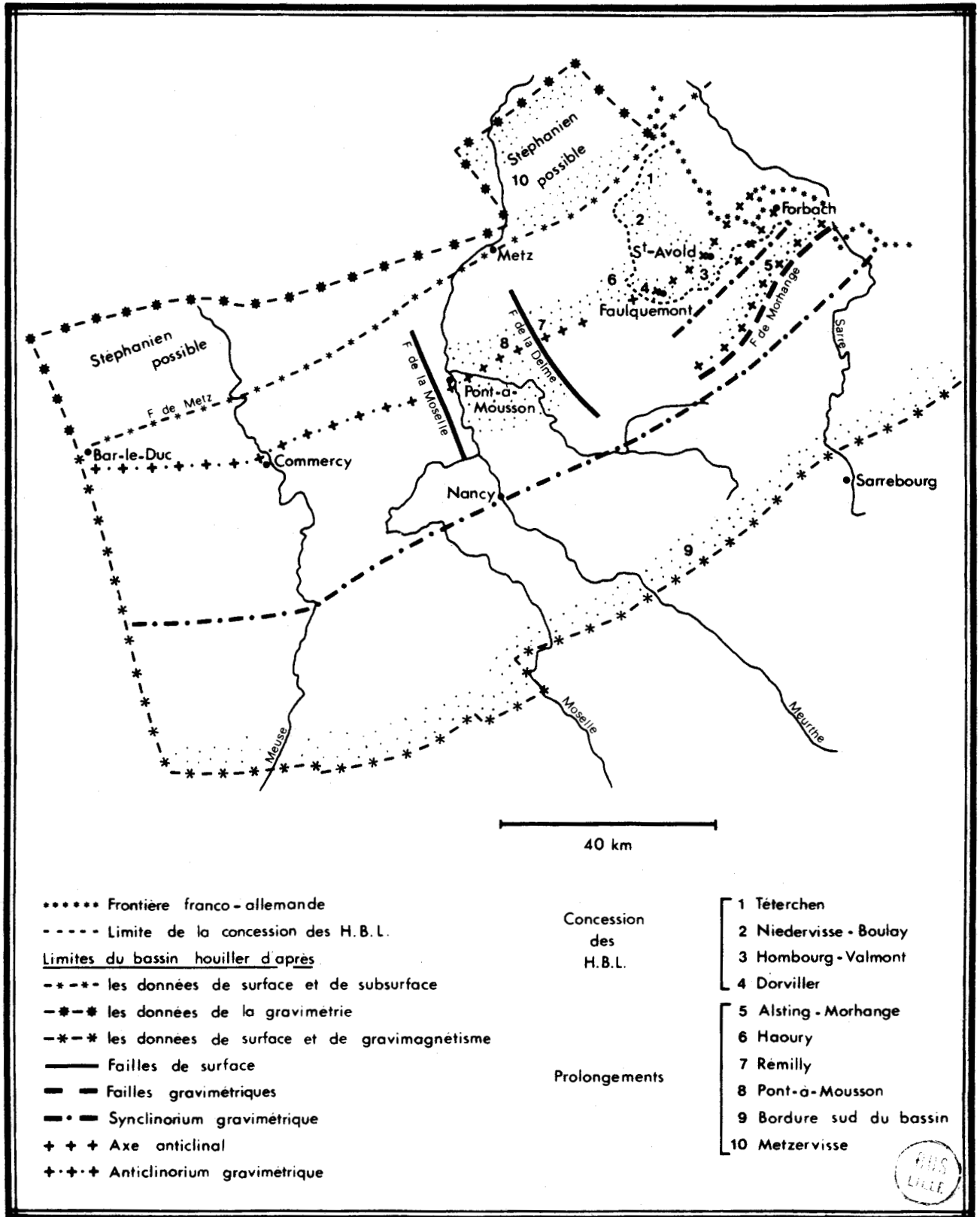
Les numéros vont croissant de l'extrémité NE du bassin à l'extrémité SW.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| 1. Frankenholtz | 28 Velsen |
| 2 Wiebelskirchen | 29 Gargan-Wendel |
| 3 Ottweiler | 30 Simon |
| 4 Neunkirchen | 31 Forbach |
| 5 Kohlwald | 32 Marienau |
| 6 Dechen | 33 Cocheren |
| 7 Heinitz | 34 St-Charles-Vuillemin |
| 8 Reden | 35 Cuvelette-Merlebach |
| 9 Itzenplitz | 36 Ste-Fontaine |
| 10 Friedrichstahl-Hélène | 37 Hostenbach |
| 11 St-Ingbert | 38 Griesborn |
| 12 Illingen | 39 Ensdorf |
| 13 Maybach | 40 Duhamel |
| 14 Mellin | 41 La Houve |
| 15 Göttelborn | 42 Carling-L'Hôpital |
| 16 Brefeld | 43 Falck |
| 17 Camphausen | 44 Hargarten |
| 18 Dudweiler | 45 La Houve-Sud |
| 19 Jägersfreude | 46 Niedervisse |
| 20 Steinbach | 47 Valmont |
| 21 Amelung | 48 St-Avold |
| 22 Von der Heydt - Sarrebruck | 49 Hombourg |
| 23 Heusweiler | 50 Longeville |
| 24 Lebach | 51 Folschviller |
| 25 Viktoria | 52 Faulquemont |
| 26 Tritteling | 53 Téterchen |
| 27 Völklingen | 54 Boulay |





Texte-fig. 6 - Schéma structural du prolongement SW du bassin sarro-lorrain (d'après Dousimoni, 1981).



Texte-fig. 7 - Limites probables d'extension du bassin houiller sarro-lorrain. Les zones intéressantes à exploiter sont signalées par un pointillé (d'après Donsimoni, 1981).

Quelques uns des sondages pétroliers ayant touché le socle directement sous les terrains mésozoïques ont toutefois permis de localiser les limites du bassin.

2) DONNEES DE LA GEOPHYSIQUE.

Les récentes campagnes d'études gravimétriques, de magnétisme et de sismique réflexion menées par le B.R.G.M., la C.G.G., la S.A.R.M. et la P.R.E.P.A. * ont permis de définir les principaux axes structuraux du prolongement SW du bassin (texte-fig. 6) et d'en préciser approximativement les limites (texte-fig. 7).

3) RESULTATS - PERSPECTIVES D'EXPLOITATION.

Donsimoni ayant fourni un gros travail de synthèse sur cette région à partir de la révision des anciens sondages et des résultats des études de géophysique, je ne reprendrai ici que l'essentiel de ses conclusions, renvoyant le lecteur à son ouvrage pour plus de précisions.

- Il ressort de ces diverses études qu'un certain nombre de zones méritent de retenir l'attention compte tenu du potentiel charbonnier qu'elles représentent. Il s'agit du NE au SW :

. de l'anticlinal d'Alsting qui mettrait en contact direct les terrains permo-triasiques et l'ensemble de la série houillère comme les anticlinaux de Merlebach et de Simon-Sarrebruck,

. de la zone d'Haoury-Remilly, située au NW de Faulquemont, où les profils sismiques laissent supposer l'existence du Westphalien D directement sous le Permo-Trias ou le Permien,

. de la zone de Pont-à-Mousson reconnue très tôt et qui se prêterait à une exploitation traditionnelle compte tenu de la faible profondeur relative du toit du houiller (800 m), ses réserves étant évaluées à quelques centaines de millions de tonnes.

- Les limites d'extension du terrain houiller sous la couverture permienne et mésozoïque sont maintenant à peu près bien connues. Vers le Nord cependant se pose le problème de l'existence éventuelle d'un petit bassin houiller annexe (d'âge Stéphanien) dans la région de Metzervisse. Les résultats gravimétriques et un sondage pétrolier (Metz 1, texte-fig. 6) ayant rencontré des dépôts stéphanien sembleraient indiquer la présence de dépôts houillers au-delà de la faille de Metz, considérée jusque là comme la limite septentrionale du bassin.

Il n'en demeure pas moins que les ressources reconnues du bassin restent considérables et que sa seule partie lorraine représente le bassin le plus important de France. Malheureusement les techniques d'exploitation actuelles constituent un facteur limitant et l'essentiel des réserves ne pourront être valorisées que si on parvient à mettre au point les procédés de gazéification.

Quoi qu'il en soit, le regain d'intérêt pour le charbon, justifié par le contexte économique actuel, nécessite que les recherches soient maintenues dans ce domaine. Les récents sondages de reconnaissance destinés à élargir les champs d'exploitation en cours, la réouverture d'anciens sièges et les perspectives d'extension aux prolongements SW du bassin nécessiteront la conjonction de tous les efforts y compris ceux des paléobotanistes.

* B.R.G.M. : Bureau de Recherche Géologique et Minière ; C.G.G. : Compagnie Générale de Géophysique ; S.A.R.M. : Société Aérienne de Recherche Minière ; P.R.E.P.A. : Société de Prospection et d'Exploitation Pétrolière en Alsace.

INTRODUCTION BOTANIQUE

SOMMAIRE

I - LES FOUGERES ACTUELLES ET RECENTES	p. 29
1) <u>GENERALITES : CLASSIFICATION DE BOWER</u>	p. 29
2) <u>PRINCIPAUX THEMES DE RECHERCHE SUR LES FOUGERES ACTUELLES</u>	p. 30
3) <u>EXEMPLE DE CLASSIFICATION ET DE TABLEAU PHYLETIQUE</u>	p. 35
II - LES FOUGERES SPHENOPTERIDIENNES PALEOZOIQUES	p. 36
1) <u>SIGNIFICATION DES TERMES SPHENOPTERIS ET SPHENOPTERIDEES</u>	p. 36
2) <u>NATURE DU MATERIEL</u>	p. 38
3) <u>TECHNIQUES D'ETUDE</u>	p. 38
4) <u>TYPES D'INFORMATIONS FOURNIES PAR LE MATERIEL SARRO-LORRAIN</u>	p. 39
5) <u>HIERARCHIE DES CARACTERES SYSTEMATIQUES RETENUS</u>	p. 39
6) <u>PLACE DES FORMES SPHENOPTERIDIENNES DANS LA CLASSIFICATION DES FOUGERES FOSSILES</u>	p. 40
III - PRESENTATION DE LA PARTIE SYSTEMATIQUE	p. 47
1) <u>ORDRE DE PRESENTATION DES GENRES</u>	p. 47
2) <u>PLAN D'ETUDE D'UN GENRE</u>	p. 48
3) <u>PLAN D'ETUDE D'UNE ESPECE</u>	p. 48
4) <u>TERMINOLOGIE UTILISEE</u>	p. 49

Series 1 : FILICALES LEPTOSPORANGIATAE

Sub-series A. EUFILICINEAE

Family I. *Hymenophyllaceae*

Family II. *Cyatheaceae*

Order 1. *Dicksonieae*

Order 2. *Thyrsopterideae*

Order 3. *Cyatheae*

Family III.

Order 1. *Woodsieae*

Order 2. *Aspidieae*

Order 3. *Oleandreae*

Order 4. *Davallieae*

Order 5. *Asplenieae*

Order 6. *Pterideae*

Order 7. *Vittarieae*

Order 8. *Polypodieae*

Order 9. *Acrosticheae*

Family IV. *Parkeriaceae*

Family V. *Matoniaceae*

Family VI. *Gleicheniaceae*

Family VII. *Schizaeaceae*

Family VIII. *Osmundaceae*

Sub-series B. HYDROPTERIDINEAE

Family IX. *Salviniaceae*

Family X. *Marsiliaceae*

Series 2 : MARATTIALES

Family XI. *Marattiaceae*

Series 3 : OPHIOGLOSSALES

Family XII. *Ophioglossaceae*

Tabl. 3 - Classification des Filicales proposée par Bower, 1923, p. 54.



INTRODUCTION BOTANIQUE

Le présent travail concerne uniquement les formes sphénoptéridiennes fossiles de type Fougère et quelques formes *incertae sedis* dont on a beaucoup de raison de croire qu'elles appartiennent également aux Fougères. Avant d'aborder l'étude approfondie de ces formes anciennes, il convenait de faire le point :

- sur les thèmes de recherche actuellement développés chez les Fougères contemporaines,
- sur les systèmes de classification adoptés,
- sur les phylogénies envisagées,

afin de voir quelles étaient les possibilités de transposition aux formes fossiles.

I - LES FOUGERES ACTUELLES ET RECENTES

1) GENERALITES : CLASSIFICATION DE BOWER.

La classe des *Filicopsida* comporte actuellement environ 300 genres réunissant plus de 9000 espèces de plantes herbacées, arborescentes ou grimpantes. Pourtant la recherche d'une bibliographie les concernant est relativement décevante car peu d'ouvrages de synthèse sont parus depuis la trilogie très importante de Bower (1923, 1926, 1928) traitant de la morphologie, de la classification et de la phylogénie des Fougères.

Dans son travail, Bower subdivise l'ensemble des *Filicopsida* en deux catégories d'après le mode de développement des sporanges. Il distingue :

- les fougères eusporangiées caractérisées par des sporanges massifs, à paroi constituée de plusieurs assises cellulaires, dépourvus d'anneau de déhiscence, résultant des divisions de plusieurs cellules mères et contenant un nombre très important de spores,
- Les fougères leptosporangiées caractérisées par des sporanges de petite taille, à paroi ne comportant qu'une seule assise cellulaire, pourvus d'un anneau, dérivant du fonctionnement d'une seule cellule et contenant un nombre défini de spores.

Les fougères leptosporangiées, de loin les plus nombreuses, sont réunies dans la famille des *Polypodiaceae* ; les fougères eusporangiées ne comportent que peu de taxons et sont rapportées aux *Marattiaceae*. S'adjoignent à ces deux grandes catégories quelques familles faiblement représentées. La classification proposée par Bower est rappelée tabl. 3.

A la fin de la seconde guerre mondiale, un regain d'intérêt pour les Fougères se manifeste avec la parution en 1947 de l'ouvrage de Copeland intitulé "Genera Filicum" et donnant une description détaillée de tous les genres connus de fougères actuelles.

Dès cette époque, les auteurs commencent à rejeter la classification de Bower estimant que l'anneau apical est probablement apparu indépendamment dans divers groupes en tant que caractère adaptatif. La même année, Holttum publie une tentative de reclassification introduisant pour la première fois quelques données phylétiques.

L'abandon progressif de la classification de Bower impliquait la recherche de nouveaux critères de discrimination. Une nouvelle orientation de recherche a été fournie par les travaux de Manton (1950). La mise au point par cet auteur d'une technique cytologique (la squash method) permettant de déterminer le nombre chromosomique des cellules somatiques de nombreux taxons allait mettre en évidence un certain nombre de phylogénies.

Parallèlement, les travaux se sont poursuivis dans de nombreux domaines : structures anatomiques, spores et développement ontogénique, constituants cellulaires. Toutes ces recherches ont donné lieu à un symposium tenu à Amherst (Massachusetts) en Juin 73 et intitulé : "Evolution des caractères systématiques chez les Fougères". J'en présenterai les principaux résultats.

2) PRINCIPAUX THEMES DE RECHERCHE SUR LES FOUGERES ACTUELLES.

a.- Etudes anatomiques :

Depuis les travaux de P. Bertrand (1909-1933) et de Bower (1923, 1926, 1928) nos connaissances sur l'anatomie des fougères actuelles ont relativement peu progressé et on ne dispose d'informations vraiment précises que sur les *Marattiaceae*. Actuellement, les études se concentrent sur l'organisation des stèles, le développement des méristèmes, la structure et l'organisation des frondes, la répartition des stomates et leurs différents modèles. C'est un domaine pour lequel il est possible d'envisager des comparaisons entre formes contemporaines et fossiles. Encore faut-il pour cela que le mode de conservation des échantillons permette l'observation de ces structures, ce qui n'est malheureusement pas le cas pour les formes paléozoïques sarro-lorraines.

b.- Spores :

Ce n'est que depuis un quart de siècle qu'on utilise les spores pour tenter de résoudre les problèmes systématiques posés par les fougères actuelles. Un récent article de W.H. Wagner (1974) présenté au symposium d'Amherst dresse un bilan de l'étude de la structure des spores et de ses apports dans la recherche de lignées phylétiques.

Les spores des fougères actuelles se caractérisent généralement par une structure relativement simple. Monolètes ou trilètes, elles sont souvent lisses ou très finement ornementées. Leur taille varie de 25 à 70 μ .

Jusqu'à ces dernières années, l'intérêt des auteurs s'est porté essentiellement sur la morphologie externe des spores : forme de la marque d'accolement, taille et ornementation. La découverte de plusieurs cas de convergences morphologiques a rendu nécessaire la recherche d'autres critères et les études s'orientent actuellement vers une meilleure connaissance de l'ultrastructure de la paroi, du contenu cytoplasmique des spores et de leur nombre chromosomique. Mais ces recherches nécessitent un matériel sophistiqué et sont d'accès difficile. Les caractères morphologiques externes restent donc, aux dires mêmes des auteurs récents, les critères de base de l'identification des types de spores. Retenons qu'ils souffrent néanmoins quelques insuffisances.

1 - Nature de la marque d'accolement

Pendant longtemps, les auteurs ont considéré que les spores de type trilète étaient les plus primitives et que le type de spores était fixe pour chaque genre. Mais de nombreux intermédiaires résultant de phénomènes d'hybridisme ou d'apogamie ont pu être mis en évidence. Par exemple, les genres *Botrychium*, *Adiantum*, *Ophioglossum* des îles Hawaï dont les spores sont en principe trilètes fournissent occasionnellement des spores monolètes en proportions très variables. A l'inverse, il n'est pas rare de récolter des spores trilètes chez les *Marattiaceae* qui produisent généralement des spores monolètes. Il semble donc que le type monolète soit apparu parallèlement dans divers groupes de fougères : *Cyatheaceae* - *Gleicheniaceae* - *Vittarioideae*.

Il apparaît que le contexte écologique peut aussi intervenir dans la répartition des deux types de spores. Des études statistiques récentes de W.H. Wagner (1961) et d'Ito (1972) consacrées aux fougères de l'Est de l'Asie et de l'Océanie ont montré qu'il existe une relation étroite entre géographie et types de spores fournis. Les phytogéographes s'accordent à reconnaître que les genres et espèces produisant des spores monolètes semblent concentrés dans les régions froides (hautes latitudes-hautes altitudes), les formes fournissant des spores trilètes dans les régions plus chaudes (W.H. Wagner, 1974, p. 344).

Dans le même ordre d'idées, W.H. Wagner (p. 346) constate qu'au sein de la sous-famille des *Vittarioideae*, les genres des forêts sèches produisent des spores trilètes, alors que ceux des forêts humides fournissent des spores monolètes.

Par conséquent, la forme de la marque d'accolement apparaît dans la plupart des cas caractéristique au niveau du genre mais ne peut servir d'élément de filiation à des niveaux systématiques plus élevés.

2 - Variations de taille

Les études chromosomiques dont je reparlerai plus loin ont mis en évidence de très nombreux cas de polyploïdie dans la majorité des familles et des sous-familles, phénomène qui s'accompagne d'une augmentation de taille considérable. L'exemple le plus spectaculaire est celui du genre *Ophioglossum* dont le nombre de chromosomes peut atteindre 1200 chez certains polyploïdes alors que le nombre de base n'est que de 120.

Certains facteurs écologiques semblent aussi être responsables de variations de taille non négligeables. Une étude de Carlquist (1966) portant sur plusieurs taxons appartenant à des sous-familles très différentes (*Schizaeoideae*, *Hymenophylloideae*, *Adiantoideae*, *Blechnoideae*) et se développant dans les hautes forêts humides des îles Havaï a révélé une nette tendance de toutes ces espèces à fournir des spores anormalement grandes. L'augmentation de taille est interprétée comme une réponse adaptative aux conditions écologiques exceptionnelles humides de ces îles. Les mêmes taxons présents dans les régions avoisinantes plus sèches et plus basses ne montrent pas cette anomalie.

3 - Variations d'ornementation

Les récents travaux sur l'ultrastructure de la paroi des spores ont mis en évidence chez certaines sous-familles (*Dryopterioideae*, *Blechnoideae*, *Asplenioideae*) l'existence d'une périspore. Celle-ci n'apparaît que lorsque la spore a atteint sa taille maximale et l'exospore achevé son développement ; elle donne aux spores un aspect flétri et une couleur brunâtre et masque en partie les microstructures de l'exospore qui constituent l'ornementation.

Une certaine prudence s'impose donc lors des études comparatives et il convient de s'assurer que les degrés de maturité des spores concernées sont voisins. Car même chez les formes actuelles, les comparaisons ne sont pas toujours très aisées. Chez *Cystopteris fragilis* par exemple, fougère largement répandue à la surface du globe et considérée comme une entité bien définie, on rencontre deux types de spores : l'un avec une périspore typique de *Dryopterioideae*, l'autre présentant une structure épineuse très différente et vraisemblablement dépourvu de périspore (Blasdell, 1963, Hagenah, 1961).

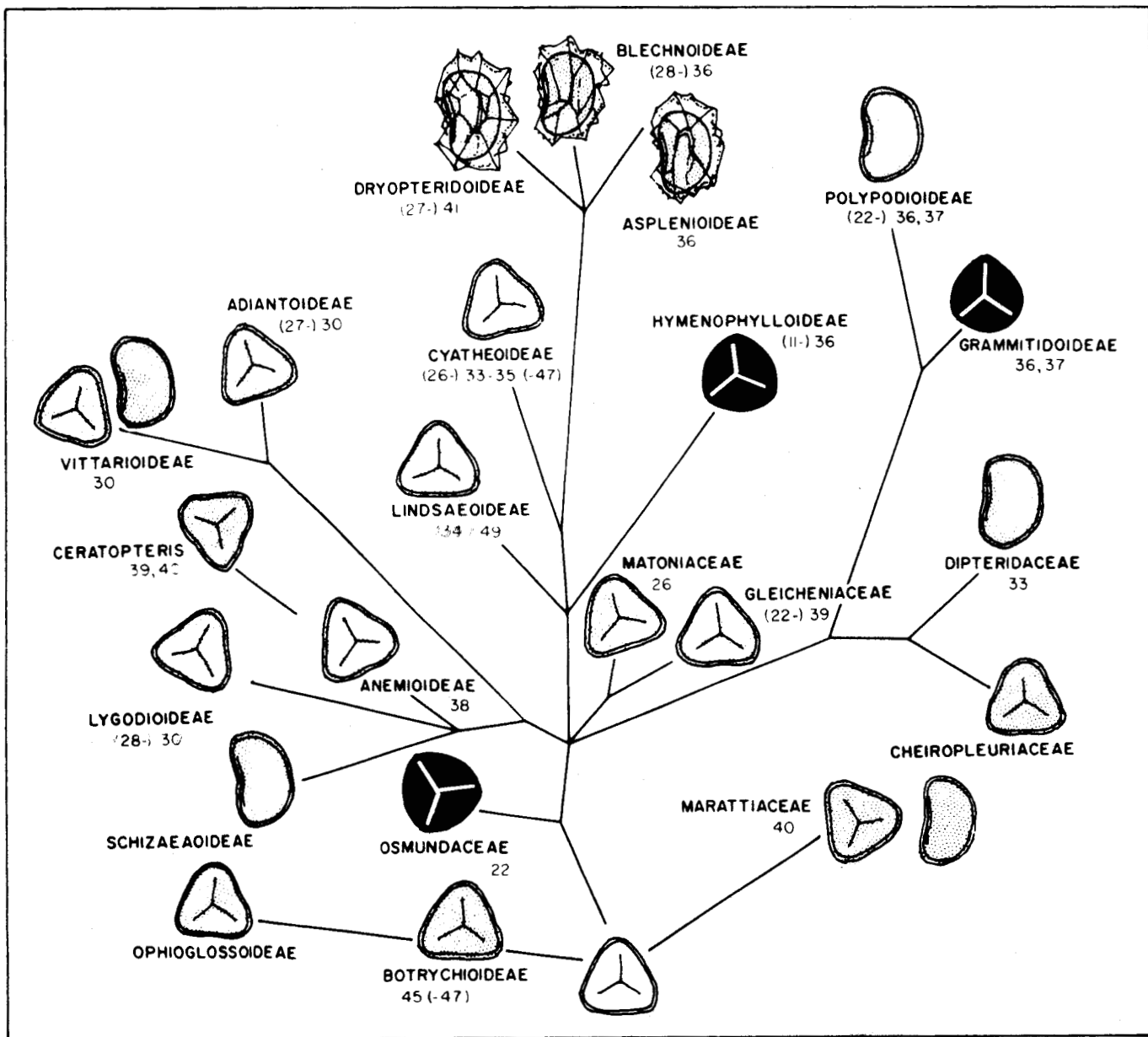
4 - Intérêt des spores dans l'établissement des groupes phylétiques

Indépendamment de ces difficultés, il semble que la combinaison des caractères de l'ornementation et de la marque d'accolement détermine des groupes morphologiques qui se superposent assez bien avec les principaux groupements phylétiques supposés de familles et de sous-familles comme en témoigne le tableau proposé par W.H. Wagner (texte fig. 8). D'ailleurs Güllwag (1966) considère que les microstructures et l'architecture de l'exospore sont tellement variées chez les fougères actuelles qu'elles constituent des données très intéressantes pour établir des parentés au niveau spécifique et générique. On peut donc supposer qu'il en est de même pour les formes fossiles.

c.- Etudes cytochimiques :

L'application des études cytochimiques à la systématique des fougères actuelles s'est révélée particulièrement intéressante dans deux domaines.

- Les études physiologiques ont pour objet l'examen des effets sur le comportement physiologique et biosynthétique des fougères d'un certain nombre de substances naturelles ou de synthèse qui en principe participent à leur développement. Les travaux sur les hormones sexuelles (anthéridogènes A et B) ont fourni d'excellents résultats permettant des distinctions au niveau des familles et des sous-familles. En effet, les recherches de Voeller et Weinberg (1969) ont montré que les différentes familles de fougères ne réagissent pas de la même façon à ces hormones inductrices du développement des anthéridies et de la germination. Par exemple, les gamétophytes des *Aspidiaceae*, *Adiantaceae*, *Blechnaceae* réagissent à l'anthéridogène A en produisant des anthéridies alors que ceux des *Schizaeaceae* lui sont indifférents mais manifestent une forte sensibilité à l'anthéridogène B.



Texte-fig. 8 - Corrélations entre types de spores et groupements phylétiques de familles (ou de sous-familles) de fougères (d'après W.H. Wagner, 1974, p. 345). La plupart des nombres chromosomiques sont indiqués.

- Les chercheurs fondent de grands espoirs sur les études des métabolites secondaires, substances accumulées dans les différents tissus. Les comparaisons quantitative et qualitative des alcaloïdes ou flavonoïdes ainsi accumulés permettent d'établir des rapprochements au niveau de l'espace et du genre. D'après Widen et Britton (1971) les résultats obtenus sur plusieurs espèces de *Dryopteris* sont particulièrement encourageants puisqu'ils ont permis d'établir entre elles "une filiation" que confirment les études caryologiques. Ce thème de recherche pourrait donc s'avérer très intéressant pour réaliser une systématique fine (Giannasi, 1974, p. 373).

CLASSE	SOUS - CLASSE	ORDRE	FAMILLE	SOUS - FAMILLE
Filicopsida	Psilotidae	Psilotales	Psilotaceae 52 Tmesipteridaceae 52	
	Ophioglossidae	Ophioglossales	Ophioglossaceae 45-120	
	Marattidae	Marattiales	Marattiaceae 40	
	Osmundidae	Osmundales	Osmundaceae 22	
	Filicidae	Hymenophyllales	Hymenophyllaceae 11-36	
		Schizaeales	Schizaeaceae 28-38 Platyzomataceae 38 * Parkeriaceae 39	
		Adiantales	* Adiantaceae 29-30	* Adiantoidae * Vittarioideae * Pteridoideae
		Marsileales	Marsileaceae 10-20	
		Gleicheniales	Stromatopteridaceae 39 Gleicheniaceae 20-34	
		Matoniales	Matoniaceae 26	
		Dipteridales	* Dipteridaceae 33 * Cheiropleuriaceae * Polypodiaceae 36-37	* Drynarioideae * Platycerioideae * Microsorioideae * Pleopeltoideae * Polypodioideae
		Cyatheales	* Grammitidaceae 36-37 Cyatheaceae 56-68	Thyrsopteridoideae Dicksonioideae Cibotioideae Cyathoideae Lophosorioideae Metaxyoideae
			* Thelypteridaceae 27-36 * Dennstaedtiaceae 30-47	* Dennstaedtioideae * Hypolepidoideae * Lindsaeoideae
			* Aspleniaceae 36 * Dryopteridaceae 40-41	* Onocleoideae * Athyrioideae * Tectarioideae * Dryopteridoideae
			* Lomariopsidaceae 41 * Davalliaceae 40-41	* Davallioideae * Oleandroideae
		Salviniales	* Blechnaceae 28-40 Salviniaceae 9 * Azollaceae 22	
			Hymenophyllopsidaceae Loxsomaceae 50 Plagiogyriaceae 25? 33?	

Familia incertae sedis:



Tabl. 4 - Classification des fougères actuelles proposée par Lovis (1977) à partir des relevés de nombres chromosomiques.

- Un troisième type d'études cytochimiques vient de faire son apparition. Il s'agit de comparer par des techniques sérologiques ou d'électrophorèse les protéines contenues dans les tissus. Quelques expériences seulement ont été tentées. L'une d'elles (Petersen et Fairbrothers, 1971) était destinée à déterminer les affinités d'une espèce d'*Osmunda*-ceae (*Osmunda claytonia*) avec l'une ou l'autre des deux espèces du même genre (*Os. regalis* et *Os. cinnamomea*) et avec trois espèces appartenant à des genres différents (*Matteuccia*, *Onoclea*, *Dryopteris*). Les résultats obtenus ont été encourageants mais très insuffisants.

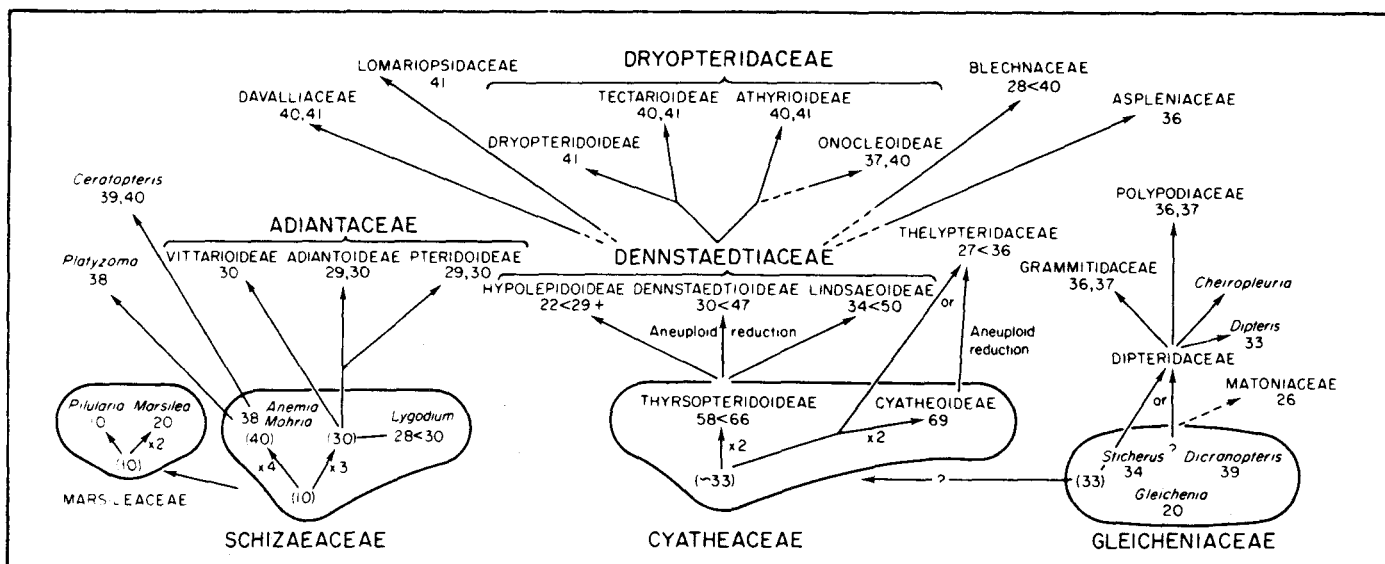
Il est donc difficile de se prononcer sur l'avenir de ces recherches cytochimiques. Certaines semblent prometteuses mais il est impossible pour l'instant d'en dégager les applications pour la systématique.

d.- Etudes caryologiques : détermination des nombres chromosomiques :

Depuis les travaux de Manton (1950), les études caryologiques ont suscité un très vif intérêt et ont pris un essor considérable. Les nombres chromosomiques de très nombreux taxons ont pu être déterminés et Lovis (1977), à partir de ces relevés, propose une classification et un schéma phylétique des fougères actuelles établis par rapprochements des taxons possédant le même caryotype (tabl. 4, 5).

Certaines filiations sont supposées être le résultat d'une polyploïdie, d'autres d'une aneuploïdie (réduction accidentelle du nombre chromosomique). On peut se demander à la lecture d'un tel tableau sur quels critères ont été établies les filiations. Car en effet, trois familles et un genre au moins possèdent le même nombre chromosomique égal à 40 = le genre *Ceratopsis* qui sur ce schéma dérive des *Schizaeaceae*, les *Davalliaceae*, *Dryopteridaceae* et *Blechnaceae* qui sont issues des *Cyatheaceae*.

Il apparaît donc clairement que les nombres chromosomiques ne permettent pas à eux seuls de faire des distinctions entre grands groupes de fougères et qu'on doit avoir recours à d'autres critères, morphologiques, pour caractériser les principales familles. Les études caryologiques apparaissent comme une confirmation des filiations proposées par ailleurs mais ne peuvent prétendre servir de base à l'établissement d'une systématique.



Tabl. 5 - Schéma phylétique des fougères actuelles proposé par Lovis (1977) prenant en compte les nombres chromosomiques des principales familles et sous-familles. Certaines filiations sont supposées être le résultat d'une polyploïdie, d'autres d'une aneuploïdie.

e.- Conclusions :

On retiendra de ce rapide bilan que chacune des nouvelles orientations de recherche conduit à son propre système de classification et à son propre schéma phylétique. Comme chacun des domaines étudiés nécessite une spécialisation de plus en plus poussée, les auteurs se trouvent confrontés à une diversité de classifications et d'essais de phylogénies dont je présente un exemple.

Ces classifications très variées reposent cependant toutes sur un même schéma général qui partage l'ensemble des fougères leptosporangiées en trois grands groupes établis à partir de critères morphologiques.

3) EXEMPLE DE CLASSIFICATION ET DE TABLEAU PHYLETIQUE.

Le schéma retenu ici est celui proposé par Lovis (1977) à partir des études chromosomiques. Trois lignées phylétiques principales conduisant aux fougères leptosporangiées apparaissent clairement.

a.- Les trois principales lignées phylétiques :

L'essentiel des difficultés ressenties depuis des années dans l'établissement de la systématique des fougères réside dans l'ambiguïté du terme *Polypodiaceae*. Depuis sa création et jusqu'à une époque récente, ce terme réunissait toutes les fougères de type leptosporangié, de loin les plus nombreuses actuellement. On admet maintenant que l'ensemble des *Polypodiaceae* ainsi défini est hétérogène et polyphylétique.

Trois lignées y sont distinguées :

- la lignée dite dennstaedtiacée, la plus importante en nombre d'espèces, caractérisée par des sores superficiels protégés par une indusie ;
- la lignée dite adiantacée, à sores marginaux ou submarginaux ;
- la lignée dite polypodiacée (*sensu stricto*), à sores superficiels nus.

Elles dériveraient respectivement de trois souches ancestrales : *Cyatheaceae*, *Schizaeaceae*, *Gleicheniaceae*.

Toutes les subdivisions systématiques fines ou filiations proposées à partir des travaux de recherche récents évoqués plus haut se superposent à ce schéma. On en retiendra que les distinctions fondamentales entre grands groupes de fougères actuelles reposent en fait sur des caractères morphologiques et plus particulièrement sur l'organisation et la disposition des fructifications.

Dans ce domaine, la paléobotanique peut donc fournir de précieuses indications et permettra sans doute de situer dans le temps l'origine de ces différentes lignées. Pour l'instant, un hiatus très important semble exister entre les données sur l'actuel et les connaissances paléobotaniques. Toutes les classifications et lignées phylétiques établies pour les fougères actuelles et récentes font abstraction des fougères fossiles. Deux justifications sont données par les botanistes à cette attitude :

- les fougères paléozoïques, essentiellement carbonifères, sont très diverses et apparemment trop éloignées des standards actuels pour leur être comparées,
- les informations concernant les fougères du Trias et du Mésozoïque (jusqu'au Crétacé) sont jugées trop ponctuelles pour être exploitées.

L'existence dans ces niveaux des trois lignées phylétiques évoquées plus haut est par conséquent difficile à mettre en évidence et souvent contestée surtout dans les terrains secondaires, compte tenu du très petit nombre d'informations dont on dispose.

La réalisation d'un travail sur les fougères carbonifères, particulièrement abondantes, se justifiait donc pleinement. Avant de l'aborder et de faire le point sur le type des données qu'on est en droit d'en attendre, je récapitulerai l'essentiel de nos informations sur les fougères post-paléozoïques.

b.- Les fougères post-paléozoïques :

1 - Fougères mésozoïques

.....
La flore ptéridophytique mésozoïque la mieux connue est celle qu'Harris (1961) a étudiée dans le Yorkshire. Elle se compose d'une trentaine d'espèces. Deux familles sont particulièrement bien représentées : *Osmondaceae* et *Dicksoniaceae*. Elle renferme en outre :

- quelques espèces de familles existant déjà au Paléozoïque : *Marattiaceae* et *Schizaeaceae* ;
- quelques espèces de familles inconnues avant le Trias : *Dipteridaceae* et *Matoniaceae* ;
- des représentants des genres *Aspidites* et *Gleicheniopsis* attribués respectivement aux *Matoniaceae* et ? *Gleicheniaceae*.

D'autres gisements ont fourni des informations (empreintes et sporomorphes) laissant supposer que la lignée dennstaedtiacée pourrait être présente dans le Jurassique et le début du Crétacé. Les documents concernant l'existence possible des deux autres lignées à cette époque sont encore plus controversés.

2 - Fougères coénozoïques

.....
Bien que les fossiles ne soient pas très abondants, il est certain qu'au Paléocène et à l'Eocène, les familles des *Adiantaceae*, *Blechnaceae*, *Dennstaedtiaceae* et *Dryopteridaceae* sont présentes. Cela signifie que les deux lignées adiantacée et polypodiacée sont apparues ou du moins connaissent un essor particulier avec, pour résultat, une prolifération des "formes polypodiacées" = leptosporangiées à la fin du Tertiaire. Cette explosion est interprétée par les Botanistes comme une réponse des *Filicopsida* à l'expansion extraordinaire des Angiospermes pendant le Crétacé. Les bouleversements provoqués dans tous les écosystèmes par l'invasion des Phanérogames auraient stimulé la production de la lignée dennstaedtiacée et provoqué l'apparition des deux autres lignées. L'explosion des formes leptosporangiées serait donc postérieure à celle des Angiospermes et constituerait la dernière "révolution" de l'histoire de la flore mondiale (Lovis, 1977, p. 253).

II - LES FOUGERES SPHENOPTERIDIENNES PALEOZOIQUES

1) SIGNIFICATION DES TERMES SPHENOPTERIS ET SPHENOPTERIDEES.

C'est à Schlotheim que l'on doit les premières tentatives de rapprochement entre les empreintes fossiles et les végétaux actuels et la désignation sous le nom de *Filicites* de toutes les fougères fossiles (1804).

a.- Apparition du terme *Sphenopteris* :

Quelques années plus tard, Brongniart (1822) envisage une classification totalement différente des plantes fossiles, non plus basée sur leurs rapports avec les plantes actuelles, mais fondée essentiellement sur leurs critères morphologiques propres. Il propose de diviser l'ensemble des *Filicites* en cinq sections et rassemble sous le nom de *Sphenopteris* les fougères "à pinnules cunéiformes, arrondies ou lobées à l'extrémité et à nervures palmées ou rayonnantes de la base de la pinnule". Dans l'esprit de Brongniart, *Sphenopteris* n'a pas encore valeur de genre mais désigne simplement un groupe de formes.

Après une revue des caractères des fougères actuelles, cet auteur (1828) expose en détail sa conception de la classification des fougères fossiles et établit une clé dichotomique fondée essentiellement sur des critères de nervation. On lit p. 148 :

"On peut donc classer les Fougères d'après la forme de leurs feuilles et le mode de distribution de leurs nervures.

I - Nervures pinnées, nervules non réticulées

A - Nervures simples, bifurquées ou pinnées

- a - Fronde simple, nervures simples ou bifurquées..... *Teniopteris*
- b - Pinnules simples ou semi-pinnatifides..... *Pecopteris*
- c - Pinnules profondément lobées à lobes décroissants, divergents ; nervures bifurquées ou bipinnées, obliques..... *Sphenopteris*"...

Sphenopteris est élevé au rang de genre au même titre que *Pecopteris* et *Neuropteris* avec pour diagnose (p. 169) :

"Frondes bi ou tripinnées, pinnules rétrécies à la base, non décurrentes sur le rachis, lobées ; lobes inférieurs divergents pour la plupart puisque palmés ; nervures bipinnées, rayonnant à partir de la base".

Une cinquantaine d'espèces lui sont attribuées.

b.- Apparition du terme Sphénoptéridées :

Le terme de Sphenopterides fut introduit par Goeppert en 1836 (p. 173) pour désigner un groupe de plantes fossiles équivalent des Neuroptéridées, des Pécoptéridées, des *Danaeaceae* ou des *Gleicheniaceae*. Sa définition fait mention des fructifications :

"frondes bi ou tripinnées ou bi ou tripinnatifides, pinnules entières le plus souvent lobées avec une base rétrécie, lobes dentés ou sublobés, nervures pinnées, nervure primaire distincte non flexueuse, nervures secondaires obliques vers le sommet, divisées ou simples dans chaque lobe. Fructifications marginales, toujours à l'extrémité des nervures" (traduction de l'allemand).

Goeppert réunit dans ce groupe quatre genres : *Cheilanthites*, *Hymenophyllites*, *Trichomanites* et *Steffensia* dont chacun typifie les ressemblances d'un groupe de plantes fossiles avec un groupe de fougères actuelles. On commence alors à entrevoir la complexité du groupe des Sphénoptéridées dont l'hétérogénéité va devenir de plus en plus apparente au fur et à mesure des progrès des études morphologiques et anatomiques et surtout des découvertes de fructifications. Parallèlement, la signification des termes *Sphenopteris* et Sphénoptéridées s'est peu à peu modifiée et on trouvera dans les travaux de Danzé (1956, p. 13-39) et de Van Amerom (1975, p. 8-9, 14-17) d'excellents historiques de leur évolution. Je n'en donnerai ici qu'un bref résumé.

c.- Variations d'interprétation de ces termes :

La principale scission du genre *Sphenopteris* fut consécutive à la découverte au début du siècle du groupe des *Pteridospermopsida* car, très vite, on démontra qu'on avait rassemblé dans le même groupe de forme *Sphenopteris* des Fougères vraies aux côtés de Préspermaphytes. Les recherches se sont alors orientées dans deux directions.

1 - Etant donné qu'il est relativement rare de récolter des échantillons fertiles de *Pteridospermopsida*, les études se sont axées essentiellement sur la compréhension de l'organisation des frondes et sur leur structure anatomique, donnant lieu à la création d'un certain nombre de taxons.

2 - En ce qui concerne les Fougères vraies plus fréquemment rencontrées à l'état fertile, les travaux ont porté surtout sur les fructifications et plusieurs types d'organisation ont pu être mis en évidence pour lesquels différents genres ont été créés.

Ces découvertes, qui convergent toutes vers une connaissance de plus en plus précise des plantes fossiles, devait aboutir inévitablement à une utilisation de moins en moins fréquente du terme *Sphenopteris* qui ne correspondait pas à un genre au sens botanique du terme.

Si pendant de longues années les auteurs ont jugé nécessaire d'associer aux noms de genres de fructification le terme vague de *Sphenopteris*, cette pratique est devenue de moins en moins courante et on ne retient plus actuellement que le genre correspondant au type d'organisation de la fructification. On réserve la désignation *Sphenopteris* aux plantes dont les affinités systématiques demeurent incertaines.

La mise en évidence de l'hétérogénéité de la famille des Sphénoptéridées dans sa conception originale (Goeppert, 1836) la condamnait à disparaître puisqu'il était devenu impossible de lui attribuer une quelconque position systématique. Actuellement, l'emploi des termes Sphénoptéridées ou sphénoptéridien sous-entend le plus souvent une notion qualitative pour évoquer un type de feuillage à pinnules lobées, contractées à la base. L'appellation la plus utilisée est celle des Formes sphénoptéridiennes (W. Remy et R. Remy, 1977, p. 199) sous laquelle on regroupe les Ptéridospermées et les Fougères.

2) NATURE DU MATERIEL.

Les échantillons étudiés sont tous conservés en empreintes ; ils proviennent de sondages ou ont été récoltés au fond de la mine ou sur des terris. La nature du matériel exclut par conséquent l'étude des structures anatomiques. Par contre, la multiplicité des spécimens a permis une approche morphologique très détaillée des différentes espèces.

Le débitage serré de très nombreux sondages présente le double avantage de fournir de précieuses indications biostratigraphiques et de donner un très bon aperçu de la variation morphologique d'une espèce dans l'épaisseur de sédiments où elle est présente. En outre, le diamètre des carottes de sondage ne constitue pas vraiment un facteur limitant car les formes sphénoptéridiennes se caractérisent par leur feuillage très délicat, profondément découpé avec des éléments limbaires ultimes de très petite taille. Les échantillons récoltés sur les terris généralement plus complets permettent aussi d'apprécier le degré d'organisation minimum des frondes.

3) TECHNIQUES D'ETUDE.

Bien que presque toutes les frondes sphénoptéridiennes soient construites sur le mode catadrome, il est possible par une observation minutieuse de reconstituer les étapes de la différenciation limbair en suivant pas à pas l'ordre d'apparition des lobes et leur mode de croissance. Il est primordial pour cela que les échantillons soient étudiés à des grossissements identiques. La réalisation de nombreux dessins à la chambre claire représentant les différents stades de division du limbe est indispensable pour permettre une parfaite appréciation des variations intraspécifiques.

Tous les dessins représentés dans ce travail ont été effectués dans ces conditions d'observation et correspondent à des grossissements 6. Seuls les croquis représentant le matériel étudié dans les différents musées européens ont été réalisés à main levée. Ils ont été rapportés au même grossissement.

Outre la reconstitution des étapes successives de la division limbair, l'observation avec une loupe binoculaire de qualité suffit le plus souvent à reconnaître l'organisation de la fructification et à en déterminer le type : eusporangié ou leptosporangié. Chaque fois que cela a été possible, j'ai complété ces observations par la réalisation de transferts suivis de chloration. Les résultats n'ont pas toujours été satisfaisants car cette technique nécessite un matériel particulièrement bien conservé, très charbonneux et encore riche en matière organique. Mais ce procédé a permis de mettre en évidence l'organisation de plusieurs types de fructifications.

Des macérations modérées ont également été effectuées sur des fructifications entières prélevées *in situ*. L'observation de leur désagrégation progressive a ainsi permis d'évaluer le nombre et la disposition des sporanges.

Quelques sores entiers, également prélevés *in situ*, ont été observés au M.E.B. pour mettre en évidence d'éventuelles différenciations cellulaires des parois sporangiales : les cellules épaissies constituant l'anneau des fougères leptosporangiées apparaissent ainsi très nettement.

Les prélèvements de spores *in situ* ont été réalisés sur tous les échantillons fructifiés et leur macération effectuée selon les procédés habituels. Quand leur degré de maturité était insuffisant, j'ai préféré ne pas dissocier les masses de spores puisque de toute façon l'observation au M.E.B. fournit d'excellents résultats dans ces conditions.

Les études de cuticules n'ont pas été possibles car le matériel sarro-lorrain est généralement beaucoup trop évolué pour que celles-ci soient conservées.

J'avais espéré que la microsonde à effet Raman permettrait de différencier les tissus ligneux et celluloseux des rachis les mieux conservés. Mais l'expérience tentée sur

une structure anatomique bien connue (des rachis de *Lyginopteris* conservés dans un coal ball) a été très décevante. Cette voie n'a donc pas été poursuivie.

4) TYPES D'INFORMATIONS FOURNIES PAR LE MATERIEL SARRO-LORRAIN.

La mise en oeuvre de ces différentes techniques fournit des informations très détaillées sur la morphologie des divers taxons et plus précisément sur les points suivants :

- organisation de la fronde,
- mode de différenciation limbaire et principales étapes de division limbaire,
- variabilité morphologique,
- nervation,
- présence d'éléments anormaux plus ou moins aphyllés,
- organisation et disposition des fructifications,
- caractères des spores.

Quelques difficultés d'interprétation dues à la nature même du matériel peuvent être surmontées par la multiplication des observations.

- La conservation en compression rend parfois difficile la reconstitution dans l'espace de l'organisation des fructifications. La réalisation de transferts et les macérations progressives selon un procédé comparable à celui employé pour les spores *in situ* fournissent généralement les informations nécessaires.

- Les spores prélevées *in situ* ne sont que très rarement mures et par conséquent il convient d'être prudent dans l'interprétation des caractères observés et en particulier des micro-ornementations de l'exospore. Lugardon (1975-76) a montré que l'exospore des Filicinées actuelles se compose :

- d'une infrastructure feuilletée plus ou moins complexe = la couche interne,
- d'une couche externe astructurée très développée correspondant à l'ornementation.

Le fait d'observer une ornementation sur une spore fossile signifie par conséquent que la couche externe a commencé son développement. Mais il est très difficile de déterminer si celui-ci est achevé ou non car les techniques de coloration utilisées sur l'actuel sont difficilement applicables aux formes paléozoïques. En multipliant les prélèvements sur un même spécimen et sur des échantillons plus ou moins fructifiés, il est toutefois possible de se faire une bonne idée de l'ampleur des variations de diamètre ou d'ornementation des spores (taille, densité, forme des microstructures). Dans la mesure où on dispose d'un nombre suffisant d'échantillons, on parvient à cerner les caractères essentiels des spores de chaque espèce. J'ai effectué plus de 400 prélèvements dont la moitié au moins ont fourni des résultats intéressants. Compte tenu des incertitudes qui pouvaient subsister, seuls des rapprochements avec les principaux genres de la nomenclature des spores dispersées ont été établis.

L'éventail des informations fournies par le matériel fossile est par conséquent largement ouvert bien que très différent de ce que l'on peut obtenir sur les formes actuelles. Par la multiplication des observations et des approches techniques on parvient à une reconstitution plus ou moins complète des frondes et de leurs fructifications. Une classification et des comparaisons basées sur des critères morphologiques deviennent possibles mais il convient de hiérarchiser les caractères utilisés.

5) HIERARCHIE DES CARACTERES SYSTEMATIQUES RETENUS.

a.- Variabilité des caractères du limbe stérile :

Il suffit d'observer une fougère actuelle pour se rendre compte de la variabilité de son aspect selon la position du fragment considéré par rapport à l'ensemble de la fronde. Ne serait-ce même qu'au niveau de sa construction puisque les pennes sommitales d'une fronde sont souvent alternes alors que les pennes basales apparaissent subopposées par suite, semble-t-il, d'une croissance intercalaire différentielle. Il est aussi très fréquent que le limbe soit beaucoup moins opulent en extrémité de fronde qu'à la base. Des malformations sont en outre très fréquentes : le moindre obstacle ou l'absence localisée de lumière suffisent à modifier le développement normal du feuillage et à lui donner un as-

pect particulier. Il est bien connu que les conditions écologiques constituent des facteurs déterminants pour le bon développement d'un végétal.

A côté des variations intrinsèques ou provoquées, les convergences morphologiques sont inévitables entre espèces au limbe filiforme dont les frondes sont construites sur le même modèle et dont l'ordre d'apparition des lobes est de ce fait identique. Les comparaisons dans ces conditions entre segments de même ordre doivent porter sur la taille des divers éléments et sur l'évaluation de la rapidité avec laquelle se déroulent les divisions ce qui nécessite une longue pratique et un matériel suffisamment abondant.

b.- Variabilité des caractères des spores :

J'ai déjà évoqué le problème que pose la non maturité des spores * prélevées *in situ*. En outre, il est probable que des phénomènes de convergences morphologiques interspécifiques ou même intergénériques ont existé puisqu'on en connaît plusieurs exemples sur les fougères actuelles.

c.- Stabilité des caractères du limbe fertile et des fructifications.

Les organes reproducteurs semblent présenter une bonne stabilité face aux variations écologiques. Si le nombre des sporanges constituant les sores est susceptible de varier dans certains types de fructification, leur morphologie et leur disposition sont apparemment très constantes. C'est pourquoi on donne priorité aux caractères des fructifications pour l'établissement de la systématique. Le présent travail fournira plusieurs exemples justifiant cette attitude.

Les conceptions actuelles de la phylogénie des fougères semblent d'ailleurs abonder dans ce sens puisque les critères retenus pour différencier les trois lignées phylétiques principales ayant conduit aux formes leptosporangiées portent uniquement sur les caractères des fructifications.

6) PLACE DES FORMES SPHEOPTERIDIENNES DANS LA CLASSIFICATION DES FOUGERES FOSSILES.

a.- Genres de fructification présents dans le bassin sarro-lorrain :

La plupart des genres de fructification correspondant à des formes sphénoptéridiennes sont présents dans le bassin sarro-lorrain. Voici la liste des 17 genres recensés subdivisés entre les deux grandes catégories de fougères fossiles :

- Fougères eusporangiées : Genres *Crossotheca* * Zeiller, p.120
Germera nov. gen., p.225
Radstockia Kidston, p.128
Urnatopteris Kidston, p.133
Myriothea Zeiller, p.219
Sphyropteris Stur, p.221
Renaultia Zeiller, p.138
Zeillera Kidston, p.197
Asterotheca Presl, p.111

- Fougères leptosporangiées : Genres *Oligocarpia* Goeppert, p.234
Grambastia Brousmiche, p.259
Sturia Němejč, p.273
Hymenophyllites Zeiller *nom. cons.*, p.266
Corynepteris Baily, p.56
Nemejcopteris Barthel, p.101

- Genres intermédiaires : *Discopteris* Stur, p.279
Stellatheca Danzé, p.297

* Sladkov (1959) a montré par exemple que les spores de deux genres très différents : *Bolbitis* (*Ophioglossaceae*) et *Cryptogramma* (*Adiantaceae*) sont parfaitement identiques en taille, forme, ornementation et nature de la marque d'accolement.

* Pour éviter les répétitions, les diagnoses des différents genres sphénoptéridiens ne sont pas reproduites dans cette introduction ; le lecteur pourra se reporter à la page indiquée pour en prendre connaissance.

Cette liste appelle quelques remarques :

1 - Elle fait apparaître deux nouveaux genres de fructification :

- *Grambastia*, créé récemment (Brousmiche, 1978) dont les sporanges possèdent un anneau bien caractérisé et qui par conséquent fait partie des leptosporangiées,

- *Germera*, créé à l'occasion de ce travail, dont les sporanges dépourvus d'anneau ont une disposition voisine de celle des *Crossotheca* à ceci près que les fructifications sont situées à l'extrémité des lobes.

2 - Elle inclut un genre traditionnellement considéré comme une fructification de fougère pécoptéridienne : *Asterotheca*.

La révision de *Sph. damesii* Stur a montré (Brousmiche, 1979) que la forme fertile de cette espèce correspond au *Pecopteris saraei* créé par P. Corsin (1951a) et que ses fructifications sont de type *Asterotheca*. Ce genre peut donc être aussi considéré comme une fructification de fougère sphénoptéridienne.

3 - Elle comporte deux genres d'affinités incertaines : *Discopteris* et *Stellatheca*.

Ces deux genres étaient placés par Danzé (1956) dans une catégorie intermédiaire: fougères protoleptosporangiées caractérisées par un anneau apical rudimentaire. Je reviens sur cette interprétation.

b.- Distribution des formes sphénoptéridiennes dans la classification des fougères fossiles :

Deux classifications serviront de référence pour engager cette discussion. Il s'agit du plan d'étude de l'embranchement des *Filicophyta* proposé dans le traité de Boureau (1970, p. 14-17) et de la classification établie par Danzé (1956, p. 117) dans son étude des fougères sphénoptéridiennes du bassin houiller du Nord de la France. Compte tenu des difficultés évoquées précédemment, il est évident que ces deux classifications sont différentes et qu'elles ne correspondent pas du tout à celles des fougères actuelles. Afin d'ordonner la discussion, je reprendrai successivement les subdivisions de la classification du traité de Boureau en insistant sur celles qui regroupent des genres présents dans le bassin sarro-lorrain.

En dehors des Filicophytes primitives, l'embranchement est divisé en six classes * :

- *Coenopteropsida*,
- *Cladoxylopsida*,
- *Eusporangiopsida*,
- *Protoleptosporangiopsida*,
- *Leptosporangiopsida*,
- *Progymnospermopsida*.

Une rubrique intitulée *Filicophyta incertae sedis* regroupe les genres *Boweria*, *Discopteris*, *Hymenophyllites*, *Myriotheca*, *Radstockia*, *Sphyropteris*, *Stellatheca* et *Sturia*. Le genre *Renaultia* est simplement cité ; il n'est pas fait mention du genre *Urmatopteris*, le genre *Zeillera* est considéré comme une fructification de Ptéridospermée. Cela sous-entend que la position systématique de nombreux genres sphénoptéridiens reste difficile à définir. Il serait présomptueux d'espérer résoudre le problème de la classification des fougères fossiles dans de telles conditions. Ce chapitre consistera en une mise au point de nos connaissances incluant les données apportées par l'étude systématique qui constitue l'essentiel de ce mémoire.

* Le tableau 6 de la page 42 donne l'essentiel de la classification proposée dans le traité de Boureau (p. 14-15, vol. IV, fasc. 1) et situe les principaux genres sphénoptéridiens concernés.

EMBRANCHEMENT DES *FILICOPHYTA*

- I - FILICOPHYTES PRIMITIVES D'AFFINITES INCERTAINES
- II - CLASSE DES COENOPTEROPSIDA
 - O. DES COENOPTERIDALES
 - F. des *Anachoropteridaceae*
 - F. des *Stauropteridaceae*
 - F. des *Sermayaceae*
 - F. des *Zygopteridaceae*
 - COENOPTERIDALES *INCERTAE SEDIS*..... *G. Comynepteris - Nemejcopteris*
- III - CLASSE DES CLADOXYLOPSIDA
 - O. DES CLADOXYLALES
 - F. des *Cladoxylaceae*
- IV - CLASSE DES EUSPORANGIOPSIDA
 - O. DES OPHIOGLOSSALES
 - O. DES MARATTIALES
 - F. des *Marattiaceae*..... *G. Asterotheca*
- V - CLASSE DES PROTOLEPTOSPORANGIOPSIDA
 - O. DES OSMUNDALES
 - F. des *Osmundaceae*
- VI - CLASSE DES LEPTOSPORANGIOPSIDA
 - O. DES FILICALES
 - F. des *Schizaeaceae*
 - F. des *Gleicheniaceae*..... *G. Oligocarpia*
 - F. des *Cyatheaceae*
 - F. des *Dicksoniaceae*
 - F. des *Matoniaceae*
 - F. des *Davalliaceae*
 - F. des *Dipteridaceae*
 - F. des *Polypodiaceae*
 - O. DES HYDROPTERIDALES
 - F. des *Marsileaceae*
 - F. des *Azollaceae*
 - F. des *Aziniaceae*
- VII - CLASSE DES PROGYMNOSPERMOPSIDA
 - O. DES ANEUROPHYTALES
 - O. DES PROTOPITYALES
 - O. DES PITYALES
- VIII - FILICOPHYTA INCERTAE SEDIS
 - Genres paléozoïques..... *Boweria - Discopteris -*
Hymenophyllites - Myriotheca -
Radstockia - Stellatneca -
Sphyropteris - Sturia -
 - Genres mésozoïques

Tabl. 6 - Classification de l'Embranchement des *Filicophyta* proposée par les auteurs du *Traité de Bourreau* (vol. IV, fasc. 1, p. 14-15).

1 - Classe des *Coenopteropsida* :

Cette classe ne renferme qu'un seul ordre : l'ordre des Coenoptéridales dont on connaît l'essentiel des structures anatomiques. Aussi Morgan et Delevoryas ont-ils proposé en 1954 de les diviser en quatre familles différenciées à partir de critères anatomiques : *Zygopteridaceae*, *Stauropteridaceae*, *Anachoropteridaceae*, *Botryopteridaceae*. Depuis, ces auteurs leur ont adjoint la famille des *Sermayaceae* ne comportant que le genre *Sermaya* créé pour un échantillon trouvé dans un coal ball. Aucune de ces cinq familles n'a eu, semble-t-il, de représentants après le Paléozoïque.

La famille des *Zygopteridaceae*, la plus importante en nombre de genres, a connu la plus grande extension chronologique (Dévonien au Permien). Elle se distingue des autres fougères par ses caractères anatomiques (en particulier par la présence d'un phyllophore et une insertion par paires distiques de ses frondes) ainsi que par l'organisation de ses organes reproducteurs. Trois genres présents dans le bassin sarro-lorrain lui sont rapportés : *Corynepteris*, *Alloiopteris*, *Nemejcopteris*. Si cette attribution est admise unanimement, le nom de Coenoptéridales est de plus en plus contesté car d'après Holmes (1981, p. 2) : "il recouvre un assemblage artificiel de végétaux spécialisés très différents les uns des autres et dont la classification est toujours fondée sur l'anatomie foliaire".

Deux familles ont récemment été "sorties" des Coenoptéridales pour être classées avec les Filicales (principal ordre des fougères leptosporangiées) : les *Tedeaceae* (Eggert et Taylor, 1966) créées pour le genre *Tedelea* encore rattaché aux *Zygopteridaceae* dans le traité de Boureau et les *Sermayaceae* (Eggert et Delevoryas, 1967).

La diversité des plantes qui figurent dans l'ordre des Coenoptéridales dépasse les limites d'un ordre mais cette dénomination constitue pour l'instant une solution de facilité admise par tous.

La classe des *Coenopteropsida* dont on ne connaît pas de représentants après le Paléozoïque constituerait d'après Mickel (1974, p. 477, fig. 1) un groupe ancestral probablement à l'origine des fougères leptosporangiées. Cet auteur considère en effet que toutes les formes connues d'anneau (de l'anneau complet équatorial ou oblique à l'anneau incomplet vertical) pourraient dériver du double anneau des Coenoptéridales.

2 - Classe des *Cladomylopsida* :

La création de cette classe a été proposée par Pichi-Sermolli (1939, p. 451) pour réunir des genres dont le système vasculaire polyméristélique consiste en de nombreuses lames ligneuses simples ou occasionnellement anastomosées. Elle comprend un seul ordre, une seule famille composée d'une dizaine de genres non représentés dans le matériel sarro-lorrain.

3 - Classe des *Eusporangiopsida* :

La classe des *Eusporangiopsida* largement répandue au Paléozoïque n'est plus représentée actuellement que par deux ordres : O. des Ophioglossales, O. des Marattiales.

. Les Ophioglossales actuelles n'ont pas de représentant fossile connu. Leur origine a donné lieu à de nombreuses spéculations. Elles se caractérisent par la présence d'un épi fertile, de xylème secondaire, de trachéides à ponctuations circulaires, semblables à celles des fougères paléozoïques.

. Les Marattiales sont connues depuis le Carbonifère moyen et ne sont plus représentées que par sept genres tropicaux : *Angiopteris*, *Archangiopteris*, *Christensenia*, *Danaea*, *Macroglossum*, *Marattia* et *Protomarattia*. Leurs représentants fossiles les plus communs sont les *Psaronius*, végétaux arborescents constitués d'un tronc dressé entouré d'un manchon de racines adventives et porteur d'un feuillage généralement pécoptéridien.

L'attribution à cet ordre du genre *Asterotheca* qui représente le type de fructification le plus fréquent des formes pécoptéridiennes semble admise par tous *.

* Dans le chapitre consacré au genre *Asterotheca* Presl (p. 111), une discussion est engagée à propos du genre *Scolecopteris* Zenker que certains auteurs : Stur (1883), Hirmer (1927), Andrews (1943) et Barthel (1976, 1980) considèrent comme synonyme d'*Asterotheca*.

Danzé avait créé en 1956 deux ordres de fougères eusporangiées équivalents des Ophioglossales et des Marattiales. Il s'agissait de l'ordre des *Crossothécales* comprenant le seul genre *Crossothea* et de l'ordre des *Urnatoptéridales* dans lequel Danzé incluait les genres *Urnatopteris*, *Myriothea*, *Sphyropteris*, *Renaultia* et *Zeilleria*.

Dans une publication récente, j'ai été amenée à revoir l'organisation des fructifications de type *Crossothea* (1982) et à préciser les raisons pour lesquelles je pense, comme Danzé, qu'elles doivent être interprétées comme des organes reproducteurs de fougères. La création de l'ordre des *Crossothécales* constitue à mon avis une excellente initiative et je serais assez tentée d'y inclure le genre *Radstockia* de Kidston. Ce genre dont je précise l'organisation page 128, me paraît en effet beaucoup plus proche des *Crossothea* que du genre *Eoangiopteris*, contrairement à l'avis de Millay (1979, p. 57) qui attribue *Radstockia* aux *Marattiaceae* à cause de ses ressemblances avec *Eoangiopteris*.

Toutefois, la définition de l'ordre des *Crossothécales* nécessite quelques modifications. On ne dispose en effet pour l'instant d'aucun argument permettant d'affirmer que les formes rapportées à *Crossothea* ou à *Radstockia* sont arborescentes. Tous les fragments que j'ai observés laissent plutôt supposer qu'il devait s'agir de plantes herbacées ou arbustives. La définition suivante est donc proposée :

Crossothécales :

Ordre de fougères fossiles eusporangiées dont les fructifications portées par des pennes partiellement ou totalement spécialisées, représentent de véritables synanges composés de nombreux sporanges pendants à la face inférieure d'une surface limbale très étroite mais prolongée latéralement par deux replis les protégeant avant leur maturité ; replis limbaires se déchirant vraisemblablement à maturité.

Danzé donnait de l'ordre des *Urnatoptéridales* la définition suivante :

"Ordre de fougères carbonifères eusporangiées caractérisées par des sporanges nus, subsphériques à ovoïdes, n'ayant pas d'indusie et non réunis en synange, situés à la face inférieure des pinnules et couvrant toute la surface du limbe, ou localement à l'apex des lobes ; port herbacé ou subherbacé".

En plus des genres précédemment cités et présents dans le bassin sarro-lorrain, Danzé incluait dans ce nouvel ordre les genres *Monotheca* et *Tetrameridium* Gothan. Il proposait une clé dichotomique (p. 114) permettant de les identifier.

- . Sporangés sur le limbe
 - Limbe fertile très réduit..... *Urnatopteris*
 - Limbe fertile non réduit
 - . Sporangés épars sur toute la surface, très nombreux..... *Myriothea*
 - . Sporangés peu nombreux
 - . Voisins non coalescents à l'apex des lobes..... *Renaultia*
 - . formant presque un synange et groupés par 4..... *Tetrameridium*
 - . en 2 files de chaque côté de la nervure principale.. *Monotheca*
- . Sporangés sur une excroissance du limbe..... *Sphyropteris*
- . Sporangés à l'extérieur du limbe, sur un prolongement de la nervure..... *Zeilleria*

Aucun auteur postérieur à Danzé n'a repris l'ordre des *Urnatoptéridales* et j'ai déjà signalé que la plupart des genres qu'il regroupe sont considérés comme *incertae sedis* par Boureau et al. Il ne semble pas anormal pourtant que toutes ces fructifications soient placées dans la classe des *Eusporangiopsida*.

La juxtaposition dans un même ordre de genres aussi différents que *Renaultia* ou *Sphyropteris* peut paraître abusive mais on peut très bien envisager de maintenir cet ordre, comme on maintient celui des *Coenoptéridales*, en guise de solution de facilité en attendant que de nouvelles découvertes autorisent une classification plus rigoureuse. C'est l'attitude qui est adoptée dans ce travail.

Le nouveau genre *Germera* qui représente également une fructification de fougère eusporangiée est très difficile à situer car il possède des caractères intermédiaires entre ceux de *Crossothea* et de *Zeilleria*. A l'état immature *Germera* diffère beaucoup de *Zeilleria* et des autres Urnatoptéridales car les futurs synanges se développent très nettement sur le limbe, dans la partie distale des lobes. A maturité, l'organisation des synanges rappelle celle des *Crossothea* mais alors que chez ce dernier le limbe participe dans sa totalité à l'élaboration de la fructification, les synanges de *Germera* sont très nettement situés à l'extrémité des lobes dont le limbe stérile est presque intégralement conservé. Le fait que les organes reproducteurs n'apparaissent pas sur des pennes spécialisées et que le limbe soit bien conservé exclut *Germera* de l'ordre des Crossothécales. L'organisation de la fructification en synange le différencie nettement de tous les genres inclus dans l'ordre des Urnatoptéridales. Bien qu'il ne puisse être rapproché d'aucune fructification de Marattiales, il ne serait pas raisonnable de créer un ordre pour ce seul genre encore imparfaitement connu. Il semble qu'on puisse l'inclure dans la classe des *Eusporangiopsida* en le considérant comme une forme aux affinités mal définies.

4 - Classe des *Protoleptosporangiopsida* :

Le seul ordre de cette classe : l'ordre des Osmundales ne renferme qu'une famille : les *Osmundaceae* dont la particularité est de posséder des sporanges à développement inconstant. Ils peuvent être issus d'une ou de plusieurs cellules associant par conséquent les caractères des *Eusporangiopsida* et ceux des *Leptosporangiopsida*. Les sporanges ne sont pas regroupés en sores, ils sont nus, grands, globuleux ou piriformes ; il n'y a pas de véritable anneau mais un simple massif de cellules à parois épaissies près de l'extrémité distale.

Les *Osmundaceae* sont actuellement représentées par trois genres : *Todea*, *Leptopteris* et *Osmonda*, de loin le plus abondant.

Danzé (1956, p. 111, 112) considérait le genre *Discopteris* Stur comme "le représentant sphénoptéridien" des *Osmundaceae* et rapprochait de cette famille son nouveau genre *Stellatheca*.

La révision par Pfefferkorn et al. (1971) de l'espèce-type du genre *Stellatheca* a confirmé l'interprétation de Danzé concernant l'existence dans la paroi sporangiale d'une zone terminale constituée de cellules isodiamétriques ressemblant à une plaque apicale. Ces auteurs ne font pas allusion au rapprochement éventuel de ce genre avec les *Osmundaceae* et ne lui affectent aucune position systématique. Cette attitude paraît la plus sage. En dépit de l'existence possible d'une calotte apicale rudimentaire, il n'est pas satisfaisant de rapprocher un genre dont les fructifications sont organisées en sores composés de nombreux sporanges d'une famille dont les sporanges sont isolés. Le genre *Stellatheca* sera donc traité parmi les fougères *incertae sedis*.

Le genre *Discopteris* avait été rapporté par son auteur (Stur, 1885) aux *Marattiacae*. Considérant que ce groupe possède en fait un anneau apical rudimentaire, Zeiller (1899) décide de rapprocher *Discopteris* des *Osmundaceae* après en avoir révisé le matériel original conservé à Vienne. Danzé (1956) partage cette opinion ainsi que Banks (1967) qui va jusqu'à considérer *Discopteris karwinensis* Stur comme une *Osmundaceae* primitive. Pfefferkorn (1978) après révision du matériel de Stur donne une interprétation totalement différente de la paroi sporangiale. Il considère en effet que les sporanges de *Discopteris* possèdent un anneau très important interrompu seulement par une zone de déhiscence longitudinale très étroite ; la presque totalité de la paroi sporangiale serait constituée de cellules à parois épaissies. Une telle organisation rappelant l'appareil de déhiscence de genres comme *Botryopteris* Renault, *Anachoropteris* Corda et *Tedelea* Eggert et Taylor, Pfefferkorn interprète tout naturellement *Discopteris* comme une fructification de Coenoptéridale.

J'ai déjà évoqué (1979) les raisons pour lesquelles je ne partage pas l'avis de Pfefferkorn en ce qui concerne l'existence d'un anneau au sens habituel du terme chez *Discopteris*. Ces arguments sont repris en partie p.280. L'attribution de *Discopteris* aux Coenoptéridales ne paraît donc pas acquise. Malheureusement, on ne dispose que de très peu d'informations pour lui affecter une position systématique précise. On peut lire dans le traité d'Emberger (1968, p. 324) : "les *Discopteris* Stur du Carbonifère supérieur ont été rapprochés des Osmundales, mais ce sont des Marattiales". Aucune justification cependant n'est fournie à l'appui de cette affirmation quelque peu péremptoire.

Le genre est placé dans le traité de Boureau parmi les formes *incertae sedis* à la suite d'un historique assez complet (p. 461) des attributions variées dont il a fait l'ob-

jet. Si je rejette l'existence d'un véritable anneau, mes observations ne me permettent pas de trancher sur l'éventuelle présence d'une calotte apicale rudimentaire. Je n'ai obtenu de résultats positifs que sur un transfert de "*Discopteris*" *opulenta* Danzé et je n'y ai pas observé de différenciation particulière. Mais j'ai déjà émis quelques réserves sur l'attribution de cette espèce au genre *Discopteris*, réserves traduites par l'emploi de guillemets. L'étude à la loupe binoculaire des échantillons autrichiens de l'espèce-type du genre *D. karwinensis* me ferait plutôt pencher en faveur de l'existence de quelques cellules apicales différentes de celles du reste de la paroi sporangiale. Je crois qu'il est préférable cependant de maintenir ce genre parmi les fougères *incertae sedis* en attendant qu'un matériel mieux conservé permette de décider de sa position systématique.

5 - Classe des *Leptosporangiopsida* :

.....
Deux ordres très inégaux constituent cette classe : l'ordre des Filicales particulièrement abondant et diversifié regroupant neuf familles ; l'ordre des Hydroptéridales en comprenant quatre dont une exclusivement fossile.

Quatre genres de fougères leptosporangiées sont présents dans le bassin sarro-lorrain. Le genre *Oligocarpia* est attribué à la famille des *Gleicheniaceae* dans la classification du traité de Boureau ; les genres *Hymenophyllites* et *Sturia* y sont considérés comme *incertae sedis* ; le genre *Grambastia* a été créé récemment (Brousmitche, 1978).

Le genre *Oligocarpia*, primitivement attribué aux *Marattiaceae* par Stur (1883) fut considéré par Zeiller, dès 1888, comme un représentant des *Gleicheniaceae*. Si quelques réserves concernant cette attribution furent émises par Gothan (1954, p. 111), Abbott (1954, p. 59) conclut sa révision des principales espèces d'*Oligocarpia* par une comparaison très minutieuse de ce genre avec le genre actuel *Gleichenia*. Plusieurs caractères sont retenus pour cette étude : morphologie des pinnules, nervation, nombre et position des sporanges constituant un sore, position et importance de l'anneau et chacun de ces critères induit le rapprochement d'une espèce fossile d'*Oligocarpia* et d'une espèce actuelle de *Gleichenia*. L'attribution du genre *Oligocarpia* aux *Gleicheniaceae* apparaît dès lors indiscutable pour Abbott.

Lors de la création du genre *Sermaya*, Eggert et Delevoryas (1967, p. 176) envisagent qu'une partie du matériel rapporté au genre *Oligocarpia* appartienne en fait à leur nouveau genre *Sermaya*. Leur argumentation repose sur deux points essentiels : l'existence de pédicelles supportant les sporanges et le nombre de rangées de cellules composant l'anneau. S'il est vrai que la présence de pédicelles est difficilement décelable sur des échantillons conservés en compression, je ne partage pas l'avis d'Eggert et Delevoryas sur l'interprétation de l'anneau des *Oligocarpia*. Ces auteurs estiment en effet que l'observation est souvent faussée par la conservation en compression et que sous un certain angle, l'anneau des *Oligocarpia* n'est pas unisériel mais constitué de deux rangées de cellules. Les figures de Darrah (1938) et de Kidston (1923) d'*Oligocarpia vera*, *Oligocarpia brongniartii* et *Oligocarpia gutbieri* constitueraient aux yeux d'Eggert et Delevoryas d'excellentes preuves de leur interprétation. Et de ce fait, ces auteurs rejettent l'hypothèse de l'existence des *Gleicheniaceae* dès le Paléozoïque.

Les photographies en microscopie à balayage que je propose pl. 64, fig. 1b-d de quelques sores d'*Oligocarpia brongniartii* ne laissent aucun doute sur l'organisation de l'anneau des *Oligocarpia*. Celui-ci apparaît nettement constitué d'une seule rangée de très grandes cellules à parois épaissies et je pense par conséquent que le genre doit être maintenu parmi les *Gleicheniaceae*.

La découverte du genre *Grambastia* n'a fait que me conforter dans cette opinion. Celui-ci se caractérise par des sores situés à l'intérieur du limbe, composés de 15 à 25 sporanges en forme de massue et annelés. L'anneau est constitué d'une seule rangée de cellules et couvre plus de la moitié de la surface du sporange. L'existence d'un anneau unisériel rapproche donc *Grambastia* du genre *Oligocarpia* et bien qu'il soit difficile de déterminer si les sporanges sont pédicellés ou non, je pense que ce genre peut également être rangé parmi les *Gleicheniaceae*. Le nombre de sporanges par sore peut paraître élevé comparativement à celui de la plupart des *Gleicheniaceae* actuelles (4 à 6) mais il ne l'est pas davantage que chez *Oligocarpia leptophylla* (Bunbury) où il est susceptible de varier de 7 à 30 (Grauvogel-Stamm et Doubinger, 1975, p. 145).

Le nom du genre *Hymenophyllites* fut choisi pour signaler les ressemblances de ce groupe de plantes fossiles avec les *Hymenophyllaceae* actuelles. Zeiller (1888, p. 56) considérait que la minceur du tissu filiaire constitué apparemment d'une seule assise de cellules,

la position des fructifications placées à l'extrémité des lobes et l'existence d'un anneau transversal complet ne laissent aucun doute sur l'appartenance d'*Hymenophyllites* aux *Hymenophyllaceae*.

Les observations de Danzé concernant le mode d'insertion des sporanges d'*Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier) le conduisent à envisager pour ce genre une position systématique très différente. L'existence d'un prolongement nervuraire enroulé en spirale et portant les sporanges rappelle, d'après Danzé, l'organisation du genre jurassique *Stachypteris* Pomel attribué par Bower (1926, p. 268) aux *Loxsomaceae*. La parenté d'*Hymenophyllites* avec cette famille est donc proposée. Or après une révision détaillée de *Stachypteris*, Harris (1961, p. 134) exclut formellement le genre des *Loxsomaceae* pour le rapprocher avec réserve des *Schizaeaceae*. Les affinités de *Stachypteris* restent très controversées et de toute façon, la diagnose d'*Hymenophyllites* me semble très éloignée de la nouvelle conception de *Stachypteris*.

En ce qui concerne le rattachement d'*Hymenophyllites* aux *Hymenophyllaceae*, on lit dans le traité de Boureau p. 462 : Les espèces du genre *Hymenophyllites* "n'ont aucune parenté avec les *Hymenophyllaceae* et il n'y a aucune raison de penser qu'on puisse attribuer certaines d'entre elles à cette famille". Aucune justification n'est donnée à cette affirmation. La conservation très insuffisante du seul échantillon que j'ai pu examiner ne permet pas d'apporter le moindre élément pour cette discussion et je laisserai donc le genre *Hymenophyllites* parmi les fougères leptosporangiées *incertae sedis*.

Ne disposant que de quelques échantillons stériles se rapportant au genre *Sturia* Němejč, je ne puis que me référer aux travaux des auteurs précédents en ce qui concerne les données sur sa position systématique. Němejč (1934, p. 2) place son nouveau genre parmi les fougères leptosporangiées mais ne le situe pas dans la systématique. Danzé (1956, p. 79) envisage "une affinité plus ou moins précise avec les *Loxsomaceae*" et Andrews (*in* Boureau 1970, p. 471) estime que *Sturia* "fait penser aux *Schizaeaceae*" mais ni l'un ni l'autre ne développent d'argumentation. En fait le genre *Sturia* a été très peu utilisé depuis sa création et il est préférable de le considérer comme une fougère leptosporangiée *incertae sedis*.

6 - Classe des *Progymnospermopsida* :

Cette classe proposée par Beck (1960) regroupe les taxons d'affinités incertaines qui juxtaposent des caractères de Gymnospermes et de Filicophytes. Elle ne concerne aucun des genres traités dans ce travail consacré aux fougères vraies.

c.- Conclusion :

Les discussions précédentes, visant à préciser dans la mesure du possible la position systématique des genres sphénoptéridiens présents dans le bassin sarro-lorrain, étaient destinées essentiellement à définir l'ordre dans lequel ils sont présentés dans ce travail.

Cette "classification" peut paraître très artificielle car les critères qu'elle emploie sont très différents à l'intérieur de chacune des classes et même pour distinguer les classes entre elles. La classe des *Coenopteropsida* et les familles qu'elle renferme sont fondées sur des caractères anatomiques alors que les classes des *Eusporangiopsida* ou des *Leptosporangiopsida* sont établies à partir de critères sporangiaux.

Mais il faut bien se rendre compte que le paléobotaniste doit travailler avec les documents dont il dispose. Ceux-ci sont de natures très différentes et il ne peut espérer établir de classification homogène qu'à la longue, au fur et à mesure des découvertes permettant de faire le lien entre fossiles préservés sous des formes diverses.

III - PRESENTATION DE LA PARTIE SYSTEMATIQUE

1) ORDRE DE PRESENTATION DES GENRES.

. Classe des *Coenopteropsida*

- O. des Coenoptéridales F. des *Zygopteridaceae* G. *Corynepteris*
Alloiopteris *
Nemejcopteris

. Classe des *Eusporangiopsida*

- O. des Marattiales F. des *Marattiaceae* G. *Asterotheca*
- O. des Crossothécales G. *Crossotheca*
Radstockia
- O. des Urnatoptéridales G. *Urnatopteris*
Renaultia
Zeilleria
Myriothea
Sphyropteris

Eusporangiopsida incertae sedis G. *Germera*

. Classe des *Leptosporangiopsida*

- O. des Filicales F. des *Gleicheniaceae* G. *Oligocarpia*
Grambastia
- Leptosporangiopsida incertae sedis* G. *Hymenophyllites*
Sturia

. Filicophytes *incertae sedis*

- G. *Discopteris*
Stellatheca

. Formes sphénoptéridiennes stériles *incertae sedis*

- G. *Desmopteris*
Sphenopteris

2) PLAN D'ETUDE D'UN GENRE.

Une mise au point de chaque genre est effectuée avant d'aborder l'étude des espèces qui lui sont rapportées, avec les rubriques suivantes :

Dans l'ordre :

- Espèce-type :
- Synonymie :
- Diagnose :
- Remarques et discussion :

3) PLAN D'ETUDE D'UNE ESPECE.

Pour chaque espèce, le plan suivant a été adopté :

- Type :
- Synonymie :
- Diagnose :
- Description :
 - 1) Organisation de la fronde :
 - 2) Feuillage stérile :
 - a.- rachis (et phyllophore éventuellement) :
 - b.- pennes :
 - c.- pinnules :
 - d.- nervation :
 - 3) Feuillage fertile :
 - organisation des fructifications :
 - spores :
- Remarques et discussion :
- Répartition dans le bassin sarro-lorrain :
- Répartition générale :

* Le bassin sarro-lorrain a fourni de nombreux représentants du genre *Alloiopteris* H. Potonié qui est considéré par beaucoup d'auteurs comme l'équivalent stérile du genre *Corynepteris*. Ce genre est ici décrit séparément et réunit toutes les formes appartenant quasi sûrement à ce groupe de plantes très particulières mais dont on ne connaît pas encore les fructifications.

L'étude du matériel sarro-lorrain a été complétée par une révision des matériels-types et figurés conservés dans les principaux musées européens et par l'examen de toutes les formes sphénoptéridiennes de leurs collections. Dessins et photographies ont été réalisés sur place avec les moyens techniques disponibles (loupe binoculaire, prises de vue au 24 x 36).

Pour faciliter les comparaisons, j'ai tenu à ce que figurent sur la même planche des grossissements identiques d'échantillons-types et figurés et le matériel sarro-lorrain.

4) TERMINOLOGIE UTILISEE.

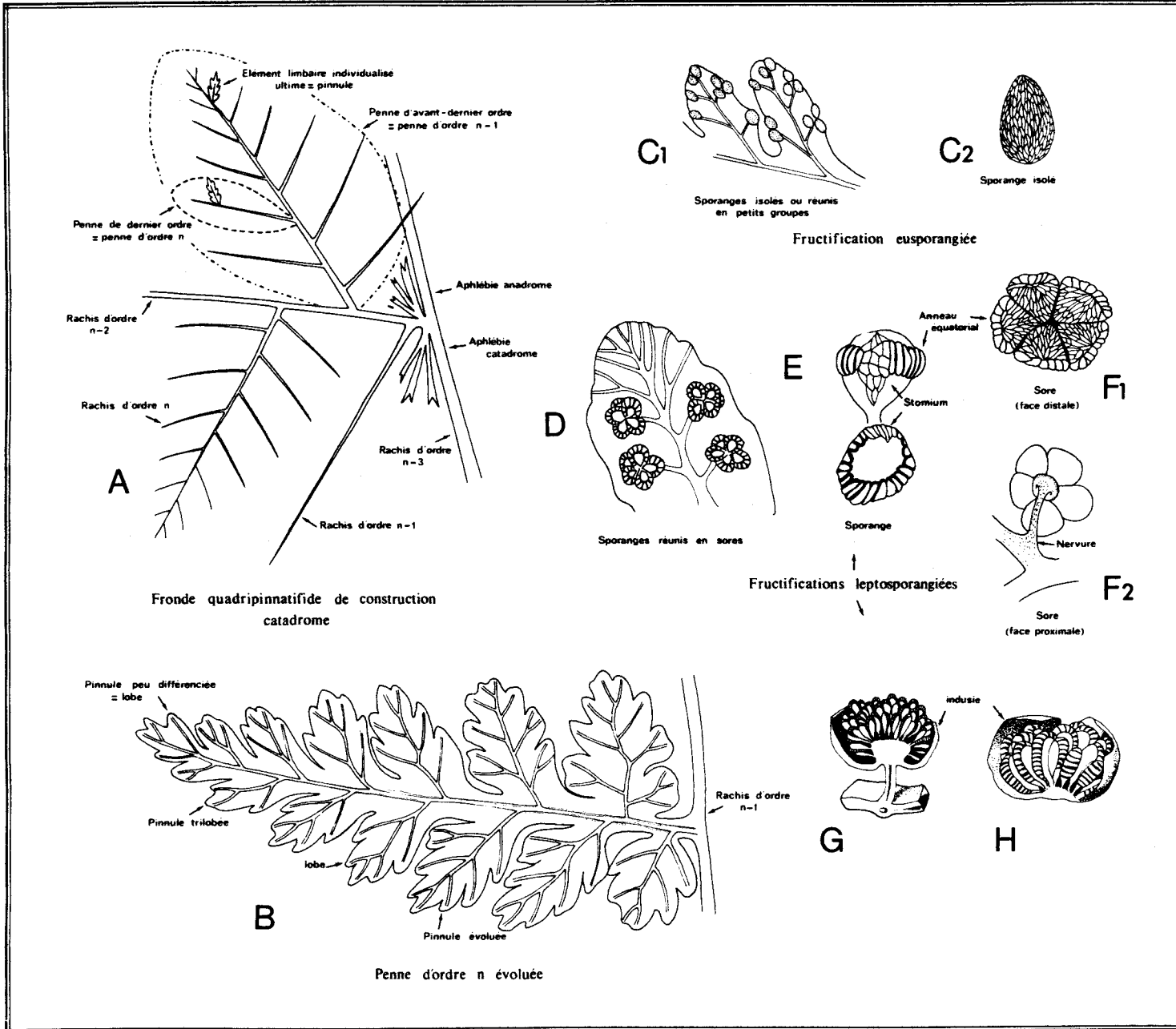
Afin de faciliter les comparaisons et de situer exactement les divers fragments par rapport à l'ensemble des frondes, j'ai utilisé une nomenclature partant des éléments foliaires ultimes.

Les pinnules généralement lobées d'un même ensemble constituent une penne de dernier ordre (ou d'ordre n) unipinnée. Les pennes de dernier ordre s'insèrent sur un rachis d'ordre n-1 et constituent une penne d'avant-dernier ordre (ou d'ordre n-1) bipinnée, etc... Du fait de l'architecture pinnatifide, il est évident, quel que soit d'ailleurs le système de nomenclature adopté, qu'un même rachis sera d'ordre n-2 vers la base et passera progressivement vers l'extrémité à un rachis d'ordre n-1, puis à un rachis d'ordre n. Cela oblige à adopter une conception dynamique de l'architecture d'une fronde pinnatifide. Les dimensions générales des segments seront parfois utilisées pour asseoir d'éventuelles comparaisons.

La conception dynamique de l'architecture de la fronde conduit à quelques abus de langage : je parlerai par exemple de "l'évolution" (ou du "passage") d'une pinnule en (à) une penne de dernier ordre ou de "l'évolution" d'un degré de laciniation alors qu'il s'agit en fait de caractères en relation avec la position respective des éléments considérés dans la fronde.

Pour éviter les répétitions, le terme "d'axe" sera parfois employé pour désigner les rachis, le terme "d'aphlébies" pour pseudo-aphlébies.

Le tableau 7 illustre le système de nomenclature adopté pour définir les différents éléments d'une fronde et rappelle les principaux termes utilisés dans la description des fructifications de fougères.



Tabl. 7 - Rappel des principaux termes du vocabulaire utilisé dans la description des fougères et du système de nomenclature adopté pour définir les différents éléments d'une fronde.



SYSTEMATIQUE

SYSTEMATIQUE

SOMMAIRE

. <u>CLASSE DES COENOPTEROPSIDA</u>		
- <u>O. des Coenoptéridales</u>	F. des <i>Zygopteridaceae</i>	<i>G. Corynepteris</i> p. 56
		<i>Alloiopteris</i> p. 84
		<i>Nemejcopteris</i> p. 101
. <u>CLASSE DES EUSPORANGIOPSIDA</u>		
- <u>O. des Marattiales</u>	F. des <i>Marattiaceae</i>	<i>G. Asterotheca</i> p. 111
- <u>O. des Crossothécales</u>		<i>G. Crossotheca</i> p. 120
		<i>Radstockia</i> p. 128
- <u>O. des Urnatoptéridales</u>		<i>G. Urmatopteris</i> p. 133
		<i>Renaultia</i> p. 138
		<i>Zeilleria</i> p. 197
		<i>Myriothecca</i> p. 219
		<i>Sphyropteris</i> p. 221
* <i>Eusporangiopsida incertae sedis</i>		<i>G. Germera</i> p. 225
. <u>CLASSE DES LEPTOSPORANGIOPSIDA</u>		
- <u>O. des Filicales</u>	F. des <i>Gleicheniaceae</i>	<i>G. Oligocarpia</i> p. 234
		<i>Grambastia</i> p. 259
* <i>Leptosporangiopsida incertae sedis</i>		<i>G. Hymenophyllites</i> p. 266
		<i>Sturia</i> p. 273
. <u>FILICOPHYTES INCERTAE SEDIS</u>		
		<i>G. Discopteris</i> p. 279
		<i>Stellatheca</i> p. 297
. <u>FORMES SPHENOPTERIDIENNES STERILES INCERTAE SEDIS</u>		
		<i>G. Desmopteris</i> p. 300
		<i>Sphenopteris</i> p. 305

CLASSE DES COENOPTEROPSIDA

ORDRE DES COENOPTERIDALES

FAMILLE DES ZYGOPTERIDACEAE

I.- GENERALITES.

Emberger (1968, p. 273) reprenant en partie la classification proposée par Pichi-Sermolli (1959) place cette famille parmi les Phyllophorinées hétérophyllophorées, filicinées constituées d'un phyllophore primaire sur lequel s'insèrent des "pennes" de nature foliaire ayant valeur de vraies frondes. La caractéristique essentielle des *Zygopteridaceae* réside dans le mode d'insertion des frondes par paires alternes distiques.

Cette famille a fait l'objet de nombreux travaux récents réalisés à partir d'un matériel varié conservé soit en empreintes, soit sous forme de pétrifications. Dans une publication essentiellement consacrée au genre *Corynepteris* Baily, Galtier et Scott (1979) sont amenés à comparer les principaux genres de fructifications actuellement rapportés aux *Zygopteridaceae* et à faire le point de ce que nous savons des liens au sein de cette famille entre genres créés pour des structures, genres de formes et genres de fructifications. Ainsi le genre *Rhacophyton* Crépin jusqu'ici considéré comme une forme primitive de la famille, constitue en fait un genre si particulier que Cornet, Phillips et Andrews (1976) proposent d'en faire le représentant possible d'un groupe distinct de pré-fougères : les *Rhacophytaceae* (Barnard et Long, 1975). Considérant par contre que l'on est maintenant à peu près certain que les autres genres de fructifications rapportés à la famille (*Biscalitheca* Mamay, *Corynepteris* Baily, *Musatea* Galtier, *Nemejcopteris* Barthel, *Notoschizaea* Graham, *Schizostachys* Grand'Eury) présentent une disposition quadrisériée des frondes, Galtier et Scott les réunissent dans la sous-famille des *Etapterioideae*. Ils considèrent toutefois que les différences observées entre la taille et l'organisation détaillée des divers types de fructifications sont trop importantes pour constituer une sous-famille homogène. Aussi proposent-ils de les regrouper en deux ensembles :

- le premier réunissant les diverses espèces des genres *Corynepteris* et *Notoschizaea* serait caractérisé par des sores sessiles insérés sur les pinnules, composés de sporanges longs de 1 à 2,5 mm et munis d'un anneau en forme de V,

- le second représenté par les genres *Biscalitheca*, *Schizostachys* et *Nemejcopteris* posséderait des sores pédicellés ou directement attachés au rachis, composés de sporanges longs de 3 à 4 mm et munis de 2 anneaux longitudinaux distincts.

Dans le bassin houiller sarro-lorrain, seuls les genres *Corynepteris* et *Nemejcopteris* ont été reconnus. On verra par la suite s'il convient d'adopter la distinction proposée par Galtier et Scott. Toutefois, une remarque s'impose d'ores et déjà. En effet, si les fructifications de type *Corynepteris* correspondent à des feuillages sphénoptéridiens, le genre *Nemejcopteris* a été créé pour une espèce au feuillage pécoptéridien. Ainsi deux genres de forme bien distincts s'avèrent porter des fructifications comparables sous bien des aspects. Il conviendra de retenir ce fait pour la discussion des problèmes posés par le choix de la hiérarchie des caractères systématiques retenus.

II.- CONSIDERATIONS SUR LE GENRE *CORYNEPTERIS* Baily ET SON EQUIVALENT STERILE *ALLOIOPTERIS* H. Potonié.

Le genre *Corynepteris* a été créé par Baily en 1860 pour un spécimen fertile du Carbonifère supérieur d'Irlande = *Corynepteris stellata*, spécimen de conservation médiocre mais dont les caractères sont suffisamment particuliers pour que le genre soit largement

utilisé. Par la suite, un certain nombre d'espèces connues seulement à l'état stérile ont été attribuées au genre *Corynepteris* sans qu'aucune preuve formelle de connexion entre limbes stérile et fertile soit établie.

H. Potonié en 1896 crée le genre *Aloiopteris* qu'il reprend en 1897 sous la forme *Alloiopteris* (sans donner d'explication pour ce changement d'orthographe) pour les espèces dont la morphologie limbale rappelle celle des *Corynepteris* mais dont les fructifications sont inconnues. Aucune espèce-type n'est désignée pour ce genre.

Le principe d'une attribution générique variable selon la nature des échantillons n'a pas été unanimement admis par les auteurs postérieurs et de nombreuses confusions en sont résultées. Galtier et Scott (1979, p. 83-85) ont très bien récapitulé les différentes étapes et conceptions adoptées pour la dénomination générique des spécimens appartenant à ce vaste groupe et je renvoie le lecteur à leur historique.

Afin d'éviter de nouveaux errements, j'adopterai la position de Galtier et Scott (1979) qui consiste à n'attribuer au genre *Corynepteris* que les espèces pour lesquelles limbes stérile et fertile ont été trouvés en connexion directe ou pour lesquelles on a suffisamment d'arguments pour présumer de leur appartenance à la même plante. Le genre *Alloiopteris* comprendra les espèces présumées appartenir à cet ensemble mais dont les fructifications demeurent inconnues.

GENRE *CORYNEPTERIS* Baily

Espèce-type : *Corynepteris stellata* (Baily, 1860)

- 1860 *Corynepteris* Baily, p. 237
- 1860 *Corynepteris*, Baily, p. 16, fig. 8a, b, c
- 1883 *Grand'Eurya* Zeiller, p. 203
- 1883 *Saccopteris* Stur, p. 696
- 1884 *Saccopteris*, Zeiller, p. 135
- 1979 *Corynepteris*, Galtier et Scott, p. 115

Remarque :

Sont exclues de cette liste de synonymie toutes les citations relatives à des spécimens stériles et dont les connexions avec du limbe fertile n'ont pas été démontrées.

Diagnose :

La description du genre donnée par Baily étant assez vague et ses figurations s'étant révélées inexactes après révision du matériel original, j'ai choisi de donner ici la diagnose proposée par Galtier et Scott (1979, p. 115).

"Fougère avec de longues pennes d'ordre n-1, effilées, portant des pennes fertiles de dernier ordre linéaires, alternes, faisant un angle de 70 à 90° avec le rachis n-1 ; pennes de dernier ordre portant dans certains cas quelques pinnules stériles proximales en plus des pinnules fertiles ; première pinnule anadrome toujours stérile, aplanée, d'un type différent de celui des pinnules stériles normales (quand elles existent) ; pinnules fertiles pouvant être plus longues que les pinnules stériles normales mais plus profondément découpées ; pinnules prenant naissance alternativement sur deux rangées et portant chacune un sore attaché par un court pédicelle vascularisé ; sores presque sphériques ayant jusqu'à 3 mm de diamètre, souvent serrés les uns sur les autres, cachant le

limbe, composés de 5 à 10 sporanges sessiles ou à court pédicelle ; sporanges ovoïdes mais légèrement courbes (face dorsale abaxiale convexe) avec un anneau en forme de U ou de V ; anneau multisériel composé de cellules dont le grand axe est transverse par rapport à l'allongement du sporange (sauf aux extrémités), contrastant avec les cellules allongées des surfaces dorsale et ventrale ; déhiscence au niveau des bords abaxiaux de l'anneau ; spores trilètes, sphériques, avec de petits apicules, cônes ou verrucosités, diamètre : 35 à 84µ " (traduction de l'anglais).

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

- Espèces dont les limbes stérile et fertile ont été trouvés en connexion directe :

- . *Corynepteris angustissima* (Sternberg, 1823)
- . *Corynepteris similis* (Sternberg, 1826)

- Espèces pour lesquelles on a de fortes présomptions que les deux types de limbe, trouvés séparément, appartiennent à la même plante :

- . *Corynepteris essinghii* (Andrae, 1866)
- . *Corynepteris coralloides* (Gutbier, 1835)

CORYNEPTERIS ANGUSTISSIMA (Sternberg)

Planches 1-3

Holotype :

- . Echantillon figuré par Sternberg 1823, pl. XXIII, fig. 1
- . Origine : Bassin de Radnitz, Svinna, schistes Lithrantracum, Westphalien C supérieur
- . Collection : Narodni Museum de Prague.

- 1823 *Pecopteris angustissima* Sternberg, p. 29, pl. XXIII, fig. 1
- 1836 *Alethopteris angustissima* Goepfert, p. 309
- 1854 *Asplenites angustissimus*, Ettingshausen, p. 41
- v. 1854 *Asplenites Sternbergii*, Ettingshausen, p. 42, pl. XIX, fig. 2 (pars) ; pl. XX, fig. 2, 3, 4 (pars)
- 1876 *Pecopteris Sternbergii*, Boulay, p. 33, pl. II, fig. 4
- 1882 *Sphenopteris Sternbergi*, Weiss, p. 13, pl. 12, fig. 75
- v. 1885 *Saccopteris Essinghii*, Stur (pars), pl. LII, fig. 3, 4, 5, 6 non 1, 2
- v. 1886-88 *Sphenopteris Sternbergi*, Zeiller, p. 128, pl. IX, fig. 5, 5a ; pl. XXXVIII, fig. 6, 6ab
- 1897 *Alloiopteris Sternbergii*, R. Potonié, p. 139, fig. 134
- 1899 *Sphenopteris (Corynepteris) Sternbergi*, Zeiller, p. 24, pl. II, fig. 8, 9
- 1899 *Sphenopteris Sternbergii*, Hofmann et Ryba, pl. IV, fig. 13, 13a
- 1910 *Alloiopteris Sternbergi*, Renier, pl. 77
- 1913 *Alloiopteris (Corynepteris) Sternbergi*, Gothan, p. 113, pl. 26, fig. 2, 2a
- 1923 *Corynepteris (Zygopteris) Sternbergi*, Kidston, p. 301, pl. LXXIV ; pl. LXXVIII, fig. 1, 1a, 2
- 1930 *Corynepteris sternbergi*, Němejč, p. 84, pl. 1, fig. 1-5 ; texte-fig. 6
- v. 1935 *Alloiopteris (Corynepteris) sternbergi*, Gothan, p. 44, pl. 43, fig. 1, 2, 4
- 1938 *Corynepteris angustissima*, Němejč, p. 15, pl. I, fig. 3, 4 ; pl. III, fig. 8-10 ; texte-fig. 4, 5, 9b
- 1944 *Alloiopteris (Corynepteris) sternbergi*, Bell, p. 74, pl. XXIII, fig. 2, 3 ; pl. XXIV, fig. 1

- 1953 *Corynepteris sternbergi*, Jongmans, p. 43, pl. 10, fig. 48, 48a, 48₁, 48₂
1953 *Corynepteris angustissima*, Stockmans et Willièrè, p. 210, pl. XLII, fig. 1
1953 *Alloiopteris angustissima*, Stockmans et Willièrè, p. 210, pl. XXXIV, fig. 1, 1a ;
pl. XLV, fig. 5, 5a ; pl. LI, fig. 6, 6a
1954 *Corynepteris Sternbergii*, Novik, p. 15, pl. I, fig. 1
1955 *Saccopteris (Corynepteris) sternbergi*, Daber, p. 22, pl. IV, fig. 2, 2a
1956 *Corynepteris angustissima*, Danzè, p. 325, pl. LIII, fig. 4-6 ; pl. LIV, fig. 1-2a ;
pl. LV, fig. 3, 3a ?
1959 *Alloiopteris sternbergi*, W. Remy et R. Remy, p. 140, texte-fig. 112a, b
1963 *Alloiopteris sternbergi*, Cridland, Morris et Baxter, p. 69, pl. 21, fig. 44
1965 *Corynepteris angustissima*, Greber, p. 89, pl. XXXVII, fig. 1-3 ; texte-fig. 18
? 1966 *Alloiopteris erosa*, R.H. Wagner, p. 124, pl. 17, fig. 36 ; pl. 25, fig. 52
? 1969 *Alloiopteris winslovii*, Darrah, p. 149, pl. 22, fig. 1
1971 *Alloiopteris sternbergi*, Germer, p. 27, pl. VI, fig. 2 ; texte-fig. 28
1975 *Corynepteris angustissima*, Barthel, pl. 1, fig. 4
1975 *Alloiopteris sternbergi*, Jennings, p. 52, pl. 1 ; texte-fig. 1
1977 *Alloiopteris sternbergi*, W. Remy et R. Remy, p. 217 ; texte-fig. 102a, b
1977 *Sphenopteris (Corynepteris) angustissima*, Alvarez Ramis, p. 143, pl. I, fig. 5,
6 ; pl. VIII
1978 *Alloiopteris erosa*, Boersma, p. 58, pl. XI, fig. 1, 2
1979 *Corynepteris sternbergii*, Galtier et Scott, p. 89, pl. 1, fig. 6-8 ; pl. 2-3 ;
pl. 4, fig. 6-8 ; texte-fig. 2-5
v. 1979 *Alloiopteris angustissima*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 127, pl. 1,
fig. 1, 2 ; texte-fig. 1

Diagnose :

La diagnose de Sternberg est très succincte. Cependant, Galtier et Scott (1979) n'en donnent pas de nouvelle, bien qu'ils décrivent pour la première fois un certain nombre de caractères fondamentaux du limbe stérile. La diagnose que je propose ici tient compte de leurs observations, par ailleurs retrouvées sur le matériel sarro-lorrain, complétant ainsi celles de Danzè (1956, p. 326) et d'Alvarez Ramis (1977, p. 143).

- Phyllophore finement strié longitudinalement avec des poils ou appendices épineux ou les cicatrices correspondantes.
- Feuillage stérile : frondes insérées par paires alternes et portant une ahlébie dichotome à la base ;
pennes ultimes rubanées, alternes ;
pinnules de petite taille (2-3 mm), obliques par rapport au rachis, décurrentes, dissymétriques, plus ou moins fortement coalescentes ; pinnules bien différenciées composées de 2 lobes principaux eux-mêmes bifides ; 3 premières pinnules proximales anormales : 1ère catadrome attachée directement au rachis n-1, située dans un plan différent du reste du limbe ; 2ème catadrome ahléboïde, dichotome, avec parfois un lobe hypertrophié acuminé ; 2ème catadrome comparable aux autres pinnules stériles mais pourvue d'un lobe catadrome supplémentaire ;
nervure principale bien marquée, deux fois dichotome, la première division située assez loin du rachis.
- Feuillage fertile : développement acroscopique des fructifications ; nombre minimum de pinnules stériles à la base des pennes fertiles : 2-3 pinnules proximales identiques à celles des pennes stériles ; pinnules fertiles de plus grande taille, à lobes laciniés ; sores composés de 5 sporanges munis d'un anneau multisérié en V ; spores sphériques de type *Apiculatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp ; diamètre variant de 50 à 60 μ (d'après Kidston, 1923, p. 302 ; Galtier et Scott, 1979, p. 96), de 19 à 25 μ pour les spécimens étudiés ici.

Description :

Cette espèce ne semble pas très abondante dans le bassin sarro-lorrain et je ne dispose que d'un matériel fragmentaire, le plus grand spécimen correspondant à un fragment de penne d'avant-dernier ordre. Je serai donc amenée pour cette description à utiliser en outre les travaux des auteurs suivants : Kidston (1923), Němejč (1930, 1938), Danzè (1956), Galtier et Scott (1979). Par ailleurs j'ai pu compléter mon étude par l'observation

d'échantillons conservés dans les différents musées européens. En particulier, les collections du Saarbergwerke de Sarrebruck renferment un certain nombre de spécimens fertiles sur lesquels j'ai pu effectuer des prélèvements qui se sont avérés fructueux.

1) Organisation de la fronde :

L'échantillon figuré par Kidston (1923, pl. LXXVIII, fig. 1, la), mal conservé, permet néanmoins de supposer une insertion par paires des frondes sur le phyllophore. Galtier et Scott (1979, pl. 1, fig. 8) ont refiguré ce spécimen et en ont donné une interprétation graphique (texte-fig. 2F, p. 90) qui montre bien la double insertion avec les aphyllées dichotomes. Mais c'est en fait à Němejč que l'on doit les premières figurations d'une disposition quadrisériée des pennes d'*Alloiopteris sternbergii* (1930) et de *Corynep-teris angustissima* (1938, texte-fig. 4, p. 16). Dans cette dernière publication, il affirme par ailleurs avoir pu vérifier cette double insertion sur le type de Sternberg, après l'avoir bien dégagé.

Jusqu'à présent, la disposition typique des frondes de *Zygopteridaceae* n'a pu être mise en évidence sur les spécimens fertiles.

2) Feuillage stérile :

a.- phyllophore et rachis :

Le phyllophore figuré par Němejč pour *Corynep-teris angustissima* est le plus important actuellement connu. Il est décrit comme mesurant 9 mm de large et couvert de longs trichomes dont on n'observe souvent que les cicatrices. "Il porte des pennes primaires alternes" émises par paires dont les rachis montrent à leur base "une aphyllée dichotome".

Les rachis, relativement larges et arrondis, présentent de petits apicules lorsque la matière charbonneuse a disparu (pl. 1, fig. 7). Sinon leur surface porte une fine striation longitudinale. Le matériel étudié ne m'a pas permis d'observer les deux sillons longitudinaux généralement présents sur les rachis de ce groupe.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre très étroites, rubanées et alternes, sont insérées perpendiculairement aux rachis n-1. Les plus longues que j'ai pu observer mesurent 90 mm pour un rachis n-1 large de 2 mm et leurs insertions sont espacées de 8 mm environ.

c.- pinnules :

Toujours de petite taille, elles sont identiques sur toute la longueur des pennes à l'exception des 3 premières pinnules basales. Celles-ci ont été très bien décrites par Galtier et Scott (1979), en particulier la première pinnule catadrome qui, jusque-là, était passée inaperçue.

Ces trois pinnules proximales particulières ont pu être observées sur le matériel sarro-lorrain.

- Pinnules proximales (texte-fig. 9 B3-B5, C) :

. Le limbe de la première pinnule catadrome n'est généralement pas conservé et seule une petite cicatrice indique qu'elle doit être attachée directement au rachis d'ordre antérieur. Dans certains cas favorables un fragment de limbe dans l'angle catadrome des pennes de dernier ordre témoigne de sa présence (pl. 1, fig. 4b, flèches). Galtier et Scott suggèrent qu'elle doit être insérée dans un plan différent de celui du reste du limbe ce qui expliquerait sa mauvaise conservation.

. La première pinnule anadrome, aphylléide est nettement plus développée que les autres pinnules stériles "normales". Galtier et Scott la décrivent comme divisée dichotomiquement en lobes plus ou moins échanrés et quelquefois incomplètement conservée du fait de sa morphologie tridimensionnelle. C'est effectivement l'allure qu'elle présente dans la plupart des cas. Mais sur le spécimen figuré en 4a, pl. 1, son aspect est particulier : une division dichotome nette la sépare en deux parties très différentes ; la partie catadrome, parallèle au rachis n-1, est relativement large, composée de 2 lobes pointus, identiques à ceux des autres pinnules stériles ; la partie anadrome par contre beaucoup

plus étroite se développe parallèlement aux pinnules adjacentes mais surtout présente un lobe très allongé et pointu (flèches). Galtier et Scott ne semblent pas avoir observé de telles pinnules, mais sur l'échantillon de *Corynepteris angustissima* figuré par Němejč (1938, fig. 5, p. 17) on remarque que les pinnules anadromes de certaines pennes portent un lobe allongé, très acuminé, tout à fait comparable à ceux observés ici.

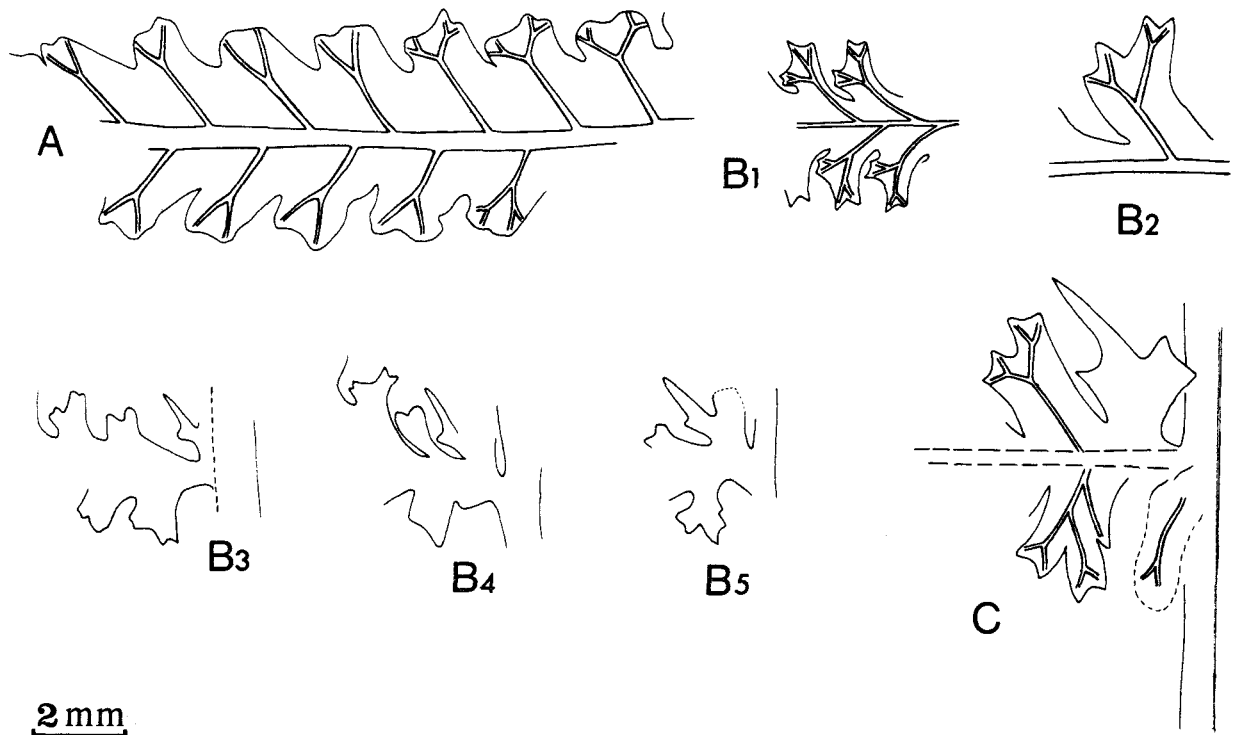
. La seconde pinnule catadrome ne se différencie des suivantes que par la présence d'un petit lobe catadrome supplémentaire. Il est irrigué par une ramification de la nervure principale, inexistante chez les autres pinnules (texte-fig. 9 C).

- Pinnules distales (texte-fig. 9 A, B1-B2) :

Elles sont généralement petites, inférieures à 2 mm, décurrentes et plus ou moins coalescentes selon leur degré de différenciation. Le spécimen figuré en 8, pl. 1 représente une forme particulièrement opulente dont les pinnules mesurent plus de 3 mm mais c'est le seul fragment observé qui atteigne une telle taille. La texte-fig. 9 A résume le mode de différenciation des pinnules et montre l'apparition successive de 4 lobes.

d.- nervation :

La nervure principale décurrente se divise dichotomiquement une ou deux fois, envoyant une nervule dans chaque lobe. Les divisions ont lieu très près du sommet de la pinnule et, comme en outre les nervules sont relativement larges et en relief, cela confère au limbe un aspect tout à fait caractéristique.



Texte-fig. 9 - Morphologie du limbe stérile de *Corynepteris angustissima* (Sternberg).
A - Fragment de penne de dernier ordre, d'après l'échantillon figuré en 8, pl. 1.
B1-B2 - Morphologie caractéristique des pinnules distales ; B3-B5 - Quelques aspects des pinnules proximales anormales, d'après l'échantillon figuré en 4, pl. 1.
C - Schéma synthétique représentant les pinnules proximales anormales.

3) Feuillage fertile :

Chez les échantillons très fertiles, il semble que les rachis d'ordre n-1 soient proportionnellement plus larges que chez les spécimens stériles dont les autres éléments sont par ailleurs de dimensions équivalentes.

a.- pennes :

La présence de pinnules stériles à la base des pennes de dernier ordre fertiles et particulièrement des 3 pinnules proximales décrites plus haut a fourni à Galtier et Scott (1979, p. 91) la preuve irréfutable qu'*Alloiopteris angustissima* et *Corynepteris angustissima* appartiennent à la même plante. Leur description du feuillage fertile et des fructifications étant très complète, je me contenterai d'en donner ici un résumé.

Le développement des fructifications est acroscopique (pl. 2, fig. 2, 2a, 5, 5a) aussi bien au niveau des pennes ultimes que de la fronde. Le nombre de pinnules stériles à la base des pennes varie d'un échantillon à l'autre et semble en relation avec la position de la penne dans la fronde. Ainsi Galtier et Scott (1979, p. 91, 92) indiquent que si la deuxième pinnule catadrome peut porter des fructifications, les deux pinnules basales demeurent toujours stériles. Au niveau de la fronde, j'ai pu compter, sur un spécimen conservé au Museum für Naturkunde de Berlin, jusqu'à 48 pinnules stériles avant la première fertile.

b.- pinnules :

De plus grande taille que les pinnules stériles, elles sont aussi plus découpées, avec des segments linéaires dépassant largement les sores. Elles se composent de deux lobes inégalement divisés.

c.- fructifications :

Chaque pinnule porte à sa base un sore composé de 5 sporanges. L'anneau est constitué de deux bandes plurisériées de cellules transverses à parois épaissies, réunies au sommet du sporange. La paroi dorsale, composée de cellules allongées longitudinalement, est dépourvue de noyaux scléreux, la déhiscence se fait au contact de l'anneau. La paroi ventrale qui n'a jamais été observée clairement serait elle aussi constituée de cellules longitudinales.

d.- spores :

Galtier et Scott les décrivent comme sphériques et trilètes, s'apparentant aux spores dispersées du genre *Apiculatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp.

L'un des prélèvements effectués sur le matériel du Saarbergwerke de Sarrebruck a effectivement fourni des spores trilètes dont le contour varie d'une forme largement arrondie à triangulaire. Les figures de la planche 3 sont destinées à montrer les variations d'ornementation constatées entre spores prélevées à différents niveaux de la fronde correspondant à des degrés de maturation variés. Les spores les plus ornementées portent bien de petits apicules (fig. 9). Leur diamètre varie de 19 à 25 μ ce qui est très différent des dimensions fournies par Kidston (1923, p. 302) puis Galtier et Scott (1979, p. 96).

Remarques et discussion :

Sternberg (1823) donne du spécimen décrit sous le nom *Pecopteris angustissima* une figuration très schématique. En 1854, Ettingshausen crée *Asplenites sternbergii* pour des pennes stériles provenant de la même localité. Il en propose des représentations de bonne qualité, si bien que les auteurs suivants (Zeiller, Kidston ou Gothan) choisissent de faire référence au nom spécifique ainsi créé aussi bien pour du matériel stérile que pour des échantillons fertiles.

Beaucoup plus tard, Němejč (1938) ayant eu l'occasion de réexaminer le matériel type de Sternberg conclut à l'identité des deux espèces et considère *Corynepteris sternbergii* comme un synonyme postérieur de *Corynepteris angustissima*.

Galtier et Scott (1979) reconnaissent l'antériorité du nom spécifique *angustissima* mais ne sont pas d'accord pour admettre la synonymie des deux espèces tant qu'une comparaison détaillée des types de Sternberg et d'Ettingshausen n'aura pas été effectuée

et que l'identité des formes stériles et fertiles décrites par Němejc n'aura pas été prouvée.

Je pense que nous disposons maintenant d'une quantité suffisante d'informations pour admettre cette synonymie. C'est pourquoi j'ai adopté la dénomination admise par la plupart des auteurs postérieurs à Němejc : *Corynepteris angustissima* (Sternberg).

Cette espèce particulièrement caractéristique par la forme de ses pinnules stériles ne semble pas avoir posé de difficultés d'identification ni entraîné de confusions majeures.

Stockmans et Willièrre ont figuré en 1953 deux échantillons sous le nom d'*Alloiopteris angustissima* (pl. XXXIV, fig. 1 ; pl. LI, fig. 6). Danzé (1956, p. 334) n'admet pas cette détermination et considère les deux spécimens comme des synonymes de *Corynepteris similis* (Sternberg). Je ne partage pas cette opinion : en effet l'échantillon figuré en 6a, pl. LI montre très bien la nervation deux fois dichotome caractéristique de *Corynepteris angustissima* et on devine à la base des pennes, les pinnules "anormales" décrites plus haut. D'autre part, on verra que *Corynepteris similis* se différencie par l'existence d'une pinnule anadrome basilaire très allongée, développée en forme d'alène qui ne peut être observée sur aucun des spécimens figurés par Stockmans et Willièrre.

Danzé met aussi en doute la conformité de la figuration de Gothan (1935, pl. 43, fig. 2). J'ai pu étudier cet échantillon conservé au Museum für Naturkunde de Berlin (pl. 2, fig. 7, 7a). Effectivement son aspect presque pécoptéridien ne correspond pas à l'image habituelle de l'espèce, mais ceci est dû en fait à un artefact, le limbe étant en partie englobé dans le schiste. La nervation est tout à fait identique à celle des spécimens considérés comme typiques de l'espèce.

Enfin, Danzé figure (1956, pl. LV, fig. 3, 3a) un échantillon un peu particulier dont il fait une variété *spinulosa* en raison des lobes finement acuminés. La figuration est médiocre et l'original n'a malheureusement pas été retrouvé, cette détermination m'apparaît toutefois douteuse ; par ailleurs l'état de conservation du matériel ne semble pas justifier la création d'une entité systématique particulière.

J'approuve par contre totalement la mise en synonymie par Kidston (1923, p. 301) avec *Corynepteris angustissima* des spécimens figurés par Stur sous le nom de *Saccopteris essinghii* (1885, pl. LII, fig. 3-6) que j'ai pu étudier au Geologische Bundesanstalt de Vienne (pl. 2, fig. 3, 3a, 8, 8a ; pl. 3, fig. 5, 5a-c).

De même je pense que l'échantillon figuré par Boersma (1978, p. 58, pl. XI, fig. 1, 2) sous le nom d'*Alloiopteris erosa* doit être rapporté à *Corynepteris angustissima*. Il en présente en effet les traits essentiels : forme des pinnules, nervation deux fois dichotome, et surtout pinnules proximales anormales caractéristiques.

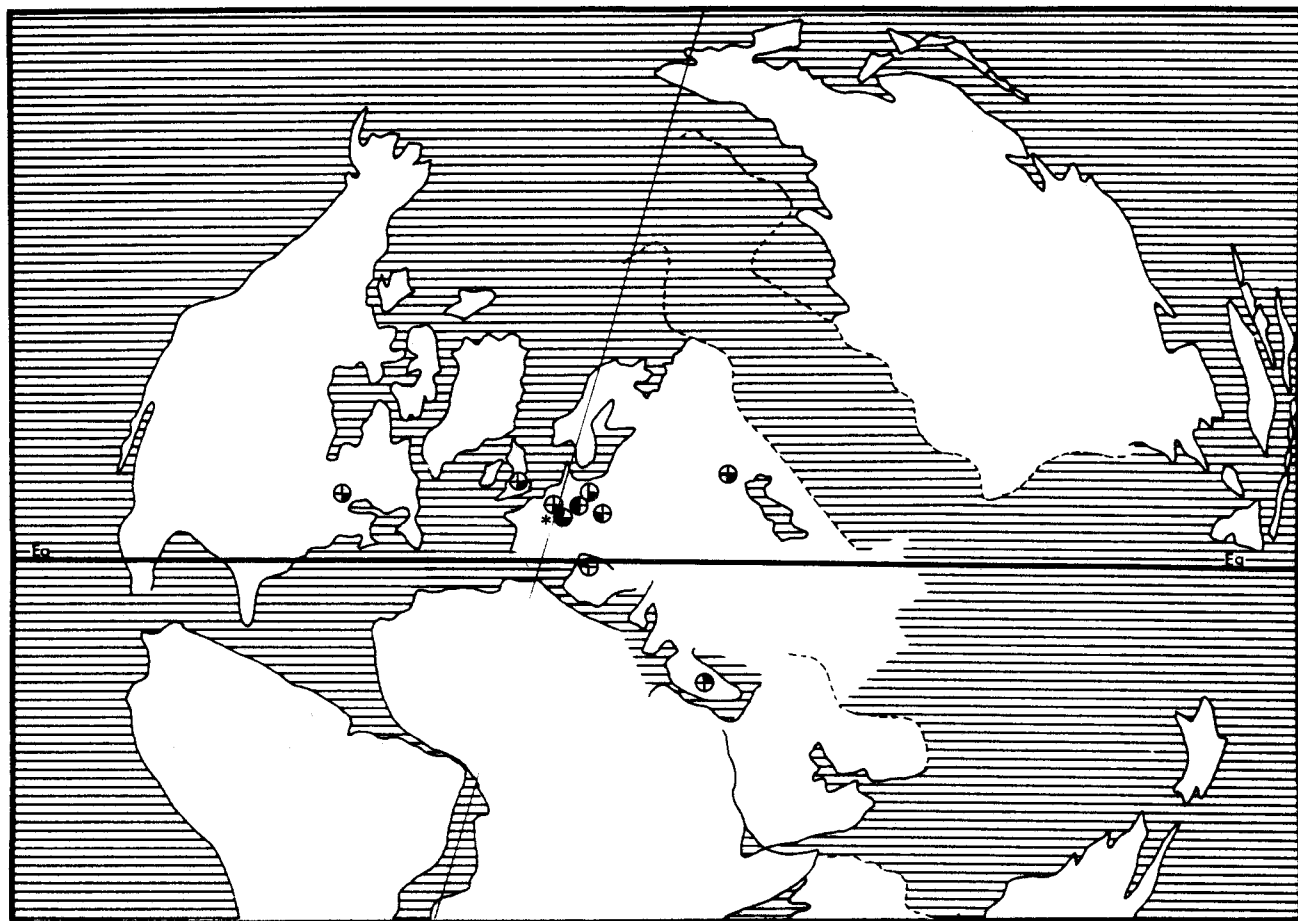
Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Siège de *Reisbach*, Belt Road 3 W et 9 E, niveau de la veine Illingen, Heusweiler Schichten, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Palaeobot. et Palynol. Univ. Utrecht n° R1190 et R728A, éch. figuré par Boersma 1978, pl. XI, fig. 1, 2).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Siège de *St-Ingbert*, veine 8 Sud, sous T600, 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Cocheren* 8 à 1376,25 et 1376,26 m, juste au-dessous de T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43609-43610).
 - Siège de *Faulquemont*, toit de la veine 2, 1/3 supérieur du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43611).

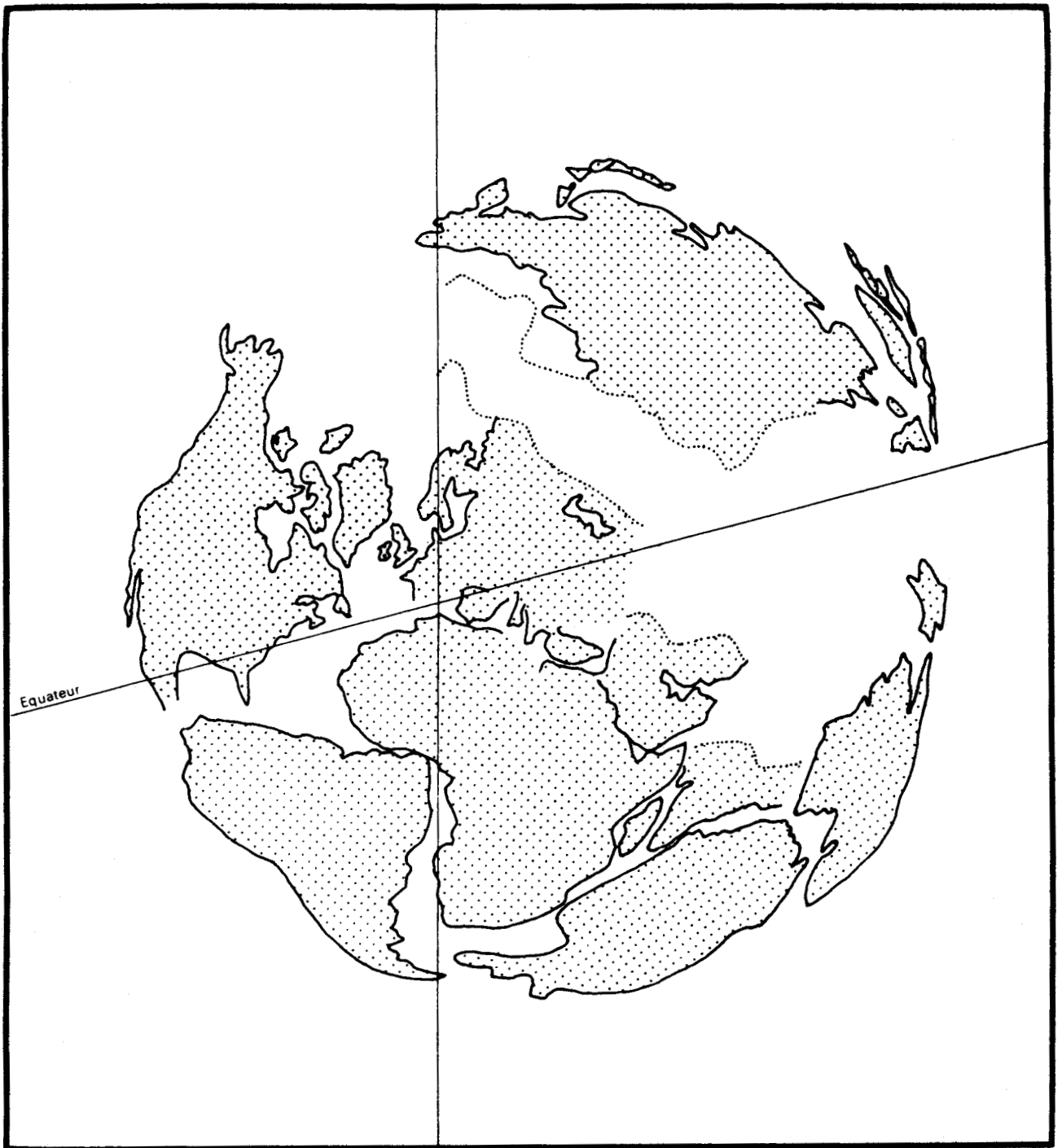
- Sondage de *Gargan 1* à 931,70 m, 20 m au-dessus de T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43608).
- Groupe d'*Heinitz*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe d'*Hélène*, couches de Sulzbach, veine 9, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe de *König*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° B/2650, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1979, pl. 1, fig. 1).
- Groupe de *Neunkirchen*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe de *Schäfer-Riegelsberg*, veine Wahlschied, couches d'Ottweiler, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Ste-Fontaine 2* à 1308,40 m, 200 m sous T300, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43601).
- Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 1202,23 et 1202,24 m, niveau de la veine 1, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43602-43603).
- Siège de *St-Ingbert*, veine 12 Sud, 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43613).
- Sondage de *Valmont 4* à 1409,65 ; 1409,70 ; 1409,72 ; 1409,90 m, 200 m sous T200, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43604-43607).

Corynepteris angustissima (Sternberg) est donc une espèce relativement peu fréquente dans le bassin houiller sarro-lorrain mais son extension est importante puisqu'elle commence dans la partie supérieure du Westphalien B et se prolonge jusque dans les niveaux inférieurs du Stéphanien.

Répartition générale :



Texte-fig. 10 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Corynepteris angustissima* (Sternberg).



Texte-fig. 11 - Reconstitution de la répartition probable des masses continentales au Carbonifère supérieur (combinaison des figures 11 et 13 de Briden et *al.* 1980).



Toutes les répartitions paléogéographiques générales des espèces étudiées dans ce travail seront présentées à partir d'un extrait de carte reconstituant l'emplacement des masses continentales au Carbonifère supérieur (texte-fig. 11). La reconstitution retenue est une interprétation intermédiaire des figures 13 et 11 proposées par Briden et *al.* 1980 respectivement pour le Carbonifère inférieur et le Permien.

Par souci de simplification, les figurés suivants ont été choisis :

- ⊕ espèce présente au Namurien
- ⊕ espèce présente au Westphalien A
- ⊙ espèce présente au Westphalien A et B
- espèce présente du Westphalien A au Westphalien C
- espèce présente du Westphalien A au Westphalien D
- espèce présente au Stéphanien

CORYNEPTERIS SIMILIS (Sternberg)

Planches 4-6

Holotype :

- . Echantillon figuré par Sternberg, 1826, pl. XX, fig. 1
- . Origine : Bassin de Radnitz, Svinna, dans des niveaux intermédiaires entre les couches de Radnitz inférieures et supérieures, Westphalien C supérieur
- . Collection : Národní Museum de Prague.

- 1826 *Pecopteris similis* Sternberg, p. 160, pl. XX, fig. 1
- 1836 *Alethopteris similis*, Goepfert, p. 310
- 1854 *Asplenites similis*, Ettingshausen, p. 42
- 1888 *Pecopteris (Corynepteris ?) similis*, Zeiller, p. 43, fig. 29
- 1908 *Odontopteris thinnfeldioides* Schuster, p. 195, pl. V, fig. 2 ; pl. VI, fig. 5a, 5b
- 1911 *Corynepteris similis*, Kidston, p. 39, pl. III, fig. 3, 3a ; pl. IV, fig. 2, 3
- 1935 *Alloiopteris similis*, Gothan (pars), p. 41, pl. 40, fig. 1, 2, non 5
- 1938 *Corynepteris similis*, Němejc, p. 44, pl. I, fig. 8, 9 ; pl. II, fig. 7, 8, 9 ;
texte-fig. 9d
- 1951a *Corynepteris thinnfeldioides*, Guthörl, pl. 13, fig. 4
- 1953 *Alloiopteris similis*, Stockmans et Williëre, p. 211
- 1956 *Corynepteris similis*, Danzé, p. 331, pl. LIV, fig. 3, 3a
- v. 1979 *Alloiopteris similis*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 136, pl. 4, fig. 3,
3ab ; pl. 5, fig. 3 ; texte-fig. 13
- v. 1979 *Alloiopteris inversa* Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 132, pl. 2, fig. 4 ;
texte-fig. 7, 7a

Diagnose :

- Phyllophore inconnu.
- Feuillage stérile : pennes ultimes rubanées, alternes ;
pinnules d'assez grande taille (3-5 mm) obliques par rapport au rachis, d'aspect pécoptéridien, plus ou moins coalescentes, à contour ogival avec de légères indentations ; 3 premières pinnules proximales anormales : lère catadrome petite, arrondie, attachée directement au rachis n-1, oblique par rapport au reste du limbe ;

lère anadrome avec un lobe basal anadrome en alène, très développée (plus de deux fois la longueur des autres pinnules), faisant un angle de 45° avec le rachis ; 2ème catadrome au limbe élargi du fait de la présence d'un lobe supplémentaire plus ou moins développé ; nervure principale zigzagante.

- Feuillage fertile : développement acroscopique des fructifications ; pinnules stériles plus ou moins nombreuses à la base des pennes fertiles ; sores composés de 5 sporanges munis d'un anneau multisérié en forme de V ; spores de type *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp, diamètre variant de 54 à 84µ .

Description :

Les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille renferment quelques spécimens stériles dont les plus grands correspondent à des fragments de pennes d'avant-dernier ordre, et un échantillon largement fructifié qui a fourni de nombreuses spores. Deux autres spécimens fertiles ont été étudiés au Saarbergwerke de Sarrebruck : l'un d'entre eux montre nettement la disposition des sores.

1) Organisation de la fronde :

Le matériel décrit jusqu'ici n'a jamais permis en fait de vérifier que cette espèce appartient bien aux *Zygopteridaceae* : ne sont connus que des fragments de pennes d'ordre n-1 sans la moindre trace d'insertion sur un éventuel phyllophore.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Toujours couverts d'une fine striation longitudinale, leur importance varie beaucoup. Les comparaisons sont difficiles à établir strictement car il est rare que les pennes ultimes soient conservées sur toute leur longueur. Toutefois on remarquera que l'échantillon figuré par Alvarez Ramis, Doubinger et Germer (1979, pl. 4, fig. 3) représente un fragment de penne n-1 dont le rachis mesure à peine 3 mm pour des pennes de dernier ordre atteignant 140 mm alors que celui figuré ici pl. 4, fig. 4 montre un rachis large de 6 mm dont les pennes certes incomplètes, ne semblent pas devoir être plus longues.

b.- pennes :

Rubanées, alternes, les pennes de dernier ordre sont insérées perpendiculairement au rachis et atteignent parfois de grandes dimensions, donnant à la plante un port assez raide.

c.- pinnules :

D'assez grande taille, d'aspect plus pécoptéridien que sphénoptéridien, plus ou moins coalescentes, elles sont identiques sur toute la longueur des pennes à l'exception des trois premières pinnules proximales.

- Pinnules proximales (texte-fig. 12, 2, 4) :

. Le limbe de la première pinnule catadrome n'est que très rarement conservé. Seules deux de ces pinnules sont visibles sur l'échantillon figuré en 1b, pl. 4 (flèche), l'une d'elles est attachée directement sur le rachis n-1. Les auteurs jusqu'ici ne semblent pas avoir porté un intérêt particulier à ces pinnules basilaires, aussi aucune figuration ne donne-t-elle un agrandissement suffisant pour que cette première pinnule catadrome puisse être observée. Comme elle devait être située dans un plan oblique par rapport à celui du reste du limbe et que sa taille est très inférieure à celle des autres pinnules, il n'est pas étonnant qu'elle soit restée inaperçue.

Par contre, Gothan (1935, p. 42) et Danzé (1956, p. 333) avaient bien remarqué que les deux pinnules suivantes avaient un limbe plus développé que la normale, Danzé suggérant même qu'elles devaient se transformer en pseudo-aphlébies.

. La première pinnule anadrome présente un aspect tout à fait caractéristique qui facilite l'identification de l'espèce. Elle se compose de deux parties d'allure et d'importance très différentes (texte-fig. 12, 2) :

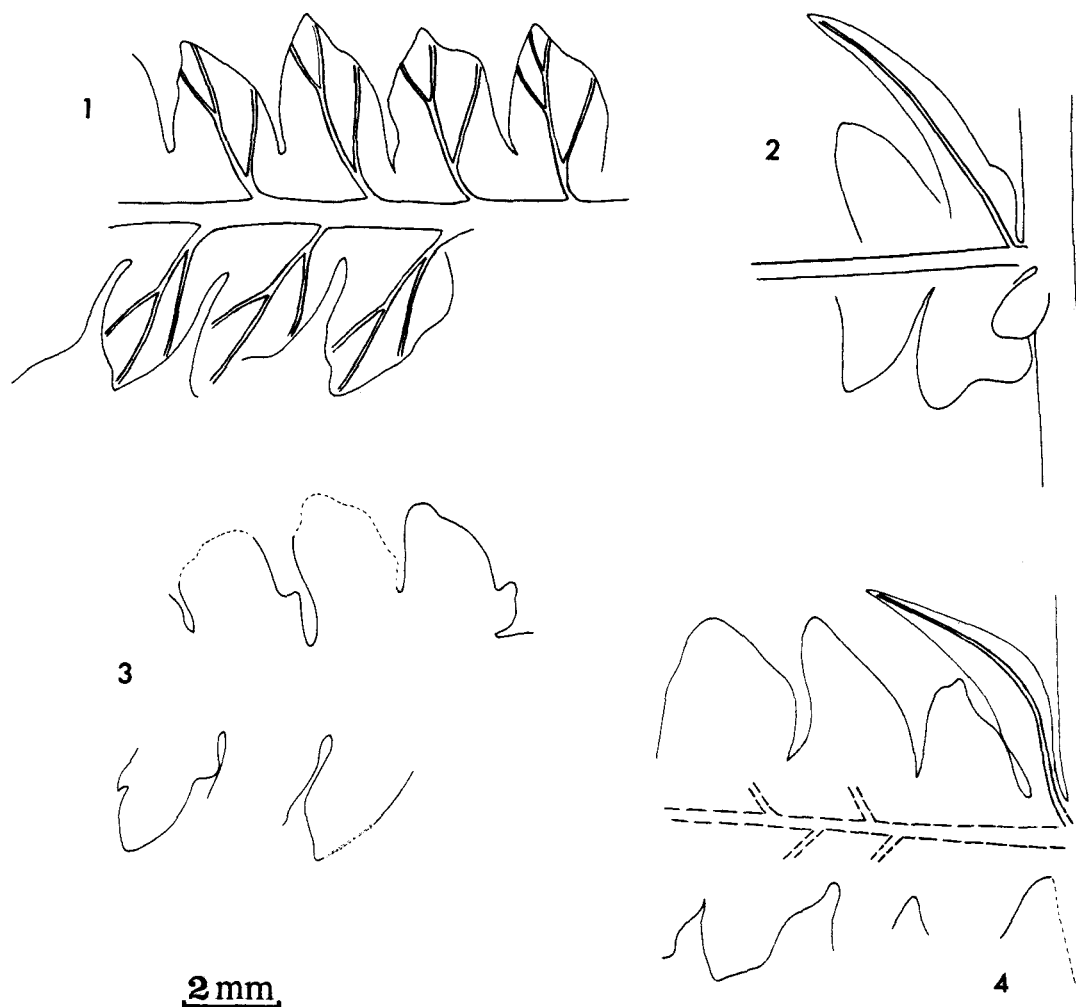
. la partie catadrome parallèle au rachis n-1, généralement arrondie ressemble aux pinnules stériles normales ; elle est toutefois beaucoup moins développée, parfois à peine visible, sinon inexistante sur certains spécimens ;

. la partie anadrome prend une forme en alène très allongée (plus du double de la longueur d'une pinnule normale) et fait un angle de 45° environ avec le rachis d'ordre n-1. La nervure principale simple issue de l'angle formé par les deux rachis est toujours très bien marquée et se prolonge jusqu'à l'extrémité du limbe (pl. 4, fig. 1a, 2a).

. La deuxième pinnule catadrome légèrement plus longue que les suivantes ne s'en différencie que par son limbe plus élargi du fait de la présence d'un lobe catadrome supplémentaire plus ou moins développé (pl. 4, fig. 2a ; texte-fig. 12, 2).

- Pinnules distales (texte-fig. 12, 1) :

D'allure générale ogivale, elles sont insérées obliquement par rapport au rachis sur toute leur largeur. Leur contour en fait n'est pas régulier mais présente de légères indentations, témoignage d'une ébauche de lobation, chaque indentation correspondant à une nervule. Leur taille varie de 3 à 5 mm, elles sont plus ou moins coalescentes selon leur degré de différenciation mais ne se montrent jamais complètement indépendantes ; les rachis ultimes apparaissent donc toujours ailés.



Texte-fig. 12 - Morphologie du limbe stérile de *Corynepterus similis* (Sternberg).

1, 3, 4 - Dessins d'après nature des pinnules distales et des pinnules proximales anormales, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 4.

2 - Schéma synthétique représentant les trois pinnules proximales anormales.

d.- nervation :

La nervure principale décurrenente et oblique sur le rachis se divise plusieurs fois en nervures secondaires elles-mêmes dichotomes (pl. 4, fig. 5a, 5b, 6), à l'exception de la première ramification anadrome qui demeure simple (tout au moins sur les spécimens observés ici). Sur les spécimens dont les rachis sont proportionnellement plus développés la nervation apparaît relativement large.

3) Feuillage fertile :

C'est à Zeiller (1888, p. 43) que l'on doit la première description des fructifications de *Corynepteris similis* mais le seul échantillon figuré à ce jour, du moins à ma connaissance, est celui représenté par Kidston (1911, pl. IV, fig. 2). Les trois spécimens décrits ici et qui n'ont pu être figurés en entier pour des raisons matérielles permettent donc de compléter l'information.

a.- pennes :

La figuration de Kidston montre bien le développement acroscopique des fructifications puisque seules les pennes sommitales sont fertiles. Quand on n'a pas la chance de trouver associés les limbes stérile et fertile, la présence de pinnules stériles à la base des pennes fertiles facilite la détermination. On peut estimer à 35-40 le nombre de pinnules stériles à la base de la penne la moins fructifiée du spécimen de Kidston. Aucun des trois échantillons fertiles connus jusqu'ici n'est suffisamment fructifié pour permettre de préciser le nombre minimum de ces pinnules basilaires stériles (le sommet de la fronde figurée par Kidston n'a pas été représenté).

b.- pinnules :

Elles sont entièrement recouvertes par les sores et l'état de conservation du matériel ne permet pas de déterminer si un limbe est présent ou non.

c.- fructifications :

Les pennes de l'échantillon figuré en 1, la-f, pl. 5 sont repliées sur elles-mêmes si bien que les deux rangées de sores sont superposées. Sans doute est-ce pour cette raison que Zeiller a décrit la fructification comme constituée de sporanges "groupés de façon irrégulière, se touchant tantôt par les anneaux, tantôt par d'autres parties de leur surface". Le spécimen décrit ici est beaucoup mieux conservé et on voit nettement en certains endroits les sores composés de 5 sporanges sessiles (1 sore par pinnule). L'anneau multisérié est constitué de deux bandes longitudinales réunies au sommet du sporange. Les autres caractères de la paroi sporangiale n'ont pu être observés.

d.- spores :

Les prélèvements effectués sur les trois spécimens se sont avérés fructueux. Ils ont fourni des spores trilètes arrondies finement ornementées de petits granules (pl. 5, fig. 1h-k ; pl. 6, fig. 1h-j). Je n'ai pas constaté chez cette espèce de variations entre les spores prélevées à différents niveaux de la fronde, leur degré de maturation est identique partout. Elles s'apparentent donc au genre *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp. Leur diamètre est nettement supérieur à celui des spores de *Corynepteris angustissima* (Sternberg) puisqu'il varie de 54 à 84 μ mais entre parfaitement dans la fourchette de variations indiquée dans la diagnose générique de Galtier et Scott.

Remarques et discussion :

La figuration originale très schématique de Sternberg (1826, pl. XX, fig. 1) concerne uniquement le limbe stérile. La description des fructifications donnée par Zeiller (1888, p. 43) est illustrée par un croquis mais les spécimens auxquels il est fait allusion ne sont pas figurés. On doit donc à Kidston (1911) la première représentation valable de l'espèce. Ce n'est que beaucoup plus tard (1938) que Nêmejc donne une figuration détaillée du type décrit par Sternberg qui confirme l'exactitude de la détermination de Kidston et ne laisse aucun doute sur l'appartenance spécifique de notre matériel. On y retrouve en effet l'essentiel des caractères du limbe stérile décrits ici : pinnules d'assez grande taille d'aspect pécoptéridien et surtout pinnules basilaires anormales dont la première anadrome en forme d'alène est particulièrement bien visible sur les figures 8 et 9, pl. II de Nêmejc.

Cette espèce pose une nouvelle fois la question de la hiérarchie des caractères systématiques à prendre en compte. Elle avait été décrite initialement sous le nom générique de *Pecopteris* et en effet son feuillage est beaucoup plus pécoptéridien que sphénoptéridien. Les caractères de ses fructifications et le type des spores qu'elles produisent répondent par contre tout à fait à la diagnose du genre *Corynepteris* Baily, genre de fructification créé pour des espèces sphénoptéridiennes. Ayant résolu de donner priorité aux organes reproducteurs du fait semble-t-il de leur plus grande stabilité face aux variations écologiques, je suivrai donc Zeiller et Kidston dans leur attribution générique. L'espèce est placée dans le genre *Corynepteris* uniquement sur les caractères de ses fructifications car nous n'avons encore aucune preuve que l'organisation de sa fronde soit celle d'une *Zygopterida-ceae*.

Par l'aspect de son limbe, cette espèce ne peut être confondue avec aucune autre du genre *Corynepteris*. Toutefois il est remarquable de constater combien elle présente de similitudes au niveau des pinnules basales anormales avec *Corynepteris angustissima* (Sternberg). Dans les deux cas en effet la première pinnule catadrome s'insère directement sur le rachis d'ordre antérieur alors que la seconde se caractérise par un lobe supplémentaire. Enfin, la première pinnule anadrome devenue aphylléboïde montre sur quelques spécimens de *Corynepteris angustissima* une forme en alène comparable à celle observée chez *Corynep-teris similis*.

Alvarez Ramis et al. ont créé récemment (1979, p. 132) une nouvelle espèce : *Alloiopteris inversa* à partir d'un seul spécimen qui porte une inscription manuscrite de P. Bertrand accompagnée d'une représentation de la nervation qu'ils reproduisent (fig. 7, 7a, p. 138 = ici pl. 4, fig. 5, 5ab). Cette nouvelle espèce se distinguerait de *Corynep-teris similis* par un caractère nervuraire, les nervures secondaires anadromes ne se dichotomisant pas, contrairement aux catadromes. Ce caractère correspond en fait à ce qui a été observé sur l'espèce de Sternberg. L'aspect des pinnules du fragment figuré par Alvarez Ramis et al. (1979, pl. 2, fig. 4) est par ailleurs tout à fait identique à celui des échantillons figurés par ces mêmes auteurs pl. 4, fig. 3, 3ab, 4 sous le nom d'*Alloiopteris similis*. *Alloiopteris inversa* est donc un synonyme de *Corynepteris similis*.

Schuster (1908, p. 195) a décrit sous le nom d'*Odontopteris thinnfeldioides* un échantillon que tous les auteurs considèrent comme synonyme de *Corynepteris similis*. En fait, les figurations de Schuster (pl. V, fig. 2 ; pl. VI, fig. 5a, 5b) ne permettent pas de se faire une opinion valable : les agrandissements des pennes de dernier ordre ne montrent pas les pinnules basales caractéristiques de l'espèce de Sternberg et tels quels, ces dessins pourraient tout aussi bien correspondre à une figuration de *Pecopteris acuta* (Brongniart) (= *P. plumosa* Artis). J'ai tout de même laissé *Odontopteris thinnfeldioides* dans la liste de synonymie de *Corynepteris similis* suivant ainsi les auteurs précédents, faute d'avoir pu étudier correctement l'original. Il en est de même pour le spécimen de *Corynepteris thinnfeldioides* figuré par Guthörl (1951a, pl. 13, fig. 4) pour lequel on ne possède pas plus d'arguments, tant la conservation en est médiocre.

Gothan (1913, p. 115) décrit une nouvelle espèce d'*Alloiopteris* : *All. (? Corynep-teris) junghanni* qui rappelle l'espèce de Sternberg par l'aspect pécoptéridien des pinnules et le mode de division de la nervation (pl. 25, fig. 4, 5, 5a ; pl. 26, fig. 3). Mais en aucun cas cette espèce ne peut être assimilée à *Corynepteris similis* : les pinnules de petite taille montrent des indentations bien marquées ; il ne semble pas y avoir de pinnules proximales anormales ; la nervation est constituée d'une nervure principale zigzagante et de nervures secondaires toutes également divisées.

Gothan figure en 1935 (pl. 40, fig. 1, 2, 5) trois échantillons qu'il rapporte à *All. similis*. L'aspect du spécimen de la figure 5 ne correspond pas du tout à la description que j'ai donnée tant par la forme de ses pinnules, que par l'absence de pinnules basales aphylléboïdes si caractéristiques, il doit être exclu de la synonymie.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :

- Puits de *Wendel*, veine Henri, sommet du faisceau de Petite-Rosselle, extrême base du West-phalien D (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :

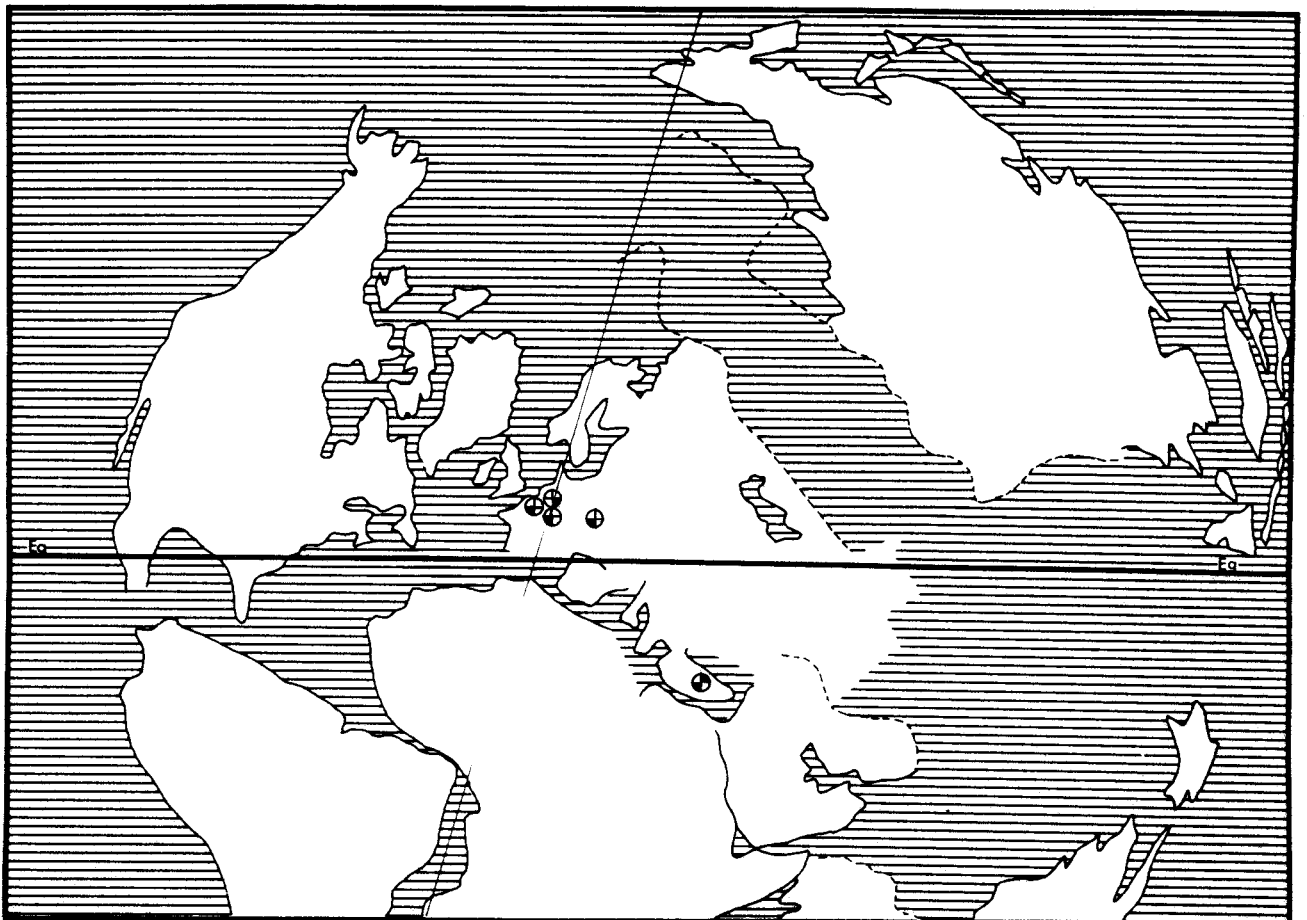
- Sondage de *Steinberg* à 869,60 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431008-431009).

- Autres gisements :

- Sondage du *Chêne aux sorcières* à 1147,30 et 1147,31 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431006-431007).
- Sondage de *Cuvelette*, veine 9, sous T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431010).
- Groupe de *Dudweiler*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° B/2663 éch. figuré par Alvarez Ramis et *al.* 1979, pl. 2, fig. 4).
- Groupe d'*Hélène*, veine II R, sous T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe d'*Hélène*, veine 13, juste sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe *von der Heydt*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Hombourg 2/6* à 1022,49 et 1022,50 m, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431004-431005).
- Groupe de *Jägersfreude*, veine 9, au-dessus de T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe de *Maybach*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 745,10 m, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431001).
- Sondage de *Ste-Fontaine 6* à 754,50 et 754,51 m, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431002-431003).

Dans le bassin houiller sarro-lorrain, l'extension stratigraphique de *Corynepteris similis* commence sous le T300 (Westphalien C inférieur) et se prolonge jusqu'à l'extrême base du Westphalien D.

Répartition générale :



Texte-fig. 13 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Corynepteris similis* (Sternberg).

CORYNEPTERIS ESSINGHII (Andrae)

Planches 7-11

Néotype*

- . Echantillon figuré ici en 6, 6a, pl. 9
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, sondage des Chasseurs à 713,20 m, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur
- . Collection : Laboratoire de Paléobotanique de l'Université de Lille I SPH. H.B.L. n° 43767.

- 1866 *Sphenopteris Essinghii* Andrae, p. 20, pl. VII, fig. 2, 3
- 1883 *Sphenopteris* (*Grand'Eurya*) *Essinghi*, Zeiller, p. 206
- v. 1885 *Saccopteris Essinghii*, Stur (pars), pl. LII, fig. 1, 2, non 3-6
- 1886-88 *Sphenopteris* (*Corynepteris*) *Essinghi*, Zeiller, p. 122, pl. IX, fig. 1, 2 ; texte-fig. 41
- v. 1913 *Alloiopteris* (*Corynepteris*) *Essinghi*, Gothan, p. 116, pl. 24, fig. 2 ; pl. 25, fig. 8
- 1913 *Alloiopteris* (? *Corynepteris*) *magnifica* Gothan, p. 109, pl. 27, fig. 3
- 1927 *Corynepteris Essinghi*, Hirmer, texte-fig. 620i, k
- 1935 *Alloiopteris* (*Corynepteris*) *essinghi*, Gothan (pars), p. 43, pl. 42, fig. 1, 2, non pl. 38, fig. 1-3
- 1938 *Corynepteris Essinghi*, Němejč, p. 18, pl. I, fig. 5-7 ; pl. II, fig. 4-6 ; texte-fig. 6, 9c
- 1951a *Corynepteris* cf. *magnifica*, Guthörl, pl. 13, fig. 5
- 1953 *Corynepteris essinghi*, Guthörl, p. 168, pl. 19, fig. 5a, 5b
- 1956 *Corynepteris Essinghi*, Danzė, p. 317, pl. LI-LII ; pl. LIII, fig. 1-3 ; pl. LV, fig. 2, 2a ; texte-fig. 29a-c
- 1957 *Alloiopteris essinghi*, Gothan et W. Remy, p. 108 ; texte-fig. 102
- 1958 *Alloiopteris essinghi*, Aderca et al., pl. V, fig. 1-3
- 1964 *Alloiopteris essinghi*, Gothan et Weyland, pl. 15, fig. 1 ?, 2
- 1965 *Corynepteris Essinghi*, Greber, p. 90, pl. XXXVII, fig. 4, 4a ; texte-fig. 19
- 1972 *Alloiopteris essinghi*, Migier, pl. X, fig. 4, 6
- 1977 *Alloiopteris essinghi*, W. Remy et R. Remy, p. 217 ; texte-fig. 103
- 1979 *Corynepteris Essinghi*, Galtier et Scott, p. 98, pl. 4, fig. 1-5 ; texte-fig. 6, 7
- 1979 *Alloiopteris essinghi*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 131, pl. 2, fig. 1, 2 ; texte-fig. 6
- v. 1979 *Alloiopteris magnifica*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 133, pl. 2, fig. 5-8 ; texte-fig. 8
- v. 1979 *Alloiopteris quercifolia*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 134, pl. 3, fig. 5, 6 ; texte-fig. 11
- v. 1979 *Alloiopteris tenuissima*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 136, pl. 5, fig. 1, 2 ? ; texte-fig. 14 ?

Diagnose :

- Phyllophore finement strié longitudinalement avec des poils ou appendices épineux, ou les cicatrices correspondantes.
- Feuillage stérile : frondes vraisemblablement insérées par paires portant une ahlébie dichotome à la base ; pennes ultimes alternes ;

* Les matériels originaux d'un certain nombre d'auteurs anciens (Andrae, Gutbier, Stur) n'ont malheureusement pas toujours été retrouvés. Aussi me suis-je vu dans l'obligation de désigner des néotypes pour les espèces concernées. Ces désignations seront bien sûr remises en question si par bonheur les holotypes sont identifiés. Elles constituent toutefois une solution d'attente intéressante dans la mesure où les néotypes ont été choisis parmi les échantillons provenant du bassin d'origine et conformes aux figurations initiales.

pinnules dissymétriques, obliques ou redressées perpendiculairement au rachis ; lobes anadromes toujours différenciés avant leurs équivalents catadromes et se divisant plus précocement ; division très rapide du lobe basal anadrome, plus développé que les suivants ; passage au rang de penne de dernier ordre se manifestant par l'apparition d'un petit lobe catadrome supplémentaire ; 2 pinnules basales aphiléboïdes, l'anadrome toujours plus développée, la catadrome parfois absente ; nervure principale peu décurrenente, 2 ou 3 fois dichotome, première ramification basale anadrome.

- Feuillage fertile : présence possible de pinnules stériles à la base des pennes fertiles ; pinnules portant chacune un sore composé généralement de 8 sporanges ; anneau multi-sérié en V élargi dans sa partie proximale ; pas d'flots scléreux sur le reste de la paroi sporangiale ; spores de type *Apiculatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, diamètre variant de 40 à 64 μ .

Description :

L'espèce *Corynepteris essinghii* est abondante dans le bassin houiller sarro-lorrain. Les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille renferment un matériel assez riche qui a permis de reconstituer les étapes successives de la différenciation des pinnules et de leur transformation en pennes de dernier ordre. En outre, quelques prélèvements se sont révélés fructueux, apportant pour la première fois des informations sur le type de spores fournies par cette espèce.

1) Organisation de la fronde :

Les échantillons sarro-lorrains les plus complets représentent au mieux des fragments de pennes n-1 dont la base n'est jamais conservée. Par contre les spécimens figurés par Gothan (1913, pl. 25, fig. 8) et Stur (1885, pl. LII, fig. 1), reproduits ici pl. 7, fig. 1 et 3 montrent très bien l'insertion sur un rachis très large (phyllophore) d'une penne n-1 portant à sa base une aphilébie dichotome très laciniée. Bien que la double insertion des frondes sur le phyllophore n'apparaisse pas nettement, on remarquera dans l'angle NW de la photo 3 un fragment d'une seconde penne de même ordre dont le rachis semble converger vers le point d'insertion de la première.

Quelques dimensions :

Echantillon figuré en 3, pl. 7

- . largeur du phyllophore = 11 mm
- . largeur d'un rachis n-1 = 5 mm
- . longueur d'une penne de dernier ordre incomplète = supérieure à 30 mm

La description de Zeiller (1888, p. 123) commence de la façon suivante : "fronde quadripinnatifide * , le rachis primaire atteignant 15 mm de largeur" mais la figuration (pl. IX, fig. 2) ne montre en fait que deux fragments de pennes d'ordre n-1 dont les rachis semblent effectivement converger.

2) Feuillage stérile :

a.- phyllophore et rachis :

Phyllophore et rachis sont couverts de fines ponctuations correspondant sans doute à des cicatrices de trichomes ; ils présentent en outre une fine striation

* Avant que la notion d'organe intermédiaire (= phyllophore) soit acquise, les auteurs anciens : Stur (1883-1885), Zeiller (1888) avaient une conception de l'organisation de la fronde différente de celle admise actuellement. Ainsi par exemple P. Bertrand (1914, p. 741) écrivait à propos de *Corynepteris coralloides* : "la fronde prenait naissance sur un rhizome horizontal. Le rachis primaire avait l'allure d'un axe cylindrique dressé verticalement" portant "des rachis secondaires insérés en position alterne suivant deux génératrices diamétralement opposées". Or, on admet aujourd'hui que ce sont les frondes qui sont insérées par paires alternes distiques. Ceci explique que dans les descriptions des auteurs anciens, la différenciation du limbe comporte toujours un degré de division supplémentaire : une fronde quadripinnatifide décrite par Zeiller sera pour nous tri-pinnatifide.

longitudinale. Deux sillons longitudinaux bien marqués sont visibles sur certains rachis d'ordre n-1.

b.- pennes :

Alternes et rubanées, insérées perpendiculairement au rachis, les pennes de dernier ordre devaient être relativement longues car elles sont rarement conservées sur toute leur longueur. A titre indicatif, les pennes ultimes du spécimen figuré en 1, pl. 8 mesurent 80 mm pour un rachis d'ordre n-1 large de 1,5 mm.

c.- pinnules :

La taille et la forme des pinnules sont susceptibles de beaucoup varier en fonction de leur position dans la fronde. De plus, on constate entre différents spécimens des variations dans l'opulence et l'épaisseur du limbe en réponse peut-être à des variations écologiques particulières ou dues tout simplement à des processus de conservation différents. En outre, les deux premières pinnules proximales sont toujours aphiléboïdes, la réduction de leur limbe et leur degré de laciniation semblant en relation avec l'état de différenciation des pinnules distales correspondantes.

- Mode de différenciation des pinnules :

Les dessins A1-A7 de la texte-fig. 14 ont été réalisés d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 8. Dans sa partie sommitale ce spécimen permet de reconstituer la différenciation progressive des pinnules (A1-A5) alors qu'à sa base, les pinnules très évoluées passent au rang de petite penne (A6-A7).

L'aspect le plus courant des pinnules de *Corynepteris essinghi* est celui des dessins A1-A3 lesquels correspondent parfaitement aux figurations originales d'Andrae (1866, pl. VII, fig. 2, 2a, 3, 3a). Inclinaison sur le rachis, les pinnules sont rendues dissymétriques par une plus grande intensité de division côté anadrome. L'ordre d'apparition des lobes est différent de celui de la plupart des espèces sphénoptéridiennes puisque les lobes anadromes s'individualisent toujours avant leurs équivalents catadromes, le lobe basal anadrome étant déjà divisé avant la formation du deuxième lobe catadrome (A2).

En A4 et A5 les pinnules adoptent une position légèrement différente : elles sont redressées perpendiculairement au rachis, ce qui rejette les lobes catadromes vers la base de la penne.

Le passage de la pinnule au rang de petite penne est représenté par les dessins A6-A7 : les lobes plus nombreux sont tous divisés, sauf au voisinage du sommet, et à la base de la "pinnule" apparaît un petit lobe catadrome supplémentaire.

Le dessin G réalisé à partir du spécimen figuré par Alvarez Ramis et al. (1979, pl. 2, fig. 5) sous le nom d'*Alloiopteris magnifica*, reproduit ici en 1, pl. 10, correspond à un stade de différenciation équivalent.

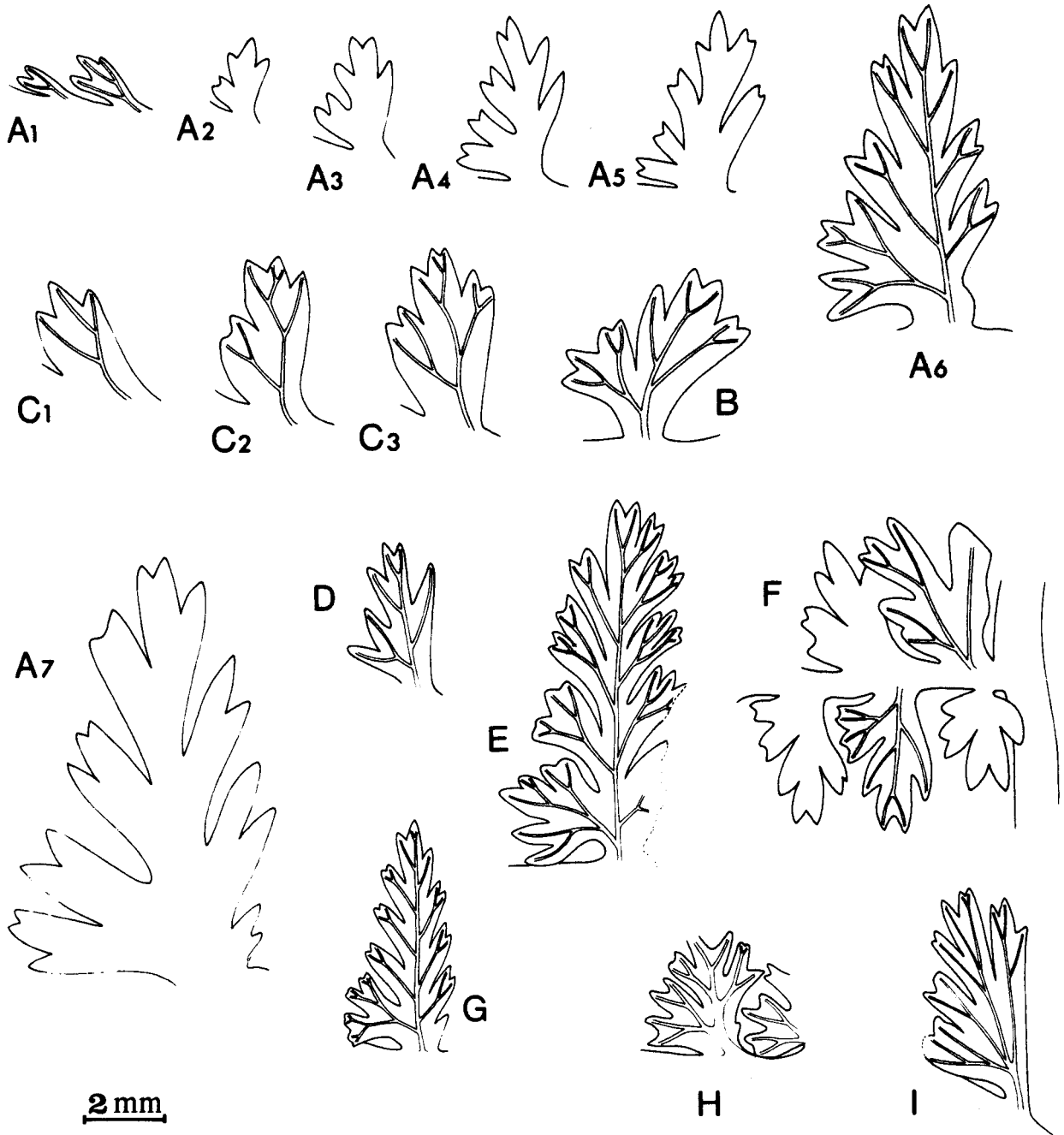
Par contre le dessin E montre un degré d'évolution plus élevé : les lobes sont "devenus" de petites pinnules dont la différenciation en est aux stades A1 et A2 précédemment décrits. On remarquera combien la pinnule basale anadrome de ce spécimen malheureusement incomplet (pl. 9, fig. 4) ressemble à l'aphlébie anadrome de la penne ultime représentée en F d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 8.

- Variabilité morphologique entre pinnules au même stade de développement :

La texte-fig. 14 est aussi destinée à illustrer la variabilité morphologique du limbe entre pinnules au même stade de développement. L'une (dessin I) très inclinée sur le rachis possède un limbe délicat (pl. 9, fig. 6a), lacinié et sa nervation est à peine visible. L'autre au contraire (dessin H), très redressée avec le côté catadrome recourbé vers la base de la penne montre une nervation plus marquée et aussi plus large (pl. 9, fig. 1). L'aspect du limbe est alors très différent, les pinnules semblant beaucoup plus dissymétriques à première vue que dans le premier cas.

- Pinnules proximales aphiléboïdes :

Les deux pinnules basales de toutes les pennes ultimes sont toujours modifiées et plus ou moins aphiléboïdes. Leur degré de laciniation et la réduction du limbe sont d'au-



Texte-fig. 14 - Etapes successives de la différenciation limbairé et variabilité morphologique de *Corynepteris essinghii* (Andrae).

A1-A5 - Différenciation des pinnules ; A6-A7 - Passage de la pinnule au rang de penne de dernier ordre, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 8. La croissance en longueur est ici prédominante.

C1-C3 - Premières étapes de différenciation de pinnules au limbe plus opulent et moins profondément découpé, d'après un échantillon non figuré.

B, D, H, I - Différents aspects possibles des pinnules évoluées, d'après les échantillons figurés en 2, pl. 8 ; 4, pl. 8 ; 1, pl. 9 ; 6, pl. 9.

E - Penne de dernier ordre peu évoluée, d'après l'échantillon figuré en 4, pl. 9.

F - Base de penne de dernier ordre très différenciée montrant la réduction de la pinnule basale catadrome, d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 8.

G - Petite penne de dernier ordre dessinée à partir de l'échantillon déterminé *Alloiopteris magnifica* par Alvarez Ramis et al. (1979, pl. 2, fig. 5), repris ici en 1, pl. 10.



tant plus prononcés que les pinnules distales sont plus différenciées, la première pinnule anadrome étant toujours plus longue et plus laciniée que son équivalente catadrome (texte-fig. 14 F). Un degré extrême de laciniation et de réduction du limbe est atteint sur le spécimen figuré par Gothan (1913, pl. 27, fig. 3) sous le nom d'*Alloiopteris magnifica*, où seule l'aphlébie anadrome est présente. Ce phénomène semble assez fréquent sur le matériel sarro-lorrain, l'aphlébie catadrome étant parfois à peine visible (pl. 8, fig. 1) ou totalement absente (pl. 7, fig. 4a).

On peut interpréter l'apparition du lobe basal catadrome supplémentaire de la pinnule basale (texte-fig. 14 A6, E) comme l'ébauche de l'aphlébie catadrome des pennes de dernier ordre F.

Contrairement aux deux espèces précédemment décrites : *Corynepteris angustissima* (Sternberg) et *Corynepteris similis* (Sternberg) l'espèce *essinghii* ne montre pas de pinnules directement attachées sur le rachis n-1.

d.- nervation :

La nervure principale faiblement décurrente émet une première ramification vers la partie basale anadrome de la pinnule, puis se divise en nervures secondaires elles-mêmes une ou deux fois dichotomes, de façon à irriguer chacune des indentations du limbe.

3) Feuillage fertile :

Galtier et Scott (1979, p. 98, 99, texte-fig. 6) donnent une nouvelle description très complète du spécimen étudié par Zeiller (1888, p. 122). Le matériel fertile dont je dispose étant très fragmentaire et ayant été rapporté à l'espèce sur la base de l'association avec du limbe stérile typique de *Corynepteris essinghii*, je donnerai ici un résumé de la description de Galtier et Scott.

a.- pennes :

Les quelques rares spécimens fertiles figurés jusqu'ici ne permettent pas de déterminer le sens de développement des fructifications.

Sur le matériel étudié par Galtier et Scott seules les deux pinnules basales aphléboïdes demeurent stériles. Mais Zeiller (1888, texte-fig. 41, p. 125) dans sa représentation du feuillage fertile figure une pinnule stérile à la base de la penna fertile sans autre indication. Galtier et Scott semblent admettre la présence possible d'un nombre variable de pinnules stériles à la base des pennes fructifiées, comme cela est le cas chez les autres espèces de *Corynepteris*.

b.- pinnules :

La révision du matériel de Zeiller conduit Galtier et Scott à modifier la description originale des pinnules fertiles dont le limbe ne leur paraît ni réduit ni particulièrement lacinié.

c.- fructifications :

Chaque pinnule porte à sa base un sore composé dans la plupart des cas de huit sporanges très serrés et longs de 2,5 mm. L'anneau multisérié commence à environ 0,8 mm de la base du sporange et se rétrécit vers le sommet. Le reste de la paroi sporangiale, dépourvu d'ilots scléreux, est constitué de cellules rectangulaires ou polygonales, la zone de déhiscence au contact de l'anneau, face dorsale, se différenciant par la plus petite taille de ses cellules. Les figures 3, 3ab de la planche 11 illustrent les différents aspects de la paroi sporangiale observée au M.E.B.

d.- spores :

Les spores obtenues par prélèvements *in situ* sont trilètes, de contour elliptique et leur diamètre est compris entre 40 et 64 μ . Leur observation au M.E.B. révèle une belle ornementation constituée d'apicules réguliers longs de 1,4 à 1,6 μ . Elles s'apparentent par conséquent au genre *Apiculatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp de la terminologie des spores dispersées (pl. 11, fig. 1d-h).

Remarques et discussion :

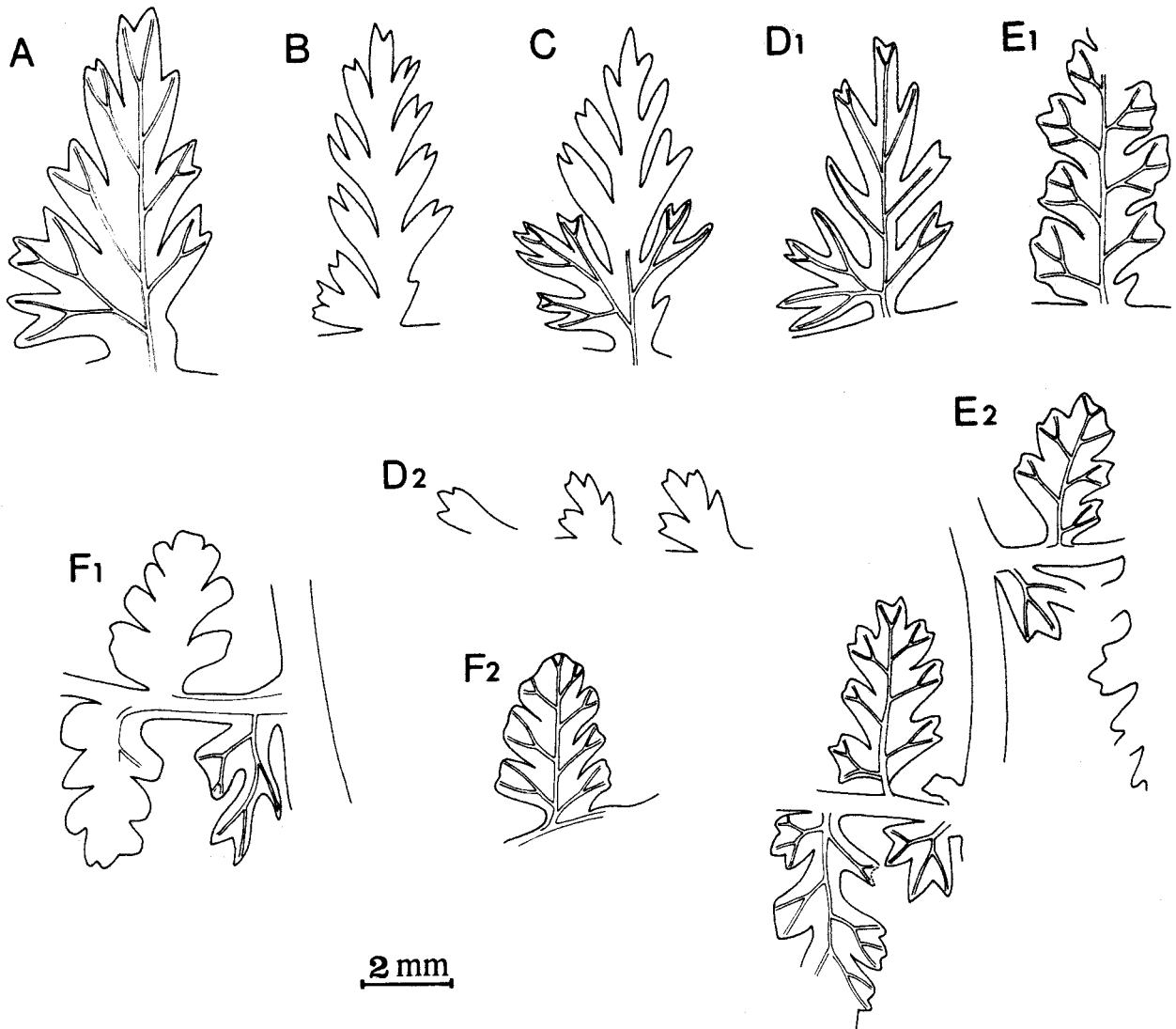
Les figurations originales d'Andrae (1866, pl. VII, fig. 2, 2a, 3 et 3a) étant excellentes et la forme des pinnules stériles tout à fait caractéristique par le plus grand développement de la partie basale anadrome, l'identification de la plupart des spécimens ne pose pas de difficultés majeures.

La reconstitution de la différenciation progressive des pinnules à partir du stade initial constitué d'un lobe unique jusqu'à la transformation de la pinnule en penne de dernier ordre m'a permis d'établir la liaison entre les spécimens couramment attribués à *Corynepteris essinghii* et ceux figurés par certains auteurs sous le nom de *Corynepteris magnifica* Gothan.

Gothan (1913, p. 109, pl. 27, fig. 3) caractérise sa nouvelle espèce par la grande taille des pinnules, la présence d'une aphiébie anadrome à la base des penes et par le développement particulier de la première pinnule catadrome. Je n'ai malheureusement pas pu retrouver l'échantillon-type de *Sphenopteris* (? *Corynepteris*) *magnifica* mais, d'après la figuration originale, le mode de différenciation du limbe correspond exactement à ce que j'ai observé sur les spécimens de *Corynepteris essinghii* montrant le passage de la pinnule au rang de penne de dernier ordre. Aussi, dans la mesure où les éléments ultimes du type de Gothan ne seraient plus des pinnules mais des penes de dernier ordre, on comprend que leur taille soit relativement grande. Dans sa description, Gothan ne signale pas d'aphiébie catadrome mais aucune base de penne n'est en fait bien dégagée sur l'échantillon ; il n'est donc pas impossible que des aphiébies catadromes existent et qu'elles soient restées inaperçues parce que dissimulées dans le schiste. D'autre part, j'ai signalé que sur certains spécimens sarro-lorrains, l'aphiébie catadrome, toujours plus réduite que son équivalente anadrome, est parfois à peine visible sinon absente (pl. 7, fig. 4a). Enfin, si les premières "pinnules" catadromes paraissent plus développées que leurs voisines, c'est tout simplement parce que les sommets de ces dernières sont englobés dans le schiste et n'ont pas été dégagés. On remarquera d'ailleurs que sur les avant-dernières penes basale et sommitale, partie droite de l'échantillon, le premier élément catadrome apparaît ou de même taille ou plus petit que les éléments adjacents. Par conséquent, les critères retenus par Gothan pour justifier la création d'une nouvelle espèce sont très insuffisants. Compte tenu du fait que l'état de différenciation du limbe du type de Gothan correspond exactement à l'un des stades décrits plus haut pour *Corynepteris essinghii*, je considère *Corynepteris magnifica* comme un synonyme postérieur. Les données stratigraphiques confirment d'ailleurs cette conclusion puisque les répartitions des deux espèces sont identiques.

Gothan crée en 1935 (p. 42, pl. 38, fig. 4) l'espèce *Alloiopteris herbstiana* pour trois spécimens stériles récoltés dans le Namurien B de la région de Hagen. Un peu plus tard (1941, pl. 49, fig. 5) Gothan figure un nouvel échantillon de même origine et de plus grande taille destiné à compléter la figuration originale très fragmentaire. C'est avec cette espèce que *Corynepteris essinghii* présente le plus de similitudes. Ayant retrouvé les échantillons de Gothan au Museum für Naturkunde de Berlin (pl. 10, fig. 2, 3), il m'a été possible d'en suivre le mode de différenciation limbair (texte-fig. 15 C, D1, D2). Par certains aspects, celui-ci s'avère comparable à celui de l'espèce *essinghii* : priorité d'apparition des lobes anadromes, division rapide du lobe basal anadrome donnant à la pinnule un aspect dissymétrique (comparer les dessins A et D1, texte-fig. 15). Mais pour le reste, les deux espèces sont nettement différentes ; si l'ordre d'apparition des lobes est identique, ceux-ci se divisent à leur tour beaucoup plus rapidement chez *Alloiopteris herbstiana* aussi bien du côté anadrome que catadrome (texte-fig. 15 C). De la comparaison des pinnules représentées en A et D1 (texte-fig. 15), il ressort que les lobes sont aussi nettement plus séparés, plus allongés et rubanés chez l'espèce *herbstiana*, conférant au limbe un aspect plus "raide". C'est cette allure très particulière du limbe qui m'incline à penser que le spécimen figuré par Gothan (1935, pl. 38, fig. 1-3) sous le nom d'*Alloiopteris ? essinghii* doit en fait être rapporté à *Alloiopteris herbstiana* d'autant qu'il a été récolté dans le même niveau.

Parmi les autres espèces de *Zygopteridaceae*, il ne semble pas y avoir de confusion possible avec *Corynepteris essinghii*. A première vue peut-être le limbe d'*Alloiopteris quercifolia* Goeppert rappelle-t-il assez bien ce que j'ai décrit pour l'espèce d'Andrae. Mais l'examen des figurations proposées par Gothan pour cette espèce (1913, pl. 24, fig. 1, la) fait apparaître une différence fondamentale en ce qui concerne le mode de différenciation du limbe : l'ordre d'apparition des lobes est inverse de celui observé chez *Corynepteris essinghii*, les éléments catadromes se différencient les premiers.



Texte-fig. 15 - Morphologie limbair des principales espèces de Zygopteridaceae comparées à *Corynepteris essinghii*.

A - Pinnule très évoluée (ou penne de dernier ordre) de *Corynepteris essinghii*.

B - Pinnule très évoluée (ou penne de dernier ordre) d'*Alloiopteris magnifica* d'après la figuration originale de Gothan (1913, pl. 27, fig. 3).

C, D1-D2 - Premières étapes de la différenciation limbair et pinnules très évoluées d'*Alloiopteris herbstiana* d'après les échantillons de Gothan refigurés en 2, 3, pl. 10.

E1-E2 - Différents fragments d'*Alloiopteris quercifolia* d'après l'échantillon figuré par W. Remy et R. Remy, 1959, texte-fig. 43bc, repris ici en 9, pl. 10.

F1-F2 - Pinnule et base de penne d'*Alloiopteris secreta* d'après le type de Gothan, 1913, pl. 24, fig. 5, repris ici en 8, pl. 10.

Les spécimens figurés par Alvarez Ramis et al. (1979) sous les noms d'*Alloiopteris quercifolia* Goeppert (pl. 3, fig. 5, 6 ; texte-fig. 11) et d'*Alloiopteris tenuissima* (Presl) (pl. 5, fig. 1, 2 (?)) ; texte-fig. 14 (?) sont tout à fait identiques aux échantillons figurés par ces mêmes auteurs (pl. 2, fig. 5-8 ; texte-fig. 8) et déterminés comme *Alloiopteris magnifica* Gothan. Ayant eu la possibilité d'étudier ce matériel au Saarbergwerke de Sarrebruck, j'ai pu vérifier que ces échantillons représentent en fait divers stades de la différenciation limbair de *Corynepteris essinghii* (Andrae) (pl. 10, fig. 4-7).

Danzé (1956, p. 335, pl. LV, fig. 1, la) figure un spécimen qu'il rapporte provisoirement à *Corynepteris magnifica* Gothan faute d'informations suffisantes. Il signale que c'est avec cette espèce que son échantillon présente le plus d'analogies mais il relève un certain nombre de différences, faisant précéder sa détermination d'un cf. La taille et le mode de différenciation du limbe ne correspondent pas à ce que j'ai décrit pour *Corynepteris essinghii* et en particulier, il n'y a pas de trace d'aphlébies. Ce spécimen représente un fragment d'une autre espèce : *Sphenopteris coemansii* Andrae. Peut-être Danzé envisageait-il cette détermination en notant (p. 337) une "très forte analogie" de *Corynepteris magnifica* avec *Sphenopteris coemansii*.

Gothan et Weyland (1954) figurent sous le nom d'*Alloiopteris magnifica* l'échantillon que Gothan avait choisi (1913, pl. 24, fig. 5) comme type de sa nouvelle espèce *Alloiopteris secreta*. Ce spécimen conservé au Geologische Bundesanstalt de Vienne avait aussi été figuré par Stur (1885, pl. XXXIII, fig. 4) comme *Saccopteris* cf. *quercifolia*. J'ai eu l'occasion d'étudier ce matériel (pl. 10, fig. 8) qui se différencie facilement de *Corynepteris essinghii* par le fait que le lobe basal anadrome n'est pas plus divisé que son équivalent catadrome (texte-fig. 15 F). Par conséquent, les confusions entre *Corynepteris essinghii* et *Alloiopteris secreta* semblent exclues ; je ne discuterai pas ici de la valeur de l'espèce créée par Gothan.

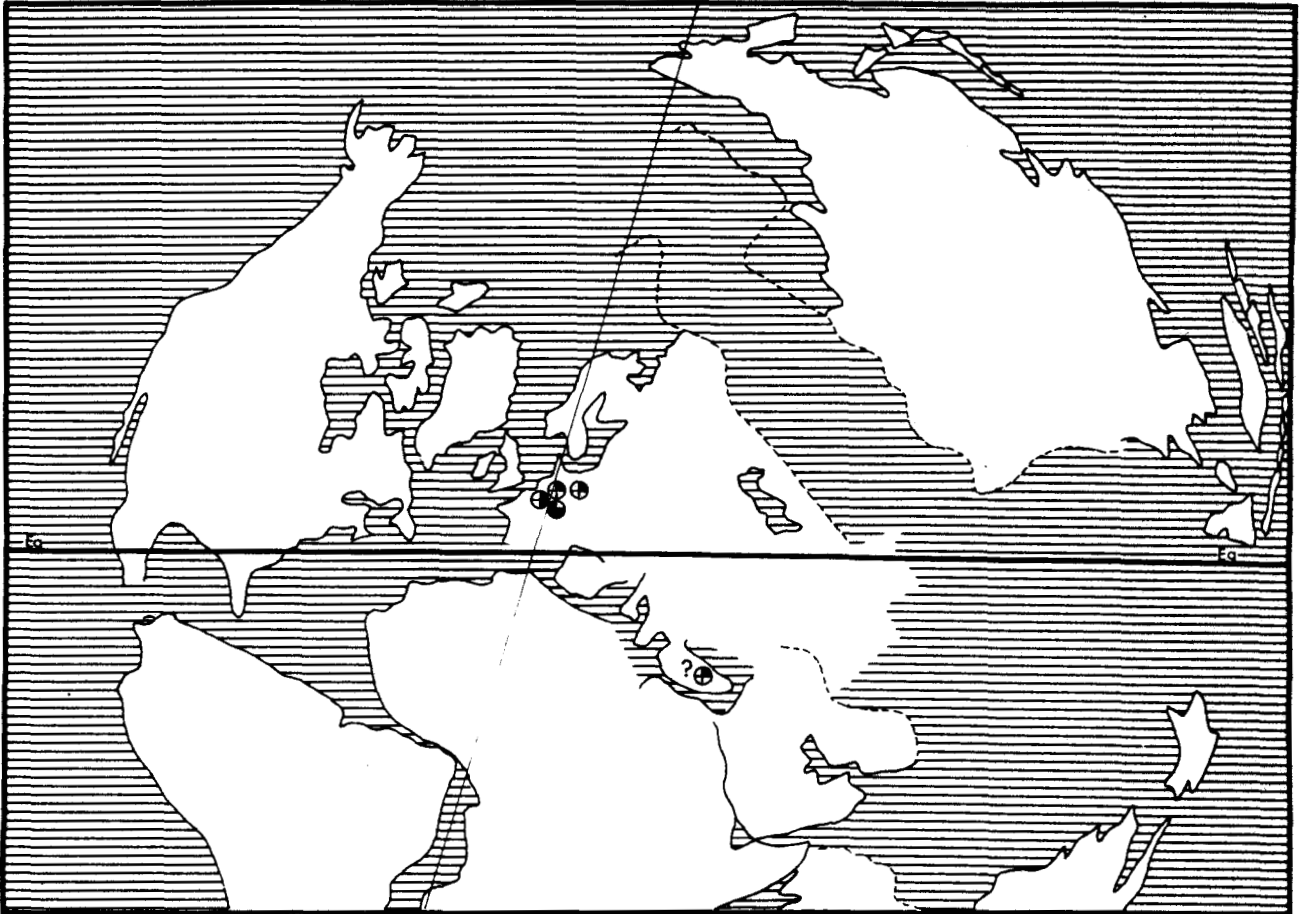
Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Groupe de *Griesborn*, sans autre précision, niveaux inférieurs du Stéphanien ou Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43802).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Groupe de *St-Ingbert*, veine 11 Sud, sous T600, 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43794-43796).
- Autres gisements :
 - Bowette entre *Völklingen* et *Bous*, Westphalien D supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/7285, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1979, pl. 5, fig. 1).
 - Groupe de *Brefeld*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° B/1448, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1979, pl. 3, fig. 5).
 - Sondage des *Chasseurs* à 692,05 et 713,20 m, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43766-43767).
 - Sondage du *Chêne aux sorcières* à 1268,00 m, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43771).
 - Sondage de *Cocheren 12* à 1055,00 m, niveau de la veine Jacqueline, un peu au-dessus de T40, 1/3 inférieur du faisceau de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43777).
 - Groupe de *Friedrichstahl*, couche Erkeshöhe, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de *Guerting C4* à 846,05 m, juste sous la veine Théodore, 1/3 supérieur du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43776).
 - Sondage d'*Hallering 1* à 1254,90 m, 1/2 supérieure du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43774).
 - Sondage d'*Hergarten 1* à 1278,95 m, 1/2 supérieure du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43772).
 - Groupe d'*Heinitz*, veine 16 des couches de Sulzbach, sous T300, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Groupe d'*Hélène*, veine 16 des couches de Sulzbach, sous T300, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Bowette d'*Hürschbach* à 591,00 m de la veine 1 du Sud, Westphalien C supérieur ou D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43798-43799).
 - Sondage de *Hombourg 2/6* à 423,35 ; 617,10 ; 740,40 ; 740,41 ; 741,95 ; 808,43 ; 808,45 ; 808,48 ; 808,50 ; 831,02 ; 831,04 ; 831,06 ; 831,08 ; 857,59 ; 857,60 ; 857,61 m, 1/2 inférieure du stérile de Geisheck et 1/2 supérieure du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43778-43793).

- Sondage de *Käsberg* à 1307,50 m, couches de Sulzbach, Westphalien C (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° E/2233. éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1979, pl. 2, fig. 7).
- Groupe de *Maybach*, veine 4, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Terris de *Merlebach* (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43797 = SL 729).
- Sondage du *Moulin du Soleil* à 720,30 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43773).
- Groupe de *Neunkirchen*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Ste-Fontaine 1* à 389,96 ; 389,97 ; 395,05 ; 505,30 ; 505,31 ; 1201,50 ; 1201,52 ; 1201,57 ; 1240,80 ; 1240,81 ; 1251,57 ; 1251,59 m, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck à 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43701-43712).
- Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 743,14 ; 744,41 ; 744,42 ; 783,93 ; 784,24 ; 784,25 ; 842,41 ; 871,84 ; 871,88 ; 909,55 ; 909,56 ; 964,25 ; 1028,03 ; 1028,04 ; 1028,05 m, pour information T300 à 1039,87 m, autres tonsteins non rencontrés, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck à 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43713-43726 ; 43806).
- Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 482,71 ; 506,70 ; 508,70 ; 608,18 ; 608,20 ; 619,40 ; 692,75 ; 825,94 ; 825,96 ; 828,18 ; 833,78 ; 836,68 ; 899,20 ; 1240,89 ; 1240,90 ; 1240,91 ; 1247,00 ; 1247,01 ; 1251,54 ; 1251,55 ; 1251,60 ; 1251,65 m, pour information T300 à 1107,18 m, autres tonsteins non rencontrés, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck à 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43727-43745 ; 43807-43809).
- Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 574,50 ; 689,95 ; 689,97 ; 689,98 ; 726,52 ; 788,90 ; 788,98 m, 1/2 inférieure du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43746-43753).
- Sondage de *Ste-Fontaine 6* à 696,61 ; 696,62 ; 896,60 ; 896,61 ; 896,62 ; 896,63 ; 995,80 ; 995,94 ; 995,96 ; 995,98 ; 995,99 m, 1/2 inférieure du stérile de Geisheck à 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43754-43764).
- Groupe de *St-Ingbert*, sans autre précision, faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur ou C très inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/6571, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1979, pl. 2, fig. 5).
- Groupe de *Sulzbach*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° B/2644, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1979, pl. 3, fig. 6).
- Sondage de *Valmont 4* à 1461,20 et 1508,35 m, à 250 et 300 m sous T200, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43768-43769).
- Sondage de *Valmont 5* à 1171,80 m, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43770).
- Sondage de *Villa Marie* à 1544,50 m, sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43775).
- Terris de *Wendel - Marienau* (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43800).
- Sondage de *Wiebelskirchen*, veine Abterifen, faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen ou inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Wiebelskirchen* à 672,00 m, faisceau de Neunkirchen, sans autre précision, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

Dans le bassin houiller sarro-lorrain, l'espèce *Corynepteris essinghii* (Andrae) apparaît dans le Westphalien B supérieur, devient abondante au Westphalien C et se maintient jusqu'au sommet du Westphalien D et peut-être même jusque dans les niveaux inférieurs du Stéphanien.

Répartition générale :



Texte-fig. 16 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Corynepteris essinghii* (Andrae).

CORYNEPTERIS CORALLOIDES (Gutbier)

Planche 12

Néotype :

- . Echantillon figuré par Daber 1955, pl. X, fig. 1
- . Origine : Saxe, couches de Zwickau, Westphalien D
- . Collection : Museum de Zwickau, n° 1370



- 1835 *Sphenopteris coralloides* Gutbier, p. 40, pl. V, fig. 8, 8a
- 1836 *Cheilanthis grypophyllus* Goepfert, p. 242, pl. XXXVI, fig. 1, 2
- 1855 *Sphenopteris coralloides*, Geinitz, p. 16, pl. XXIII, fig. 17, 17A
- 1880 *Sphenopteris coralloides*, Zeiller, p. 42

- 1882 *Sphenopteris microloba*, Weiss, p. 14, pl. 12, fig. 79
 1882 *Sphenopteris grypophylla*, Weiss, p. 14, pl. 12, fig. 78
 1883 *Grand'Eurya coralloides*, Zeiller, p. 206, pl. 12, fig. 1-9
 1885 *Saccopteris grypophylla*, Stur, p. 176, pl. LIII, fig. 3-5
 v. 1885 *Saccopteris crepini* Stur, p. 174, pl. LIII, fig. 1, 2
 1886-88 *Sphenopteris (Corynepteris) coralloides*, Zeiller, p. 117, pl. X, fig. 1-5
 1897 *Alloiopteris grypophylla*, H. Potonié, p. 139, fig. 133
 1897 *Alloiopteris coralloides*, H. Potonié, p. 140
 1913 *Alloiopteris (Corynepteris) coralloides*, Gothan, p. 111, pl. 25, fig. 1, 3
 1914 *Corynepteris coralloides*, P. Bertrand, p. 741
 1923 *Corynepteris (Zygopteris) coralloides*, Kidston, p. 297, pl. LXIX, fig. 4, 4a ;
 pl. LXXIII, fig. 2, 3, 3ab, 4, 5, 5a ; pl. LXXIV, fig. 4, 4a ; texte-fig. 21B, B'
 1927 *Corynepteris coralloides*, Hirmer, p. 513, fig. 618, 620 g-h, 621A-C
 1929 *Corynepteris coralloides*, Crookall, p. 53, pl. XX, fig. q ; pl. XXXI, fig. g
 1935 *Alloiopteris (Corynepteris) coralloides*, Gothan, p. 39, pl. 39, fig. 2, 3 ; pl.
 41, fig. 1, 2
 1938 *Corynepteris coralloides*, Němejč, p. 13, pl. I, fig. 1, 2 ; pl. II, fig. 1-3 ;
 texte-fig. 9a
 1942 *Corynepteris coralloides*, Němejč, p. 144, pl. VI, fig. 1, 2
 1951 *Corynepteris coralloides*, Danzė, p. 145, pl. XI, fig. 1, 1a, 2
 1955 *Saccopteris (Corynepteris) coralloides*, Daber, p. 21, pl. X, fig. 1 ; pl. XXV, fig.
 3 ; texte-fig. 2
 v. 1956 *Corynepteris coralloides*, Danzė, p. 305, pl. XLVI-L ; pl. LIV, fig. 4 ; pl. LV,
 fig. 6-8 ; texte-fig. 28
 1957 *Alloiopteris coralloides*, Gothan et W. Remy, p. 108, fig. 100
 1957 *Alloiopteris grypophylla*, Gothan et W. Remy, p. 109
 1959 *Alloiopteris coralloides*, W. Remy et R. Remy, p. 140, fig. 111a, b
 1959 *Alloiopteris coralloides* cf. *grypophylla*, W. Remy et R. Remy, p. 140
 1972 *Alloiopteris coralloides*, Migier, pl. X, fig. 1-3, 5
 1977 *Alloiopteris coralloides*, W. Remy et R. Remy, p. 216, fig. 101a, b, c
 1977 *Alloiopteris grypophylla*, W. Remy et R. Remy, p. 216
 1979 *Corynepteris coralloides*, Galtier et Scott, p. 111 ; texte-fig. 12C
 1979 *Alloiopteris coralloides*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 128, pl. 2, fig.
 3 ; texte-fig. 2

Les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille ne renferment que quatre échantillons stériles très fragmentaires dont l'attribution à *Corynepteris coralloides* (Gutbier) ne pose aucun problème. Au Saarbergwerke de Sarrebruck, j'ai pu étudier deux autres spécimens dont l'un fertile sur lequel j'ai effectué un prélèvement malheureusement infructueux. Je ne puis donc à partir d'un matériel aussi rudimentaire apporter d'informations complémentaires aux descriptions détaillées des auteurs précédents. La diagnose reproduite ici est celle proposée par Danzė (1956, p. 306). J'en ai toutefois quelque peu modifié l'ordre par souci de cohérence avec les autres diagnoses proposées dans ce travail.

Diagnose :

- Phyllophore large et souple, avec une fine striation longitudinale et des poils ou petites épines ou les cicatrices correspondantes.
- Feuillage stérile : rachis droits fins, avec 2 sillons longitudinaux bien nets, une ponctuation relativement dense (poils ou appendices épineux) et une fine striation longitudinale ; axes perpendiculaires entre eux ; rachis primaire très court, bifide, donnant 2 rachis secondaires symétriques ; pseudo-aphlébies parfois présentes au-dessus et en-dessous de l'insertion des rachis tertiaires sur les rachis secondaires ;
 penes primaires allongées, lancéolées, dissymétriques, les penes secondaires situées à l'intérieur de la bifurcation du rachis primaire étant plus courtes que celles se trouvant à l'extérieur ; penes tertiaires courtes allongées, rubanées, étroites, à bords parallèles, perpendiculaires aux rachis secondaires ;
 pinnules de très petite taille, dissymétriques, avec un bord catadrome droit, presque perpendiculaire au rachis et un bord anadrome arrondi en éventail et découpé en plusieurs lobes au sommet très mousse ; limbe soit réduit autour des nervures, soit moyennement développé, soit très développé et formant des pinnules de taille plus élevée, équivalentes à une penne de dernier ordre des autres types de limbe ;

nervation en éventail : une nervure principale peu visible, courte et décurrente se divisant pour envoyer une nervure secondaire dans chaque lobe.

- Fructification de type *Corynepteris* : pennes fertiles linéaires sans limbe apparent et, de chaque côté du rachis, une file de sores composés chacun de 5 à 7 sporanges globuleux avec un anneau complet formé de plusieurs rangées de cellules.

Description :

Pour une description plus détaillée de l'espèce, je renverrai le lecteur aux travaux de P. Bertrand (1914) et Danzé (1951, 1956) en ce qui concerne l'organisation de la fronde et les variations de la morphologie limbale, et à ceux de Zeiller (1883, 1888) pour l'organisation des fructifications.

Je voudrais toutefois ajouter à ces descriptions une précision concernant ce que Danzé appelle : "des pseudo-aplèbies peuvent se trouver au-dessus et en-dessous de l'insertion des rachis tertiaires sur les rachis secondaires".

L'espèce *Corynepteris coralloides* est très fréquente dans le bassin houiller du Nord et nos collections renferment un matériel abondant. L'un des spécimens (pl. 12, fig. 6, 6a) m'a permis de mettre en évidence la présence à la base des pennes de deux aplèbies, la catadrome se différenciant avant l'anadrome. Ceci démontre que le type de construction de la fronde est bien catadrome, contrairement à ce que laissent supposer beaucoup de spécimens sur lesquels seule l'aplèbie anadrome est conservée.

Remarques et discussion :

Danzé (1956, p. 307) considère, comme Kidston (1923, p. 299) et Gothan (1935, p. 39), qu'il est nécessaire de maintenir au sein de l'espèce les deux variétés *coralloides* typique et *grypophylla* correspondant aux premiers échantillons décrits respectivement par Gutbier (1835, p. 40) et Goeppert (1836, p. 242). Il émet par contre quelques réserves quant à la variété *compacta* créée par Gothan (1935, p. 40). Danzé (p. 308) suggère que les différences observées entre les formes *coralloides* et *grypophylla* qui se situent essentiellement au niveau de l'opulence et du degré de division du limbe, sont liées à la position des fragments sur la plante, la variété *coralloides* correspondant aux frondes basales, la variété *grypophylla* aux frondes supérieures. Les rares échantillons sarro-lorrains s'apparentent à la forme *grypophylla* par leur limbe relativement peu fourni (pl. 12, fig. 4, 5).

L'étude comparée des espèces rapportées au genre *Corynepteris* conduit Galtier et Scott (1979, p. 110) à isoler *Corynepteris coralloides* des autres *Zygopteridaceae*, compte tenu de la mise en évidence par Kidston (1923), Gothan (1935) et Danzé (1956) de l'organisation tripinnée*. Or j'ai montré que certains spécimens de *Corynepteris essinghii* (généralement déterminés *Corynepteris magnifica* Gothan par différents auteurs) présentent un degré de différenciation comparable avec une organisation également tripinnée. Ces observations sur deux espèces du genre *Corynepteris* pourraient amener à modifier légèrement la conception habituelle des frondes de *Zygopteridaceae* considérées en principe comme bipinnées.

Le limbe stérile de *Corynepteris coralloides* ne ressemble à celui d'aucune autre espèce de *Zygopteridaceae*, aussi la plupart des déterminations sont-elles exactes.

Toutefois, les spécimens figurés par Alvarez Ramis (1977, p. 144, pl. II, fig. 1, 1a, 2) me semblent avoir été attribués à tort à *Corynepteris coralloides*. Leur conservation est médiocre mais l'aspect du limbe, avec des pinnules inclinées sur le rachis et des lobes aigus dont les caradromes très redressés, rappelle plutôt l'allure générale des formes rapportées au genre *Renaultia*.

L'échantillon figuré par Bell (1944, pl. XXII, fig. 4) est trop mal conservé et trop fragmentaire pour que l'on puisse avoir un avis sur la valeur de sa détermination.

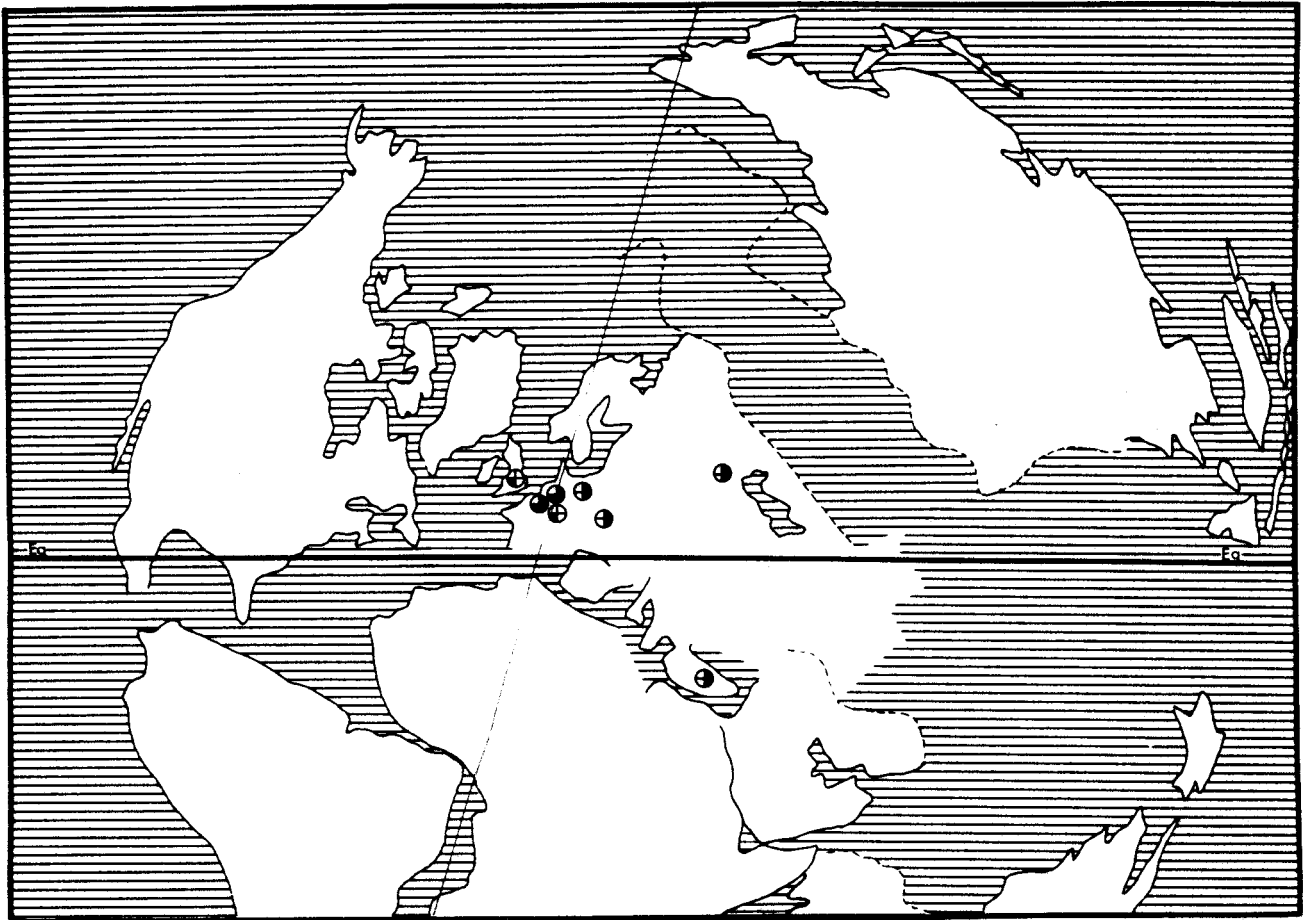
* v. note infrapaginale p. 72

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de *Cocheren* 8 à 1177,45 m, 15 m sous T100, conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43652).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Steinberg* à 904,30 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43654).
- Autres gisements :
 - Groupe d'*Heinitz*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Groupe de *Maybach*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de *Ste-Fontaine* 5 à 778,10 m, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43651).
 - Sondage de *Villa Marie* à 1402,60 m, sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43653).

L'espèce *Corynepterus coralloides* est peu abondante dans le bassin sarro-lorrain mais sa répartition stratigraphique semble vaste puisqu'elle a été trouvée dans le Westphalien C inférieur et à la base du Westphalien D.

Répartition générale :



Texte-fig. 17 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Corynepterus coralloides* (Gutbier).

GENRE ALLOIOPTERIS H. Potonié

Espèce-type :

Aucune espèce type désignée par l'auteur du genre H. Potonié (1897, p. 138), qui accompagne sa description originale de trois figurations d'espèces rapportées à *Alloiopteris* : *Al. quercifolia* (Goepfert), *Al. grypophylla* (Goepfert), *Al. sternbergii* (Ettingshausen).

Danzé (1956, p. 94-96) typifie le genre *Alloiopteris* par l'espèce *quercifolia* mais considère le genre de H. Potonié comme un synonyme postérieur de *Corynepteris*.

- 1893 *Heteropteris* H. Potonié, p. 44
- 1894 *Alloiopteris*, H. Potonié, p. XLVIII
- 1897 *Alloiopteris*, H. Potonié, p. 138 ; texte-fig. 132-134
- 1923 *Alloiopteris*, Kidston, p. 305
- 1927 *Alloiopteris*, Hirmer, p. 515
- 1929 *Alloiopteris*, Patteisky, p. 154
- 1938 *Alloiopteris*, Němejč, p. 21
- 1956 *Alloiopteris*, Danzé, p. 94
- 1975 *Alloiopteris*, Jennings, p. 52

Cette liste de synonymie est limitée aux citations ne concernant que des feuillages stériles dont on ne connaît pas le type de fructification. Beaucoup d'auteurs en fait ont cité sous le nom d'*Alloiopteris* des formes fertiles ou ont décrit sous le nom de *Corynepteris* des espèces uniquement connues à l'état stérile. Aussi est-il difficile parmi toutes ces citations de faire la part de ce qui revient à l'un ou l'autre genre.

Le genre *Heteropteris* a été créé par H. Potonié pour des frondes stériles de *Sphenopteris essinghii* Andrae, il a été abandonné rapidement car le nom avait déjà été utilisé pour un autre groupe de plantes.

Diagnose :

Je reprendrai ici la diagnose proposée par H. Potonié (1897, p. 138) dont il convient d'extraire la partie concernant les organes fertiles faisant référence au genre *Corynepteris*. L'ordre en a été un peu modifié par souci de cohérence avec les autres diagnostics de ce travail.

Pennes de dernier ordre linéaires, rubanées, constituées de pinnules toutes identiques ; éléments catadromes parfois modifiés à la base des pennes d'ordre n-1 ou n-2 ; pinnules pécoptéridiennes ou sphénoptéridiennes, souvent rendues dissymétriques par le plus faible développement du côté catadrome beaucoup moins profondément divisé que le côté anadrome ;
nervation également dissymétrique ; nervure principale sensiblement parallèle au bord catadrome de la pinnule et assez proche de lui, envoyant vers les indentations du bord anadrome des nervures secondaires simples ou plus ou moins ramifiées (traduction de l'allemand).

Remarque :

Une trentaine d'espèces ont actuellement été décrites sous le nom générique d'*Alloiopteris* mais certaines ont parfois été créées à partir d'un matériel très fragmentaire. Une révision détaillée de toutes ces formes serait donc nécessaire pour vérifier leur réalité spécifique et leur appartenance générique.

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

Trois espèces seulement sont présentes dans le bassin sarro-lorrain :

- . *Alloiopteris cristata* (Gutbier, 1843)
- . *Alloiopteris erosa* (Gutbier, 1843)
- . *Alloiopteris saraepontana* (H. Potonié m. s.) Gothan, 1915

Je décris p. 320 une nouvelle espèce : *Sphenopteris jostenii* qui rappelle beaucoup les formes rapportées au genre *Alloiopteris* par l'implantation des pinnules et l'aspect rubané des pennes de dernier ordre. Mais je ne dispose pas d'arguments suffisants pour lui attribuer cette détermination générique.

ALLOIOPTERIS CRISTATA (Gutbier)

Planches 13-14

Néotype :

- . Echantillon figuré par Daber 1955, pl. VII, fig. 4, 4a
- . Origine : Saxe, couches de *Zwickau*, Westphalien D
- . Collection : Museum de *Zwickau*, n° 1370

- 1843 *Pecopteris (Diplazites) cristatus* Gutbier, p. 80
- 1855 *Alethopteris cristata*, Geinitz, p. 29, pl. XXXII, fig. 6
- 1938 *Alloiopteris cristata*, Němejč, p. 22, pl. I, fig. 10 ; pl. III, fig. 13 ; texte-fig. 9e
- 1955 *Saccopteris cristata*, Daber, p. 23, pl. VII, fig. 4, 4a
- 1955 *Saccopteris robusta* Daber, p. 24, pl. V, fig. 2, 2a
- v. ? 1956 *Corynepteris cf. cristata*, Danzé, p. 346, pl. LVII, fig. 3, 3a
- 1971b *Alloiopteris cristata*, R.H. Wagner, p. 480, pl. 7, fig. 1, 1a ; pl. 8, fig. 3, 3a
- v. 1979 *Alloiopteris cristata*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 130, pl. 1, fig. 4, 5 ; texte-fig. 4
- v. 1979 *Alloiopteris crenulata* P. Bertrand m.s., Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 130, pl. 1, fig. 3, 3a ; texte-fig. 3

Diagnose :

- Phyllophore et organisation de la fronde inconnus, frondes au moins bipinnées.
- Pennes ultimes alternes, relativement espacées, insérées perpendiculairement au rachis ;
pinnules très dissymétriques, obliques ou redressées sur le rachis, insérées par toute leur base et toujours plus ou moins coalescentes ; bord catadrome non entaillé, parfois recourbé vers la base de la penna ; bord anadrome différencié en lobes réguliers, pointus, dont la disposition rappelle une crête de coq ; 3 pinnules proximales anormales : lère catadrome très petite, triangulaire, uninervée, insérée dans l'angle formé par les rachis n et n-1 ; lère anadrome aphylléboïde, divisée en 2 parties équivalentes elles-mêmes plus ou moins profondément lobées (2 ou 3 lobes aigus par moitié), plus longue que les pinnules distales ; 2ème catadrome étalée en éventail avec un bord catadrome très recourbé vers la base de la penna ;
nervation : nervure principale peu décurrente, émettant une première ramification anadrome indivise, et perdant son individualité avec les divisions successives ; selon le degré de différenciation des pinnules, lobes recevant une nervure secondaire (pinnules peu évoluées) ou une ramification dichotome des nervures secondaires (pinnules différenciées).

Description :

Cette espèce semble relativement fréquente dans le bassin houiller sarro-lorrain encore que beaucoup de nos spécimens proviennent d'un même niveau. Il s'agit toujours malheureusement d'un matériel incomplet, les plus grands spécimens correspondant à de grands fragments de pennes d'avant-dernier ordre.

1) Organisation de la fronde :

Certes aucune des figurations antérieures ni même les échantillons étudiés ici ne montrent la double insertion des frondes, caractéristique des *Zygopteridaceae*. Mais l'aspect du limbe stérile avec ses pennes de dernier ordre insérées perpendiculairement au rachis et ses pinnules fortement dissymétriques présente tant de similitudes avec celui des autres espèces rapportées à cette famille qu'il paraît raisonnable de l'y inclure.

Le plus grand spécimen lorrain porte cinq fragments de pennes n-1 dont aucune base n'est conservée. Au plus peut-on dire que la fronde est bipinnatifide.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Lorsque la matière charbonneuse est conservée, les rachis apparaissent couverts d'une fine striation longitudinale. Quand ils sont décortiqués, ils présentent parfois de deux à cinq grosses rides longitudinales et de grosses cicatrices relativement espacées (pl. 13, fig. 3a) correspondant sans doute à des bases d'appendices plus ou moins épineux.

Leur largeur est susceptible de beaucoup varier et il est remarquable de constater que les rachis les plus larges ne portent pas obligatoirement les pennes ultimes les plus longues (pl. 13, fig. 3).

Quelques dimensions :

- Echantillon figuré en 3, pl. 13
 - . largeur du rachis = 5 mm
 - . longueur des pennes = 20 mm
- Echantillon figuré en 3, pl. 14
 - . largeur du rachis = 2,5 mm
 - . longueur des pennes = 60-65 mm

b.- pennes :

Etroites et rubanées, les pennes de dernier ordre sont insérées perpendiculairement aux rachis n-1 et sont souvent un peu plus espacées que chez les autres espèces de *Zygopteridaceae* (pl. 14, fig. 1). Bien que rarement conservées sur toute leur longueur, elles ne dépassent apparemment jamais 100 mm.

c.- pinnules :

On retrouve chez *Alloiopteris cristata* un caractère qui semble commun à toutes les espèces de *Zygopteridaceae* à savoir la présence à la base des pennes ultimes de pinnules plus ou moins anormales. La forme de ces pinnules proximales est ici aussi très caractéristique de l'espèce et facilite beaucoup son identification.

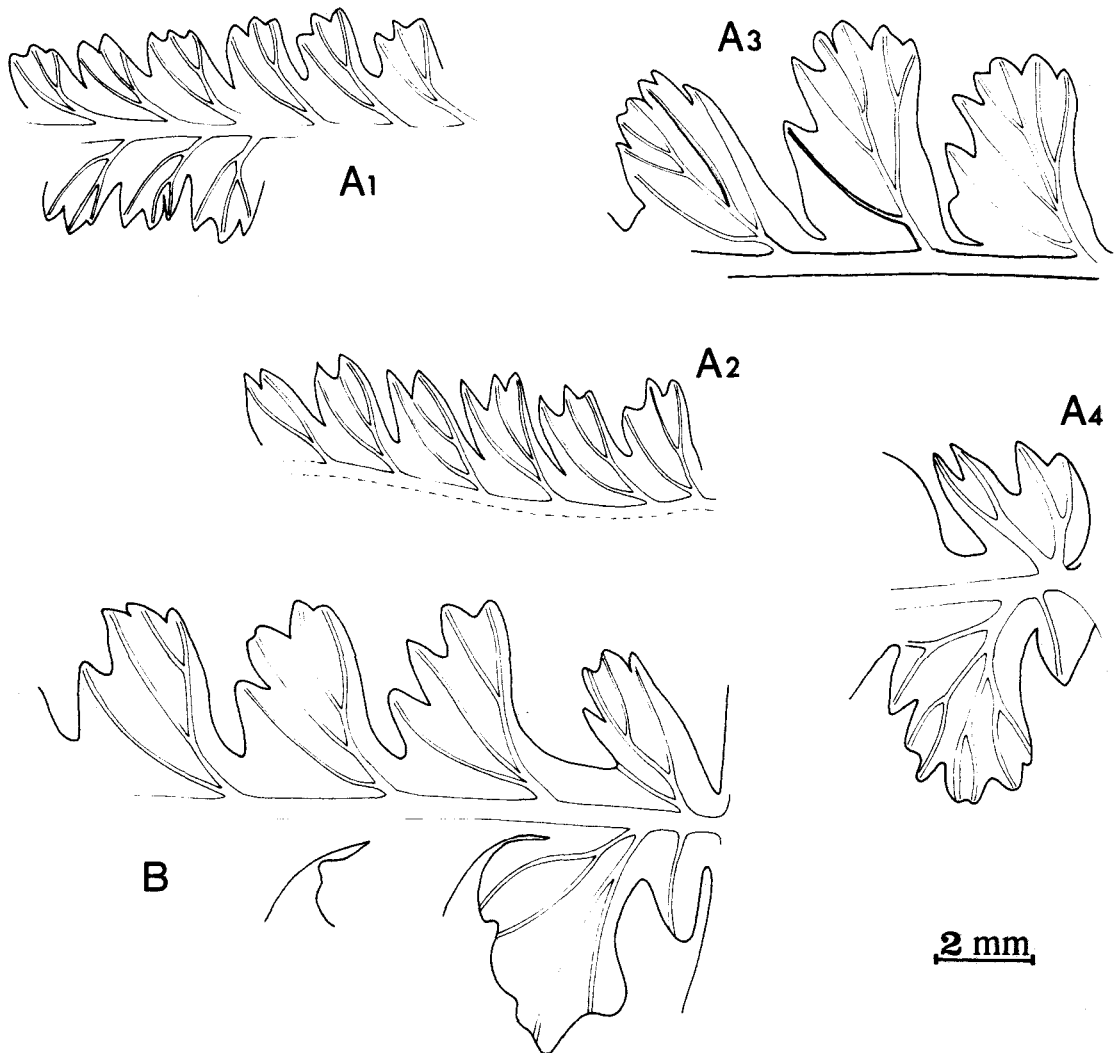
- Pinnules proximales (texte-fig. 18 A4, B) :

L'échantillon figuré en 1, la, pl. 14 a permis de déterminer à la base de chaque penne ultime la présence de trois pinnules anormales : deux catadromes et une anadrome plus ou moins aplanée :

. La première pinnule catadrome, très petite (2 mm maximum), triangulaire, est insérée dans l'angle formé par les deux rachis, son grand axe disposé parallèlement au rachis n-1. Elle est située dans le même plan que le reste du limbe et est irriguée par une nervure simple émise au même point que le rachis de dernier ordre.

. La première pinnule anadrome est nettement plus développée en aphlébie. La nervure qui y pénètre se divise rapidement, la partageant en deux parties d'égale importance. Chaque moitié se divise ensuite en deux ou trois lobes aigus, la nervure secondaire se dichotomisant une ou deux fois pour que chaque lobe reçoive une nervure. Cette pinnule aphléboïde semble d'autant plus laciniée que les pinnules distales correspondantes sont plus différenciées.

. La deuxième pinnule catadrome se caractérise par un limbe plus opulent que celui des pinnules stériles normales. Très redressée sur le rachis, son bord catadrome non entaillé se recourbe vers la base de la penne provoquant un étalement du limbe à la manière d'un éventail. Selon le degré d'évolution de la penne, on compte cinq à sept lobes aigus donnant à la pinnule un aspect crénelé tout à fait caractéristique. La nervure principale qui y pénètre émet une première ramification anadrome, puis se dichotomise une ou deux fois en perdant son individualité. A mon avis, il est difficile de déterminer si c'est elle qui longe le bord catadrome en se divisant uniquement côté anadrome ou si au contraire elle envoie des ramifications vers le bord catadrome. H. Potonié, dans sa diagnose du genre, adopte une position beaucoup plus tranchée et considère que c'est la nervure principale qui suit parallèlement le bord catadrome. Pour faciliter les comparaisons interspécifiques, je me rangerai à cette interprétation mais je tenais à signaler qu'un doute demeure sur ce point.



Texte-fig. 18 - Morphologie limbale d'*Alloiopteris cristata* (Gutbier).

A1-A3 - Pinnules distales à des stades variés de différenciation ; A4 - Pinnules proximales anormales, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 14.

B - Base d'une penne de dernier ordre, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 14.

- Pinnules distales (texte-fig. 18 A1-A3) :

D'assez grande taille (3-5 mm), elles sont insérées obliquement ou perpendiculairement au rachis par toute leur base. Décurrentes, elles sont plus ou moins coalescentes selon leur degré d'évolution. La texte-fig. 18 résume la façon dont elles se différencient : un premier lobe apparaît côté anadrome suivi d'un certain nombre d'autres sans que l'on puisse déterminer s'ils se forment toujours du même côté de la pinnule ou non, la nervure principale perdant son individualité après sa première division.

d.- nervation :

Si on décide d'adopter l'interprétation de H. Potonié concernant la position relative de la nervure principale, le mode de division de la nervation devient fondamental pour permettre de distinguer *Alloiopteris cristata* d'*Alloiopteris saraepontana* (H. Potonié), dès que les bases de penne ne sont pas conservées. La texte-fig. 18 A3, A4 montre qu'à partir d'un certain degré de différenciation ce sont les nervures secondaires qui se divisent de façon à envoyer une nervure dans chaque lobe.

Remarques et discussion

Alloiopteris cristata est placée parmi les *Zygopteridaceae* bien que nous n'ayons aucune information sur l'organisation de la fronde, du fait des similitudes observées au niveau du limbe stérile entre cette espèce et celles que j'ai décrites jusqu'ici sous le nom générique de *Corynepteris*. Dissymétrie des pinnules, angles d'insertion et allure des penne ultimes, pinnules basales anormales plus ou moins aphyloboïdes sont les principaux caractères qui me paraissent justifier cette affectation systématique.

Les formes respectives des trois pinnules proximales et la nervation sont suffisamment caractéristiques pour éviter toute confusion avec les autres espèces de cette famille. L'espèce la plus proche est sans conteste *Alloiopteris saraepontana* H. Potonié. J'étudierai un peu plus loin cette espèce dont la forme des pinnules est identique. Deux critères peuvent néanmoins être utilisés pour différencier ces deux formes :

- 1/ une seule pinnule proximale est modifiée chez *Alloiopteris saraepontana* au lieu de trois chez *Alloiopteris cristata* ;
- 2/ le mode de division des nervures est très différent.

En effet, (comparer les texte-fig. 18 et 22) quel que soit le degré d'évolution des pinnules, les lobes chez *Alloiopteris saraepontana* sont irrigués par une nervure secondaire directement émise par la nervure principale alors que chez l'espèce de Gutbier, on observe l'apparition d'une dichotomie des nervures secondaires à partir d'un certain stade de différenciation des pinnules. L'emploi de ce critère de reconnaissance nécessite bien sûr de disposer d'échantillons bien conservés et suffisamment évolués.

Dans sa description d'*Alloiopteris cristata*, Němejč (1938, p. 22) affirme : "première pinnule basale anadrome non modifiée". En fait l'échantillon figuré pl. I, fig. 10 est tellement mal conservé qu'il est bien difficile de dire si les pinnules basales sont anormales ou non. L'un de nos spécimens présente un aspect identique avec un limbe très délicat et des pinnules relativement petites mais on y distingue nettement la première pinnule catadrome triangulaire caractéristique de l'espèce, ainsi que les deux suivantes légèrement modifiées. La mauvaise conservation pourrait expliquer la description de Němejč à moins que ce fragment appartienne à *Alloiopteris saraepontana*. Aucun argument ne permet pour l'instant de trancher.

Selon l'état de conservation du matériel figuré par les auteurs précédents on retrouve l'un ou l'autre des éléments caractéristiques d'*Alloiopteris cristata* même si ceux-ci sont passés inaperçus dans les descriptions. Ainsi on peut observer la première petite pinnule catadrome triangulaire sur les spécimens figurés par Alvarez Ramis et al. (1979, pl. I, fig. 4, 5) ou à la base de la penne située le plus à droite du fragment présenté par Daber (1955, pl. 59, fig. 4). Ce dernier échantillon montre également une partie des pinnules anadromes aphyloboïdes.

Daber décrit (1955, p. 24) une nouvelle espèce : *Saccopteris robusta* provenant des mêmes niveaux que son *Alloiopteris cristata* et qu'il caractérise par la présence de pinnules basales anadromes aphyloboïdes bien développées. Ses figurations (pl. V, fig. 2, 2a)

correspondent tout à fait à ce que j'ai décrit pour *Alloiopteris cristata*. Là aussi la mauvaise conservation du matériel explique que certains détails (les pinnules catadromes proximales) soient passés inaperçus ; *Saccopteris robusta* doit être considéré comme un synonyme postérieur d'*Al. cristata*.

Alvarez Ramis et al. (1979, p. 130) ont créé pour deux spécimens portant une inscription manuscrite de P. Bertrand l'espèce *Alloiopteris crenulata* qu'ils différencient d'*Alloiopteris cristata* par un nombre plus petit de lobes moins profondément séparés. J'ai eu l'occasion de voir ce matériel au Saarbergwerke de Sarrebruck et je considère également cette espèce comme synonyme de celle de Gutbier. La différenciation des pinnules est identique et on retrouve les trois pinnules proximales caractéristiques (1979, texte-fig. 3, p. 137 et pl. 1, fig. 3, 3a). Ajoutons en outre que les spécimens figurés en 3 et 5, pl. 1 sous les noms respectif d'*Alloiopteris crenulata* et *Alloiopteris cristata* proviennent du même gisement : groupe de *Jägersfreude*, veine 5 des couches de Sulzbach, Westphalien C supérieur.

Danzé (1956, p. 346, pl. LVII, fig. 3, 3a) décrit un fragment de penne de dernier ordre qu'il rapproche de l'espèce *cristata*. J'ai pu retrouver cet échantillon dont les pinnules sont insuffisamment différenciées pour que la nervation permette de déterminer s'il s'agit effectivement d'un représentant de cette espèce ou d'*Alloiopteris saraepontana*, d'autant que la base de la penne n'est pas conservée.

Enfin, la figuration proposée par W. Remy et R. Remy (1959, texte-fig. 113, p. 141) me paraît se rapporter plutôt à une forme évoluée d'*Al. erosa* (Gutbier) qu'à *Al. cristata* compte tenu de l'aspect des pinnules qui rappelle tout à fait les spécimens lorrains figurés en 2, 3, pl. 16.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :

- Sondage de *Morsbach* à 940,30 m, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435519).

- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :

- Sondage du *Champ de tir* à 1334,03 et 1334,05 m, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435505-435506).

- Autres gisements :

- Sondage de *Barrois* à 390,15 et 424,60 m, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435501-435502).

- Sondage des *Bouleaux* à 706,60 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435503).

- Sondage de *Guerting C4* à 828,98 et 828,99 m, au toit de la veine Théodore, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435509-435510).

- Sondage d'*Hergarten 1* à 1035,90 ; 1036,08 ; 1036,10 ; 1036,11 ; 1317,70 m, 1/2 supérieure du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435511-435515).

- Groupe d'*Hélène*, veine II R, sous T200, sommet du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

- Groupe de *Jägersfreude*, veine 5 des couches de Sulzbach, sous T200, 1/2 inférieure du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

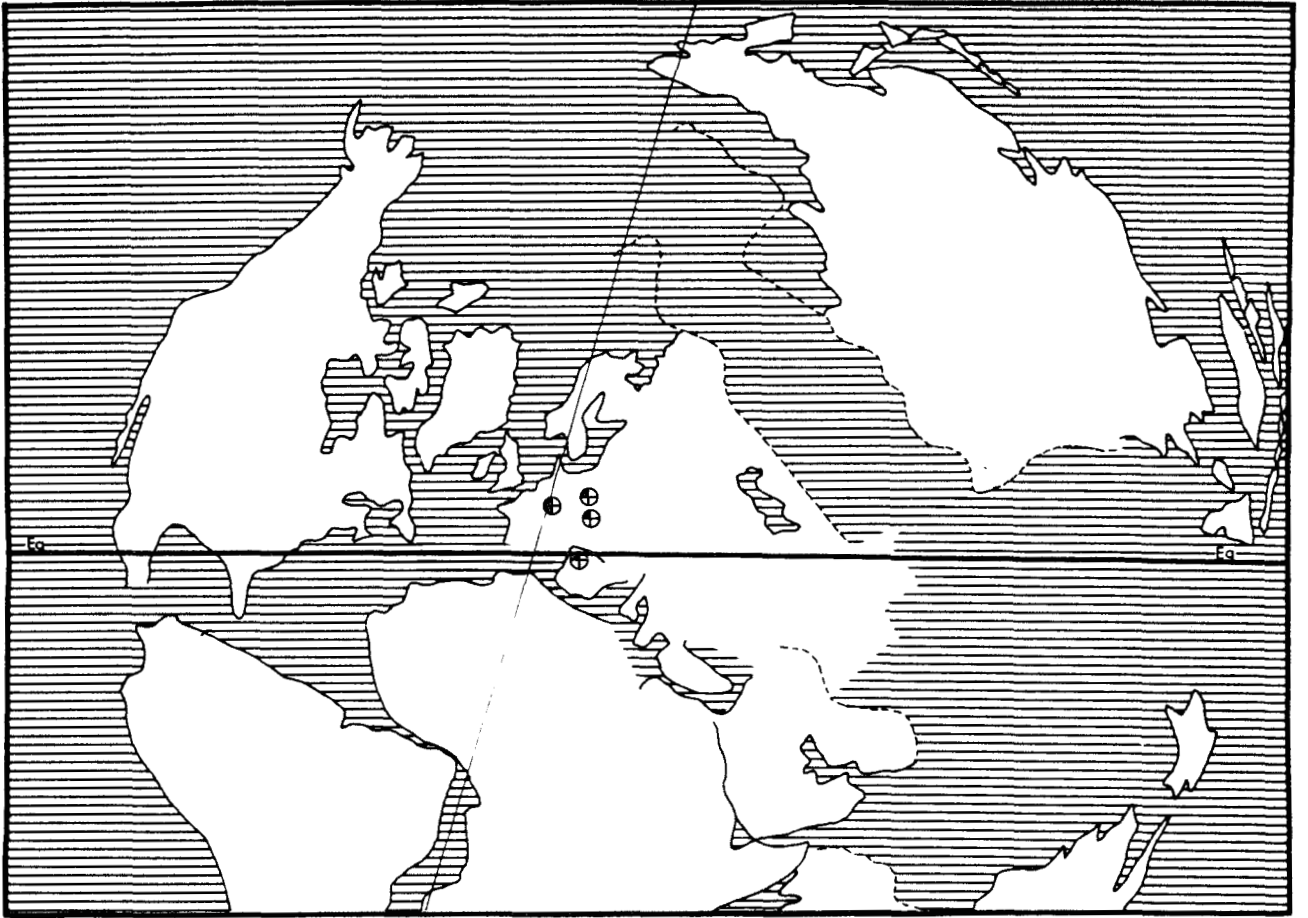
- Sondage de *Marienu 3* à 1060,95 m, entre les veines G et E-F, 17 m au-dessus de T60, 1/3 supérieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435518).

- Sondage d'*Oberwisse* à 858,60 et 858,61 m, 130 m sous T10, 1/2 supérieure du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435520-435521).

- Siège de *Püttlingen*, veine Heinrich, 1/2 supérieure du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435522-435540).

Dans le bassin sarro-lorrain, *Alloiopteris cristata* est donc présent dès le Westphalien C moyen et devient abondant dans le Westphalien D.

Répartition générale :



Texte-fig. 19 - Distribution géographique et répartition stratigraphique d'*Alloiopteris cristata* (Gutbier).

ALLOIOPTERIS EROSA (Gutbier)

Planches 15-17

Néotype :

- Echantillon figuré par Daber 1955, pl. VI, fig. 2, 5
- Origine : Saxe, Cainsdorf, veine Planitzen, couches de Zwickau-Lugau, Westphalien C supérieur ou D
- Collection : Museum de Zwickau, n° 635



- 1843 *Pecopteris erosa* Gutbier, p. 81
1843 *Pecopteris linearis* Gutbier, p. 84
1855 *Alethopteris erosa*, Geinitz (pars), p. 29, pl. XXXII, fig. 8, 8A, 9, 9A, non 7
1880 *Pecopteris erosa*, Lesquereux, p. 255, pl. XLIV, fig. 1, 1a
1880 *Pecopteris cristata*, Lesquereux, p. 256, pl. XLIV, fig. 2, 2a
1883 *Saccopteris erosa*, Stur, p. 697
1885 *Saccopteris erosa*, Stur, p. 168
1899 *Aloiopteris erosa*, White, p. 70, pl. XXIII, fig. 6, 6a ; pl. XXIV, fig. 3, 3a
? 1899 *Aloiopteris (Corynepteris ?) Winslovii* White, p. 72, pl. XXII, fig. 1-3 ; pl. XXIII, fig. 1-5
1955 *Saccopteris (Corynepteris) erosa*, Daber, p. 22, pl. VI, fig. 2, 5 ; texte-fig. 4
v. 1956 *Corynepteris erosa*, Danzé, p. 341, pl. LVI ; pl. LVII, fig. 1, 1a
? 1966c *Alloiopteris erosa*, R.H. Wagner, p. 124, pl. 17, fig. 36 ; pl. 25, fig. 52
1971b *Alloiopteris erosa*, R.H. Wagner, p. 482, pl. 8, fig. 4, 4a
? 1971 *Corynepteris (ex. Alloiopteris) cf. erosa*, Pfefferkorn, Peppers et Phillips, p. 16, pl. 7, fig. 1-6
1977 *Sphenopteris (Corynepteris) erosa*, Alvarez Ramis, p. 145, pl. II, fig. 7, 8 ; pl. VI, fig. 1, 2
1979 *Corynepteris erosa*, Galtier et Scott, p. 112
v. 1979 *Alloiopteris erosa*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 131, pl. 1, fig. 6, 7 ; texte-fig. 5
1982 *Alloiopteris erosa*, Langiaux, p. 97, pl. 6, fig. 4 ; texte-fig. 18

Diagnose :

- Phyllophore et rachis finement striés longitudinalement et couverts de trichomes ou de leurs cicatrices ; frondes bi ou tripinnées insérées par paires alternes distiques ; ahlébies dichotomes au niveau des insertions.
- Pinnules de taille, de forme et d'insertion variables selon leur degré de différenciation ; parfois inclinées par rapport au rachis, très décurrentes, plus ou moins coalescentes, avec les bords anadrome et catadrome recourbés vers la base des pennes ; bord supérieur libre indented ; 3 premières pinnules proximales modifiées : la 1ère catadrome réduite à une petite languette à peine lobée, insérée dans l'angle formé par les deux rachis ; la 1ère anadrome également réduite mais bipartite et avec des lobes bien marqués ; la 2ème catadrome plus opulente que la normale avec un nombre de lobes supérieur de 2 à 4 unités par rapport aux pinnules suivantes ; passage au rang de penna caractérisé par un redressement sur le rachis et une croissance en longueur transformant les indentations peu marquées du limbe en lobes très aigus ;
nervation : nervure principale très décurrente, émettant rapidement une première ramification catadrome, puis se dichotomisant d'un côté et d'autre ; nervures secondaires généralement une fois divisées envoyant une nervule dans chaque indentation ou lobe.

Description :

Les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille ne renferment que du matériel stérile. Nous verrons lors de la discussion que l'appartenance générique des quelques rares spécimens fertiles décrits (Geinitz, 1855 ; Daber, 1955) ne fait pas l'unanimité. Aussi me contenterai-je ici de donner une description du limbe stérile.

1) Organisation de la fronde :

Pour la première fois, le matériel lorrain fournit la preuve que l'espèce de Gutbier doit être placée parmi les *Zygopteridaceae*. L'échantillon figuré en 2, 2a, pl. 15, montre l'insertion en un même point sur un phyllophore de deux segments d'avant-dernier ordre à valeur de fronde. Un autre phyllophore représenté en 1, pl. 15 porte plusieurs pennes de même ordre avec une ou deux ahlébies dichotomes à chaque niveau d'insertion.

Si l'essentiel du matériel incite à penser que la fronde devait être bipinnée, deux échantillons présentent un degré de division supplémentaire (pl. 16, fig. 2, 3). Les

pinnules devenues de petites penne peu évoluées constituent des penne d'avant-dernier ordre portant à leur base deux pinnules légèrement modifiées. Ainsi la fronde d'*Alloiopteris erosa* pourrait être tripinnée comme celle de *Corynepteris coralloides* (Gutbier) ou de *Corynepteris essinghii* (Andrae).

2) Feuillage stérile :

a.- Phyllophore et rachis :

Couverts d'une fine striation longitudinale lorsque la matière charbonneuse est conservée, phyllophore et rachis présentent une ponctuation dense correspondant sans doute à des cicatrices d'appendices plus ou moins épineux.

Quelques dimensions :

- Echantillon figuré en 1, pl. 15 :

- . largeur du phyllophore = 7 mm
- . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 1,5 mm
- . longueur d'une penne de dernier ordre évoluée = 20 mm
- . distance entre les insertions des penne d'ordre n = 4 mm

- Echantillon figuré en 2, pl. 16 :

- . largeur du rachis d'ordre n-2 = 2 mm
- . longueur d'une penne d'ordre n-1 peu évoluée = 20 à 25 mm
- . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = inférieure à 1 mm
- . longueur d'une penne d'ordre n ou d'une pinnule évoluée = 3 mm

b.- penne :

Les penne de dernier ordre sont alternes, rubanées, insérées perpendiculairement au rachis comme chez toutes les espèces de la famille.

c.- pinnules :

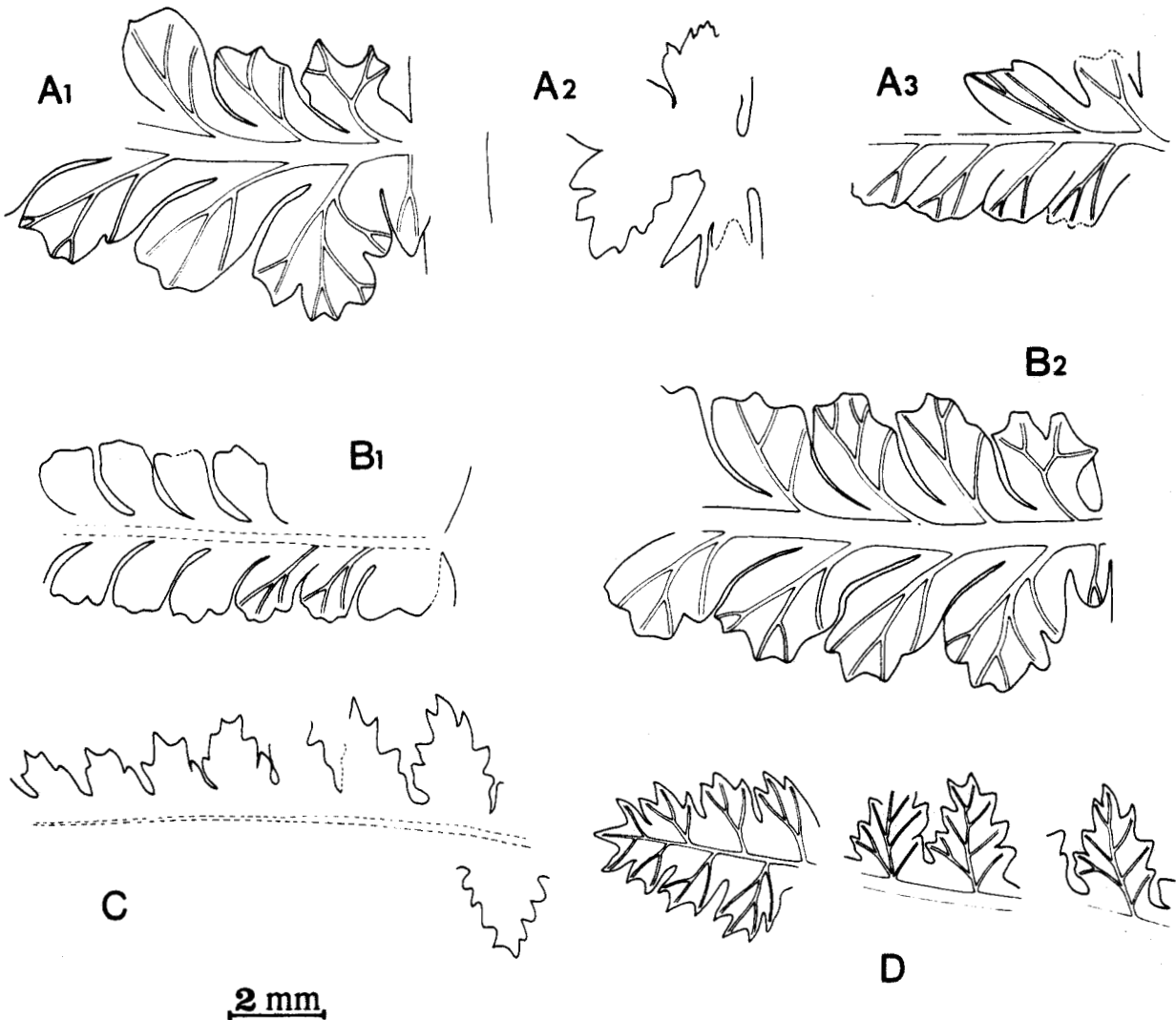
Leur taille et leur forme sont susceptibles de beaucoup varier en fonction du degré de différenciation atteint. Très inclinées sur les rachis, elles sont aussi fortement décurrentes et toujours coalescentes (texte-fig. 20 A1, C). Leur degré de soudure basale dépend évidemment de leur stade de différenciation mais quel qu'il soit, bords anadrome et catadrome sont toujours parallèles et rebroussés vers la base des penne, les pinnules apparaissant emboîtées les unes dans les autres.

La texte-fig. 20 A1, C montre l'apparition successive des lobes, le premier formé étant toujours catadrome. Les pinnules sont tellement jointives que seul leur bord supérieur est libre, ses indentations indiquant le nombre de lobes formés.

En principe, toutes les pinnules sont identiques le long d'une penne ultime sauf dans la région sommitale et à la base. En effet, les trois premières pinnules basales sont modifiées mais leurs transformations n'atteignent pas celles décrites chez certaines *Zygopteridaceae* (texte-fig. 20 C). La première pinnule catadrome insérée juste dans l'angle formé par les deux rachis est très réduite mais légèrement lobée ; elle est irriguée par une nervule simple ou une fois dichotome. Son équivalente anadrome est elle aussi un peu plus réduite que la normale mais elle apparaît très nettement lobée et bipartite. La deuxième pinnule catadrome se caractérise au contraire par un limbe plus opulent que celui des pinnules suivantes et un nombre de lobes supérieur (2 à 4 lobes supplémentaires). On remarquera par conséquent combien les similitudes sont frappantes au niveau des modifications subies par les pinnules proximales entre *Al. erosa* et l'espèce précédemment décrite : *Al. cristata*.

Le passage de la pinnule au rang de petite penne se marque par une multiplication du nombre de lobes, par une croissance en longueur très accentuée et par un redressement des différents éléments sur le rachis (texte-fig. 20 E). Les lobes jusque là à peine ébauchés s'allongent et deviennent très aigus. En même temps, le limbe du premier élément catadrome semble se réduire encore, devenant lacinié à la manière d'une petite aphyllie. Celui du premier élément anadrome ne montre pas d'hypertrophie particulière.

La forte coalescence des pinnules se maintient lors de leur passage au rang de penne, aussi les rachis n-1 apparaissent-ils largement ailés.



Texte-fig. 20 - Morphologie limbairé d'*Alloiopteris erosa* (Gutbier).

A1-A3 - Fragments de pennés de dernier ordre dont l'un montrant les trois pinnules proximales anormales, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 15.

B1 - Pinnules distales typiques, d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 17.

B2 - Base de pennis de dernier ordre un peu moins différenciée que celle représentée en A1, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 16.

C, D - Extrémités de pennés d'avant-dernier ordre très peu évoluées, d'après les échantillons figurés en 2, 3, pl. 16. Le passage de la pinnule au rang de pennis de dernier ordre se manifeste par une croissance en longueur très accentuée et une forte indentation des lobes devenant de plus en plus aigus.

d.- nervation :

La nervure principale est très décurrente et inclinée sur le rachis (45°). Elle émet rapidement une première nervure catadrome puis se divise alternativement d'un côté et d'autre. Les nervures secondaires se dichotomisent ensuite de façon à ce que chaque indentation du limbe reçoive une nervule (texte-fig. 20 A1, C).

Remarques et discussion :

J'ai eu l'occasion d'examiner au Museum für Naturkunde de Berlin l'échantillon fertile décrit et figuré par Geinitz (1855, pl. XXXII, fig. 7) et reproduit ici en 4, 4ab, pl. 17. Son interprétation est loin de faire l'unanimité des auteurs, certains considérant la fructification comme devant être rapportée au genre *Corynepteris*, d'autres au genre *Oligocarpia* Goeppert. La disposition des sporanges est en effet curieuse et très différente de ce que l'on observe habituellement chez les *Zygopteridaceae* : les sores situés aux extrémités des nervures sont composés de cinq sporanges apparemment dépourvus d'anneau, disposés en rosace. Ce spécimen ne présente par ailleurs aucun caractère typique qui permette de le rapporter avec certitude à l'espèce *erosa*.

Il en est de même de la figuration de Lesquereux (1880, pl. XLIV, fig. 3) dont la description (p. 256) est assez vague. Enfin la conservation du fragment fertile figuré par Daber (1955, pl. VI, fig. 5) est trop médiocre pour qu'on puisse en tirer la moindre information. Je me suis donc contentée de donner ici une description du limbe stérile, considérant trop incertaines les données sur les fructifications.

Lesquereux (1880, p. 256) décrit sous le nom de *Pecopteris cristata* Gutbier un échantillon qui, de son propre aveu, lui semble très proche de *Pecopteris erosa* suggérant même que l'espèce *cristata* est une variété de l'espèce *erosa*. En fait le spécimen de Lesquereux (pl. XLIV, fig. 2, 2a) refiguré par White (1899, pl. XXIV, fig. 3, 3a) n'a rien de comparable avec l'*Alloiopteris cristata* que j'ai décrit précédemment, tant par la forme peu modifiée des pinnules basales que par la priorité des différenciations catadromes. Je considère ce spécimen comme un représentant d'*Alloiopteris erosa* dont les pinnules sont relativement évoluées.

L'espèce *Alloiopteris (Corynepteris) winslovii* a été créée par White (1899) pour des formes américaines stériles et fertiles, voisines d'*Alloiopteris erosa* et qui ne s'en différencient d'après White (p. 72) que par la position de la première division de la nervure principale par rapport au rachis. Ceci ne me paraît pas devoir constituer un critère spécifique suffisant étant donné que la position des divisions successives des nervures dépend évidemment du degré de différenciation des pinnules.

Dans le même travail, White souligne la ressemblance d'*Alloiopteris winslovii* avec les figurations d'*Asplenites sternbergii* d'Ettingshausen = la plus grande largeur des nervures médianes et les dents plus obtuses étant à son avis les seuls critères permettant d'identifier *Asplenites sternbergii*. Il en est résulté de nombreuses confusions et discussions. Ainsi Danzé (1956, p. 345) et R.H. Wagner (1966c, p. 125) considèrent *Al. winslovii* comme synonyme d'*Al. erosa* ; par contre, Jongmans (1937, p. 405), Cridland et al. (1963, p. 69), Galtier et Scott (1979, p. 112) l'admettent dans la synonymie de *C. sternbergii*. Cette dernière opinion semble aussi partagée par Darrah (1969, p. 149) qui émet cependant quelques réserves faute d'avoir observé le matériel d'Ettingshausen. La qualité des figurations de White ne permet pas de se faire une opinion définitive, il faudrait pouvoir réviser ce matériel américain en dégagant la base des pennes pour étudier les pinnules proximales. *Alloiopteris erosa* et *Corynepteris angustissima* (= *C. sternbergii*) sont effectivement difficiles à identifier quand les pinnules sont à des stades de différenciation à peu près équivalents et que les bases de pennes sont mal conservées. Je pense toutefois que les fragments figurés par White en 1 et 6, pl. XXIII correspondent à deux stades plus ou moins évolués d'*Al. erosa* ainsi que celui représenté en 3, et 3a, pl. XXIV encore que le dessin 3a schématisant la nervation soit un peu curieux. La figure 3, pl. XXIII effectuée d'après un échantillon stérile d'*Al. winslovii* non figuré est, par contre, tout à fait conforme à ce qui s'observe sur le matériel sarro-lorrain rapporté à *Al. erosa*. Enfin je pense que l'*Al. winslovii* de la figure 2, pl. XXII bien que provenant de la même localité, est beaucoup plus proche de *Corynepteris angustissima* que de l'espèce *erosa* (comparer avec les échantillons sarro-lorrains pl. 1, fig. 6, 8). Les autres figurations de White me paraissent beaucoup plus difficiles à identifier. Toutes ces interprétations nécessiteraient vérification aussi ai-je fait précéder d'un point d'interrogation la citation de White dans la synonymie d'*Alloiopteris erosa*. J'ai aussi omis volontairement de parler d'*Alloiopteris winslovii* dans la discussion se rapportant à *Corynepteris angustissima* (Sternberg).

L'échantillon figuré par Nemejc (1938, pl. III, fig. 11) sous le nom d'*Alloiopteris winslovii* White correspond assez bien à nos spécimens les plus évolués d'*Alloiopteris erosa* (pl. 16, fig. 2, 3). L'observation à la loupe montre le premier élément catadrome de chaque penne n-1 réduit à une toute petite ahlébie laciniée comparable à ce que j'ai décrit plus haut. La figure 12, pl. III de Nemejc illustre la double insertion des frondes sur le phyllophore avec les ahlébies et les nombreux trichomes couvrant phyllophore et rachis. Par

contre la texte-fig. 9f (p. 12) représente une différenciation des pinnules et de la nervation rappelant plutôt les dessins que j'ai donnés pour *Alloiopteris cristata* (texte-fig. 18). Mais à mon avis ces spécimens ne peuvent être rapportés à l'espèce *cristata*, les pinnules sont beaucoup trop petites et surtout on ne voit aucune trace des trois pinnules proximales caractéristiques de l'espèce de Gutbier. Je n'ai pas non plus placé ce matériel dans la synonymie d'*Alloiopteris erosa* n'ayant pas eu la possibilité de l'examiner de façon détaillée. Je reprendrai la phrase de Nêmejc (1938, p. 23) qui témoigne de ses hésitations : "les pinnules d'*Alloiopteris winslovii* White ont une forme intermédiaire entre celles de *Corynepteris angustissima* Sternberg et celles d'*Alloiopteris cristata* Geinitz" (traduction du tchèque).

Je ne suis pas certaine non plus que les échantillons figurés par R.H. Wagner (1966c, p. 124, pl. 17, fig. 36 ; pl. 25, fig. 52) soient effectivement des représentants d'*Alloiopteris erosa*. La forme des pinnules distales rappelle celle de *Corynepteris angustissima* et surtout les pennes portent à leur base une petite ahlébie anadrome assez semblable à ce que j'ai décrit pour cette dernière espèce.

Kidston (1923, p. 307) fait du spécimen qu'il avait décrit par erreur (1888, p. 381) comme *Corynepteris erosa* l'holotype de son *Alloiopteris radstockensis*. Il différencie cette nouvelle espèce par le mode de division des nervures et la présence d'une indentation anadrome très marquée sur le bord supérieur des pinnules (pl. LXXIII, fig. 1, lab). Il ne devrait pas y avoir de confusion possible entre l'espèce de Kidston et *Alloiopteris erosa*.

Les échantillons figurés par Danzé (1956, pl. LVI ; pl. LVII, fig. 1, la) sont de qualité médiocre. Mais il est possible en certains endroits d'y retrouver la nervation typique de l'espèce *erosa*.

Il n'y a pas lieu de revenir sur la synonymie admise par tous les auteurs de *Pecopteris linearis* et d'*Alloiopteris erosa*, toutes deux créées en même temps par Gutbier.

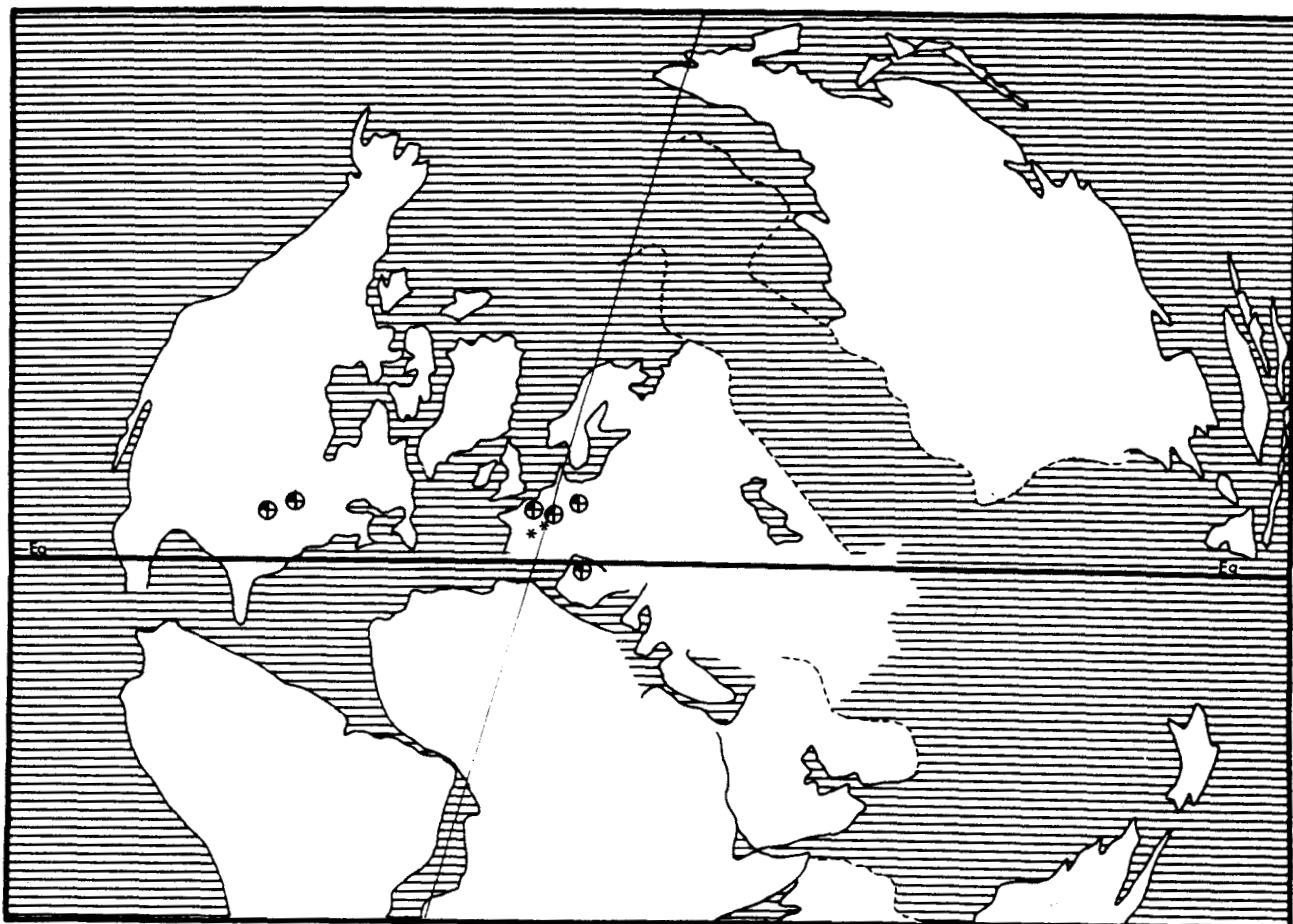
Enfin Pfefferkorn, Peppers et Phillips (1971, p. 16) ont décrit les spores prélevées sur un échantillon fertile déterminé *Corynepteris* (*ex. Alloiopteris*) cf. *erosa*. Je pense effectivement que c'est à cette espèce que le spécimen ressemble le plus mais sa qualité n'a pas permis de préciser l'organisation des fructifications. C'est pourquoi j'ai choisi de laisser l'espèce *erosa* dans le genre *Alloiopteris* H. Potonié même si les spores extraites par Pfefferkorn et al. sont du même type que celles des espèces rapportées au genre *Corynepteris* Baily.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Groupes de *Dilsburg*, d'*Ensdorf*, de *Schäfer-Riegelsberg*, veine *Wahlschied*, couches d'*Ottweiler*, niveaux inférieurs du Stéphanien (respectivement Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435703-435705 et Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/4239 et n° C/7469, éch. figurés par Alvarez Ramis et al. 1979, pl. 1, fig. 6, 7).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Stocken* à 530,00 m, base du faisceau de *Tritteling*, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435701).
- Autres gisements :
 - Sondage de *B2* à 747,65 m, 150 m sous la veine *Henri*, sommet du faisceau de *Steinbesch*, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435702).
 - Siège de *Faulquemont*, toit de la veine *B*, faisceau de *Steinbesch*, Westphalien D supérieur (Coll. lab. paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435706).
 - Terris de *la Houve* où sont déversés des stériles d'âge Westphalien D ou provenant des niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435707-435724).

Dans le bassin houiller sarro-lorrain, *Alloiopteris erosa* semble caractéristique du Westphalien D supérieur et des niveaux inférieurs du Stéphanien.

Répartition générale :



Texte-fig. 21 - Distribution géographique et répartition stratigraphique d'*Alloiopteris erosa* (Gutbier).

ALLOIOPTERIS SARAEPONTANA H. Potonié

Planche 18

Néotype :

- . Echantillon sarro-lorrain figuré ici en 2, 2a, pl. 18
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, sondage de Valmont 4 à 1164,85 m, 31 m au-dessus de T200, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur.
- . Collection : Laboratoire de Paléobotanique de l'Université de Lille I, SPH. H.B.L. n° 435843 .



- 1915 *Alloiopteris* (? *Corynepteris*) *saraepontana* H. Potonié *m.s.*, Gothan, p. 254 ,
texte-fig. 9
1948 *Alloiopteris saraepontana*, Guthörl, p. 99, pl. XVII, fig. 2A, 2B
1954 *Alloiopteris sarana* Gothan, p. 237 , texte-fig. 4
1957 *Corynepteris saraepontana*, Guthörl, pl. 9, fig. 2a, 2b
1975 *Alloiopteris saraepontana*, Germer, p. 10 , texte-fig. 13, 14
v. 1979 *Alloiopteris saraepontana*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 135, pl. 4,
fig. 1-2 ; texte-fig. 12
v. 1979 *Alloiopteris palatina* Kessler, P. Bertrand *m.s.*, Alvarez Ramis, Doubinger et Ger-
mer, p. 133, pl. 3, fig. 1, 1a ; texte-fig. 9

Diagnose :

- Organisation de la fronde inconnue.
- Pennes ultimes alternes et rubanées, insérées perpendiculairement aux rachis n-1 ; pinnules très dissymétriques inclinées ou redressées sur le rachis avec le bord catadrome jamais entaillé et souvent recourbé vers le bas de la penna ; sommet et bord anadrome entaillés de lobes pointus réguliers dont la disposition rappelle une crête de coq ; dent apicale correspondant souvent à la plus grande longueur de la pinnule ; une pinnule basale (anadrome ou catadrome) aphiléboïde et laciniée ; réduction possible du limbe de la pinnule équivalente (catadrome ou anadrome) ; nervation caractéristique : nervure principale légèrement décurrente, excentrée, suivant de très près le bord catadrome, émettant régulièrement des nervures secondaires généralement indivises, et selon des angles de plus en plus aigus vers le sommet de la pinnule ; dichotomie des nervures secondaires peu fréquente mais possible.

Description :

1) Organisation de la fronde :

Cette espèce très abondante dans le bassin houiller sarro-lorrain n'est généralement représentée que par des petits fragments, les plus grands échantillons correspondant à des pennes d'avant-dernier ordre très incomplètes. Il est donc impossible de préciser l'organisation de la fronde et *Alloiopteris saraepontana* n'est placée parmi les *Zygopteridaceae* qu'en raison de la profonde dissymétrie de ses pinnules et de l'angle d'insertion (voisin de 90°) de ses pennes ultimes rubanées. L'essentiel du matériel est par conséquent constitué de fragments de pennes de dernier ordre dont la base est rarement conservée. Toutefois sur quelques-uns des spécimens on peut observer une pinnule basale transformée en aphilébie. Aucun des échantillons n'atteint une taille suffisante pour permettre de déterminer la position anadrome ou catadrome de cette aphilébie (pl. 18, fig. 8b).

2) Feuillage stérile :

a. - rachis :

Les quelques rachis étudiés montrent une fine striation longitudinale accompagnée parfois de deux sillons plus marqués. Je n'ai pas observé de trichomes ni les cicatrices qui pourraient leur correspondre. Le rachis le plus large mesure 2 mm, porte des pennes ultimes longues de 35 mm et espacées de 9 mm environ.

b. - différenciation des pinnules et de leur nervation :

Le sondage de *Cocheren 11* a fourni un grand nombre de spécimens certes très fragmentaires mais qui ont permis de reconstituer le mode de différenciation des pinnules et surtout de la nervation (texte-fig. 22).

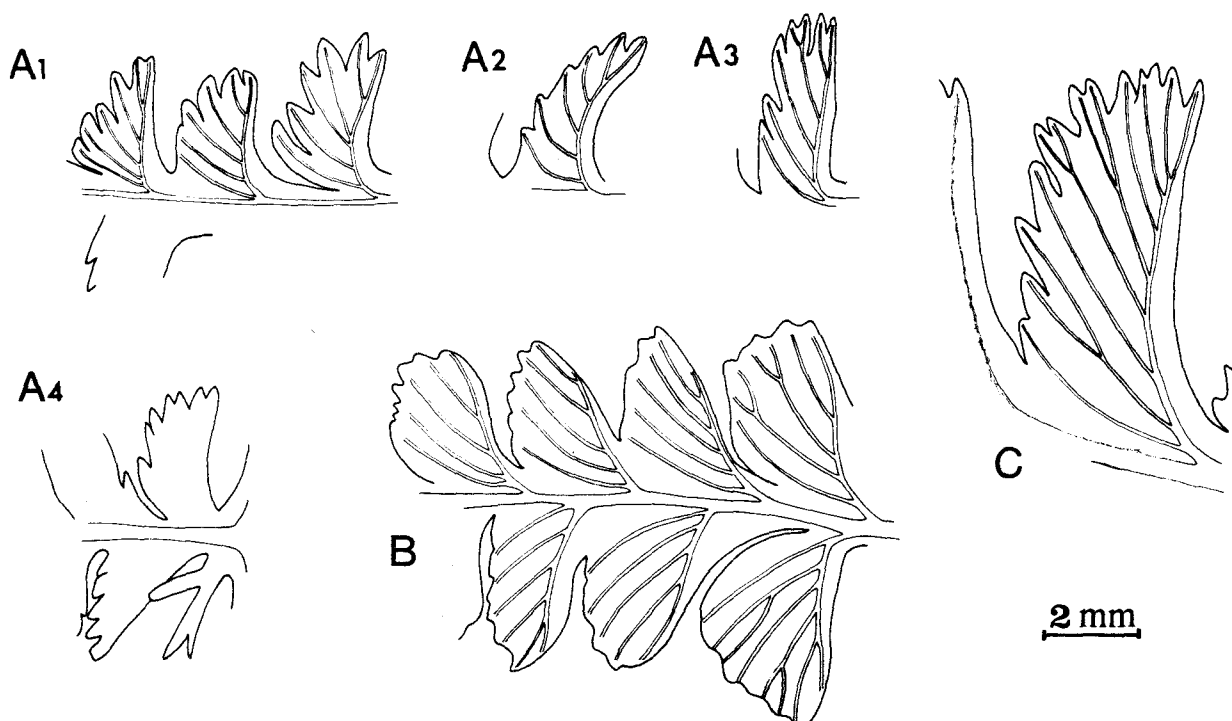
Peu différenciées, les pinnules sont faiblement inclinées sur le rachis, décurrentes et déjà dissymétriques : leur bord catadrome reste linéaire alors que les premiers lobes se forment du côté anadrome. Apparaissent ainsi trois à cinq lobes aigus qui donnent à la pinnule un aspect en crête de coq (texte-fig. 22 A1) tout à fait comparable à ce que j'ai décrit pour *Alloiopteris cristata* (Gutbier) (comparer avec la texte-fig. 18). La

nervure principale émet autant de nervures secondaires qu'il y a de lobes ainsi formés. Jusqu'à ce stade, il est impossible de distinguer *Alloiopteris cristata* d'*Alloiopteris saraepontana*.

Dès que le nombre des lobes augmente, la distinction devient beaucoup plus aisée. En effet, les lobes continuent de se former individuellement, c'est-à-dire que les derniers apparus ne se forment pas comme chez *Alloiopteris cristata* par division des lobes précédemment différenciés. Ceci se vérifie au niveau de la nervation : chaque lobe reçoit une nervure secondaire émise directement à partir de la nervure principale et non une ramification dichotome des nervures secondaires. Il en résulte un aspect très particulier de la pinnule qui est redressée sur le rachis, son bord catadrome non entaillé étant généralement recourbé vers la base de la penna ; la nervure principale très excentrée par rapport à l'ensemble de la pinnule suit de très près le bord catadrome, émettant régulièrement des nervures secondaires dont l'angle d'émission décroît de plus en plus vers le sommet de la pinnule. Aussi si la forme générale des pinnules et la disposition des lobes sont identiques chez *Alloiopteris cristata* et *Alloiopteris saraepontana*, le processus de différenciation en est distinct.

Toutefois la nature ne suit pas inmanquablement des règles aussi strictes et il arrive exceptionnellement que des pinnules très évoluées d'*Al. saraepontana* présentent une ou deux nervures secondaires qui se dichotomisent, les deux lobes ainsi irrigués résultant bien sûr de la division d'un lobe (pl. 18, fig. 2a ; texte-fig. 22 C). Ces rares exceptions n'enlèvent rien à la valeur des critères que je viens de préciser.

Enfin l'observation d'un grand nombre d'échantillons permet de dire qu'il n'y a pas de règle générale quant à la longueur relative de la dent apicale. Quand on a affaire à des spécimens évolués, la plus grande longueur de la pinnule ne correspond pas à la dent apicale étant donné que le bord catadrome est recourbé. Mais chez les échantillons à pinnules relativement peu différenciées ou encore inclinées sur le rachis, la dent apicale est aussi la plus éloignée du rachis.



Texte-fig. 22 - Morphologie limbale d'*Alloiopteris saraepontana* H. Potonié .

A1-A3 - Quelques aspects des pinnules évoluées ; A4 - Base de penna de dernier ordre avec un petit segment aphyllé catadrome, d'après l'échantillon figuré en 8, pl. 18.

B - Fragment de penna de dernier ordre, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 18.

C - Pinnule très évoluée avec des nervures secondaires localement divisées, d'après un échantillon non figuré.

c.- pinnule aphiéboïde :

La première pinnule basale catadrome (?) de certains échantillons est transformée en une petite aphiébie au limbe lacinié (pl. 18, fig. 8b ; texte-fig. 22 A4). Il semblerait que sur les fragments les plus évolués (pl. 18, fig. 7a), la pinnule opposée ait un limbe également plus réduit mais de même forme que celui des pinnules adjacentes. Peut-être ne s'agit-il là que d'un artefact dû à la conservation.

Remarques et discussion :

Gothan a repris à son compte et figuré pour la première fois (1915, p. 254) un spécimen portant une inscription manuscrite de H. Potonié : *Alloiopteris saraepontana* que plus tard (1954, p. 237) il désigne *Alloiopteris sarana*.

L'identification de cette espèce apparemment limitée au bassin houiller sarro-lorrain ne pose pas de problème quand on a la chance de disposer d'échantillons suffisamment évolués et complets. J'ai été amenée dans la description à comparer le mode de différenciation des pinnules et la nervation d'*Alloiopteris saraepontana* avec ceux d'*Alloiopteris cristata* (Gutbier). J'ai ainsi montré que si la confusion était possible entre les deux espèces lorsque le degré de différenciation du limbe était faible, la nervation, passé un certain seuil d'évolution, permettait à coup sûr de les différencier (comparer les texte-fig. 18 et 22).

Leur discrimination est encore plus aisée quand les bases des pennes ultimes sont bien dégagées. J'ai décrit chez *Alloiopteris cristata* trois pinnules proximales dont la taille et la forme respectives sont très caractéristiques alors que chez *Alloiopteris saraepontana*, une seule pinnule basale apparaît transformée.

Cette discussion souligne combien il est nécessaire d'observer un matériel abondant et varié avant de se prononcer sur une attribution spécifique. Sauf cas exceptionnel, les espèces et les déterminations fondées sur des spécimens uniques courent toujours le risque d'être invalidées. Ainsi, Alvarez Ramis et al. ont validé (1979, p. 133) une nouvelle espèce d'*Alloiopteris* : *Al. palatina* Kessler pour un spécimen unique portant une étiquette manuscrite de P. Bertrand indiquant outre le nom spécifique : "*Al. palatina* Kessler, très voisin d'*Al. saraepontana* H. Potonié et même identique -certainement" (pl. 18, fig. 11, 11a).

BUS
LILLE

Al. palatina se caractériserait par le fait que la dent apicale correspond à la plus grande longueur de la pinnule ce qui n'est pas le cas chez *Al. saraepontana*. En fait, le spécimen relativement mal conservé, avec l'extrémité des pinnules souvent cassée, représente, un stade peu différencié d'*Al. saraepontana*. Il provient d'ailleurs du même gisement que l'échantillon décrit par Gothan.

Danzé (1956) a figuré sous le nom de *Corynepteris* cf. *cristata* (pl. LVII, fig. 3, 3a) un fragment de penne de dernier ordre dont les pinnules, malheureusement peu différenciées (les cinq lobes de la pinnule la plus évoluée reçoivent chacun une nervure secondaire émise par la nervure principale), rappellent les caractères que l'on rencontre chez *Al. saraepontana*. On ne peut donc se prononcer définitivement sur l'appartenance spécifique de ce spécimen, mais il n'est pas impossible que l'endémisme d'*Al. saraepontana* ne soit pas aussi accentué que ce qui est généralement admis.

Mis à part *Alloiopteris cristata*, aucune autre espèce de *Zygopteridaceae* ne risque d'être confondue avec *Alloiopteris saraepontana*.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :

- Sondage de B2 à 983,50 m, 1/2 inférieure du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435854).

- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :

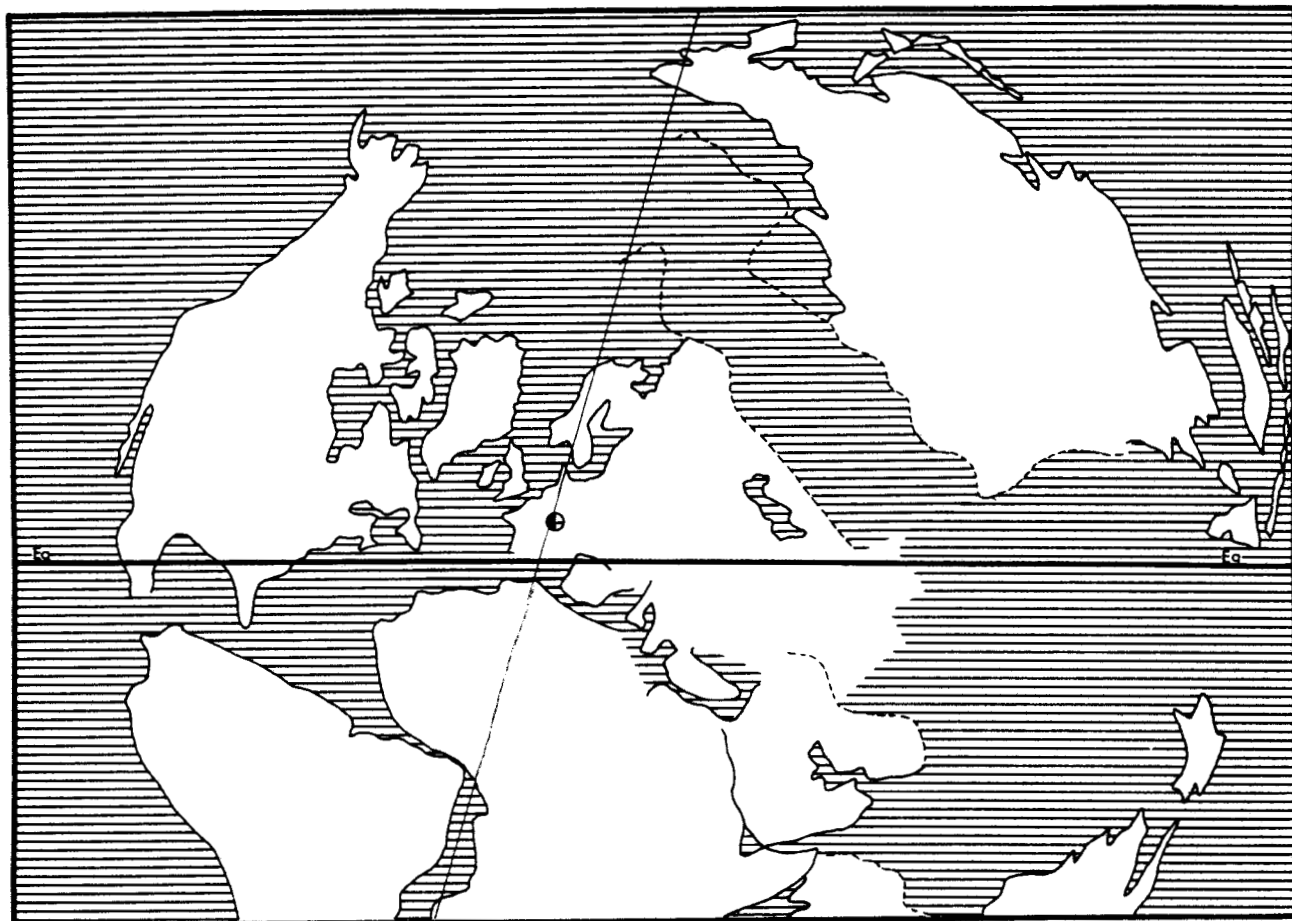
- Sondage de *Hombourg 2/5* à 852,84 m, 5 m au-dessus de T600, sommet du faisceau de Rothell, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435855).

- Autres gisements :

- Sondage de *Barrois* à 150,40 m, sommet du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435837).
- Sondage de *Cocheren 11* de 1227,14 à 1227,26 m, niveau des veines Frieda 1 et 2, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435844-435852).
- Sondage de *Cocheren 12* à 1270,04 m, niveau des veines Dora et Cécile, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435853).
- Groupe de *Frankenholz*, sans autre précision, Westphalien D (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/2563, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1979, pl. 3, fig. 1)
- Groupe de *Friedrichstahl*, couche Erkeshöhe, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Gargan 1* à 745,17 et 745,24 m, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435838-435839).
- Groupe de *Hélène*, veine 13, sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Habsterdick* à 283,00 m, à 92 m au-dessus de T100, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435841).
- Couches de *Luisenthal*, sans autre précision, entre T200 et T100, Westphalien C supérieur ou D inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Marienau 4* à 1024,75 m, niveau de la veine C, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435840).
- Groupe de *Maybach*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Terris de *Merlebach* (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435857-435859).
- Sondage de *Morsbach* à 939,60 m, base du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435842).
- Sondage de *Ste-Fontaine 1* à 402,33 ; 402,37 ; 512,80 ; 611,80 ; 731,65 ; 731,66 ; 1254,75 ; 1254,76 ; 1254,79 ; 1254,81 m, pour information, base du stérile de Geisheck à 803 m, T300 à 1018,21 m, stérile de Geisheck et 2/3 supérieurs du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435801-435814).
- Sondage de *Ste-Fontaine 2* à 700,50 ; 700,56 ; 801,30 ; 801,31 ; 1345,80 ; 1345,82 ; 1345,83 m, pour information T200 à 452,22 m, T300 à 1115,95 m, 1/2 inférieure du faisceau de Petite-Rosselle à 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435815-435825).
- Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 694,58 et 694,61 m, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435826-435829).
- Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 691,22 ; 691,25 ; 691,65 ; 691,73 ; 764,00 ; 981,80 m, pour information T300 à 979,67 m, stérile de Geisheck à 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435830-435835).
- Sondage de *Ste-Fontaine 6* à 988,20 m, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435836).
- Sondage de *Simon*, veine 4, sous la veine Wohlvert, sommet du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435856).
- Sondage de *Valmont 4* à 1164,85 m, 31 m au-dessus de T200, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435843).

Cette espèce endémique au bassin sarro-lorrain, abondante dans le Westphalien C, est également présente jusque dans la partie supérieure du Westphalien D. Un échantillon peu différencié et donc très semblable morphologiquement à *Alloiopteris cristata*, provenant du sondage de *Hombourg 2/5* (à 852,84 m) indique le niveau le plus bas dans lequel *Alloiopteris sarapontana* a été récolté.

Répartition générale :



Texte-fig. 23 - Distribution géographique et répartition stratigraphique d'*Alloiopteris saraepontana*
H. Potonié .

GENRE *NEMEJCOPTERIS* Barthel

Espèce-type : *Nemejcopteris feminaeformis* (Schlotheim, 1820)

- 1968 *Nemejcopteris* Barthel, p. 733
- 1975 *Nemejcopteris*, Barthel, p. 461
- 1975 *Nemejcopteris*, Knight, p. 241
- 1977 *Nemejcopteris*, W. Remy et R. Remy, p. 240
- 1978 *Nemejcopteris*, Novik, p. 70

Diagnose :

(d'après Barthel, 1968, p. 230) :



- "Fougère carbonifère avec un rhizome rampant se dichotomisant, à partir duquel se dressent les phyllophores entourés à leur base d'aphlébies ; phyllophore flexueux, grêle, velu.
- Pennes primaires stériles bipinnées insérées par paires sur le phyllophore avec des aphlébies anadromes ; axes des pennes avec deux sillons longitudinaux ; pinnules raides, décurrentes avec un bord indenté et une nervation dont la première ramification est catadrome ; première pinnule basale anadrome aphléboïde ; pennes primaires fertiles très asymétriques avec d'un côté des pennes aphléboïdes et de l'autre des pennes secondaires fertiles linéaires portant 2 rangées de sores composés de 5-9 sporanges ; sporanges piriformes, à courts pédicelles, asymétriques avec un anneau médian multisérié faisant toute la longueur du sporange constitué de cellules épaissies ; déhiscence en bordure de l'anneau ; paroi du sporange composée de cellules polygonales intercalées de cellules scléreuseuses ; spores rondes, trilètes, verruqueuses" (traduction de l'allemand).

Description :

Dans un travail antérieur (1976) consacré à *Nemejcopteris feminaeformis*, j'ai souligné (p. 235) que le matériel sarro-lorrain présente quelques différences avec la description proposée par Barthel et en particulier que l'anneau est nettement interrompu au sommet du sporange.

La même année, Barthel (1976, p. 31) a d'ailleurs modifié sa description originale :

"les pennes fertiles primaires sont symétriques : il existe des pinnules stériles sur les pennes fertiles ; les sporanges sont symétriques avec une dorsi-ventralité nette (partie adaxiale concave, partie abaxiale convexe), l'anneau est latéral et interrompu dans la partie apicale" (traduction de l'allemand).

Il ajoute que cette nouvelle description correspond exactement à celle du genre *Schizostachys* Grand'Eury et que vraisemblablement les différents genres créés en Amérique du Nord ou en France pour des fragments isolés (*Biscalitheca* Mamay, *Etapteris* Bertrand, *Monoscalitheca* Abbott, *Nemejcopteris* Barthel et *Schizostachys* Grand'Eury) doivent être identiques. J'étais d'ailleurs arrivée à la même conclusion (1976, p. 236) compte tenu des travaux de Galtier et Grambast (1972) qui admettent la conformité à quelques détails près du type d'organisation des frondes fertiles de *Biscalitheca musatea* Mamay, de *Schizostachys spiciformis* (Andrae) Barthel, et de la révision par Cridland (1966) de *Monoscalitheca fasciculata* Abbott.

Mais je pensais qu'il n'était pas permis d'assimiler ces deux types de fructifications tant que le *Schizostachys pinnata* trouvé généralement associé à des pennes stériles de *Nemejcopteris feminaeformis* dans les couches de Wettin n'aurait pas été découvert, dans les mêmes conditions, dans la région d'origine ; le Stéphanien français du Massif Central.

Depuis, Barthel (1980, p. 284) a souligné l'importance de la première découverte d'une penne fertile de *Schizostachys spiciformis* (Andrae) dans les couches de Manebach, *locus typicus* de *Nemejcopteris feminaeformis* apportant ainsi un élément supplémentaire au dossier de l'éventuelle synonymie des deux genres.

Si tous ces genres s'avéraient effectivement identiques, le genre *Schizostachys* devrait seul être conservé compte tenu de la règle d'antériorité. La démonstration à ce jour n'ayant pas encore été faite, j'ai préféré garder le nom de *Nemejcopteris* largement utilisé dans la littérature.

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

La seule espèce actuellement rapportée au genre a été décrite à l'origine sous le nom générique de *Pecopteris* compte tenu du mode d'insertion des pinnules.

NEMEJCOPTERIS FEMINAEFORMIS (Schlotheim)

Planche 19

Néotype :

- . Echantillon figuré par Germar 1845, pl. XV et repris par Barthel 1968, pl. II, fig. 1
- . Origine : Allemagne, bassin du Harz, couches de *Wettin*, Stéphanien supérieur
- . Collection : Institut de Paléontologie de l'Université Martin-Luther, Halle-Vittenberg.

- 1820 *Filicites foeminaeformis* Schlotheim (réf. 1804, p. 46, pl. IX, fig. 16)
- 1845 *Pecopteris elegans* Germar, pl. XV
- 1855 *Cyatheites argutus* Brongniart, Geinitz, p. 24, pl. XXIX, fig. 1, 1A, 2a, 2A, 3a, 3A
- 1877 *Oligocarpia (Filocites) feminaeformis*, Stur, p. 294
- 1879 *Pecopteris arguta*, Zeiller, p. 93, pl. CLXVI, fig. 5, 6
- 1881a *Pecopteris feminaeformis*, Sterzel, p. 340
- 1886-88 *Pecopteris feminaeformis*, Zeiller, p. 174, pl. XVIII, fig. 6, 6a ; pl. XXXI, fig. 6
- 1890 *Pecopteris feminaeformis*, Zeiller, p. 73, pl. VIII, fig. 9, 10
- 1892 *Pecopteris feminaeformis*, Zeiller, p. 25, pl. VI, fig. 4-6
- 1893 *Goniopteris foeminaeformis* v. *Schloth. sp. var. arguta* Sternb. sp., Sterzel, p. 41, pl. V, fig. 8 ; pl. VI, fig. 1-4
- 1903 *Pecopteris feminaeformis*, H. Potonié, p. 1-3, 2 fig.
- 1906 *Pecopteris feminaeformis*, Zeiller, p. 55, pl. XII, fig. 1-3
- 1923 *Pecopteris feminaeformis*, Gothan in Gürich, pl. 13, fig. 3
- 1930 *Pecopteris feminaeformis*, Jongmans et Gothan, p. 117, pl. 24, fig. 1-3
- 1939 *Pecopteris feminaeformis*, Stockmans et Mathieu, p. 78, pl. IV, fig. 2 ; pl. XVIII, fig. 5, 6
- 1951a *Pecopteris feminaeformis*, P. Corsin, p. 356, pl. CLXXXV, fig. 4
- 1963 *Pecopteris (Ptychocarpus ?) feminaeformis*, Lee Hsing-Hsüeh, p. 137, pl. XXIII, fig. 1, 2 ?, 3
- 1966c *Pecopteris feminaeformis*, R.H. Wagner, pl. 42, fig. 91 ; pl. 68, fig. 143
- 1967 *Pecopteris (Dys-Corynepteris) feminaeformis*, Barthel, p. 345, pl. I, fig. 1-3
- 1968 *Nemejcopteris feminaeformis*, Barthel, p. 727-733, pl. I-IV ; texte-fig. 1-4
- 1969 *Pecopteris feminaeformis*, Darrah, p. 140, pl. 16, fig. 1, 2 ; pl. 70, fig. 3
- 1971 *Pecopteris feminaeformis*, Germer, p. 59, pl. XIII, fig. 4 ; texte-fig. 72
- 1975 *Nemejcopteris feminaeformis*, Barthel, pl. 2-3
- 1975 *Nemejcopteris feminaeformis*, Knight, p. 241, pl. 35, fig. 4, 4a
- 1976a *Nemejcopteris feminaeformis*, Barthel, p. 30, pl. 1, fig. 3, 4 ; pl. 2, fig. 6-8 ; pl. 3 ; pl. 4, fig. 3-6
- 1976 *Nemejcopteris feminaeformis*, Brousliche, p. 233-237, pl. XIV-XVI
- 1976b *Nemejcopteris feminaeformis*, Barthel, pl. I, fig. 8 ; pl. II, fig. 1 ; pl. III, fig. 7-11
- 1977 *Nemejcopteris (al. Pecopteris) feminaeformis*, W. Remy et R. Remy, p. 240 ; texte-fig. 125abc
- 1978 *Nemejcopteris feminaeformis*, Novik, p. 71, pl. XIII, fig. 1-5
- 1978 *Nemejcopteris feminaeformis*, Boersma, p. 59, pl. XIII, fig. 2, 4
- 1979 *Pecopteris feminaeformis*, Shchegolev, p. 113-115, pl. XVIII-XX ; texte-fig. 18AB
- 1980 *Nemejcopteris feminaeformis*, Barthel, p. 283, pl. VIII, fig. 1a, 1b, 2

Pour compléter cette liste synonymique, surtout en ce qui concerne les premières formes stériles décrites, je renverrai le lecteur aux travaux de H. Potonié (1903), P. Corsin (1951a) et Barthel (1976).

Diagnose :

P. Corsin (1951a, p. 356) a établi une diagnose pour *Pecopteris feminaeformis*

relative au limbe stérile. Barthel (1968, p. 727-731, texte-fig. 4) donne une description très complète de l'espèce en insistant sur les caractères des fructifications et propose une reconstitution de l'organisation de la plante. En 1976, il apporte quelques éléments nouveaux en particulier sur le détail de la paroi sporangiale mais ne fournit aucune diagnose.

J'en proposerai donc une établie à partir des travaux de Barthel et de mes observations sur le matériel sarro-lorrain (1976, p. 233-235).

- Rhizome : large de 3 à 6 mm, plusieurs fois dichotome, les ramifications étant très arrondies et couvertes d'une forte pilosité.
- Phyllophores dressés verticalement, peu espacés, entourés à leur base d'un anneau d'aphlébies laciniées, flexueux, de 2 à 7 mm de diamètre, couverts d'appendices plus ou moins épineux ou de leurs cicatrices, plus denses vers les extrémités.
- Feuillage stérile : frondes alternes, insérées par paires, espacées de 4 cm environ portant à leur base une aphlébie anadrome ; pinnules de grande taille (10-15 mm), inclinées sur le rachis, décurrentes et coalescentes à leur base ; bords latéraux régulièrement denticulés ; sommet très pointu ;
nervation : toujours très apparente ; nervure principale non décurrente émettant des nervures secondaires indivises en direction de chaque lobe, selon un angle relativement constant ; nervules atteignant l'extrémité des lobes.
- Feuillage fertile : frondes fertiles très hétéromorphes portant d'un côté des pinnules stériles aphléboïdes 2 ou 3 fois dichotomes et de l'autre des pinnules ultimes fertiles ;
pennes fertiles composées de 2 rangées de sores légèrement pédicellés, attachés au rachis, composés de 5 à 9 sporanges ; sporanges piriformes, longs de 3,5 à 4 mm, pédonculés ; anneau multisérié longitudinal interrompu au sommet du sporange ; paroi sporangiale composée de cellules subrectangulaires dont l'alignement longitudinal est perturbé par des flots de cellules scléreuses ; déhiscence se faisant au contact de l'anneau ; côté abaxial, transition de l'anneau à la paroi sporangiale se faisant par quelques rangées de cellules isodiamétriques ;
spores de type *Convolutispora* Hoffmeister, Staplin et Malloy ; diamètre = 78 à 100 μ .

Description :

Aucune information nouvelle n'étant venue s'ajouter aux descriptions données par P. Corsin (1951a, p. 356) pour le limbe stérile et par Barthel (1968, p. 727 ; 1976a, p. 31) et moi-même (1976, p. 233) pour ce qui concerne les fructifications, je renverrai donc le lecteur à ces différents travaux.

Remarques et discussion :

Le limbe stérile de *Nemejcopteris feminaeformis* est tellement caractéristique que l'identification n'a jamais posé de difficulté parmi les *Pecopteris* au sein desquels cette espèce était rangée avant la découverte par Barthel des organes fertiles.

Avec cette fougère au feuillage pécoptéridien qui porte des fructifications typiques des formes sphénoptéridiennes se trouve une nouvelle fois posée la question de la hiérarchie des caractères systématiques à retenir.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

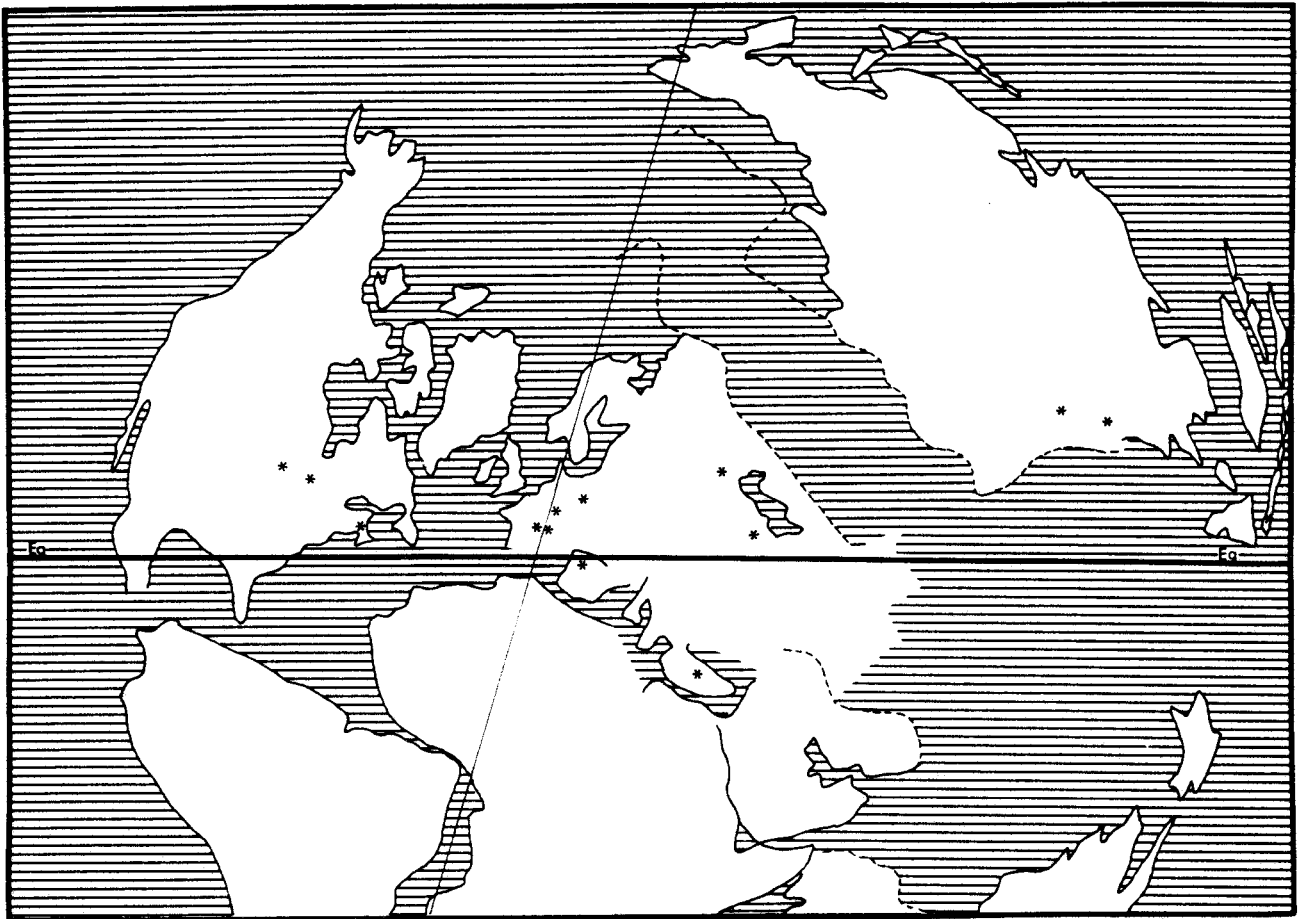
Un seul de nos échantillons possède une origine précise :

- Sondage de *Berviller* à 234,20 m, soit 200 m au-dessus de la veine *Schwalbach*, couches d'*Ottweiler*, Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 41.2).

L'autre provient d'un sondage indéterminé du groupe de *Griesborn*. Il est toutefois également d'âge Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 41.1).

Nemejcopteris feminaeformis est considéré comme caractéristique du Stéphanien dans le bassin houiller sarro-lorrain.

Répartition générale :



Texte-fig. 24 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Nemejcopteris feminaeformis* (Schlotheim)

CONCLUSIONS SUR LA FAMILLE DES ZYGOPTERIDACEAE

Le genre *Corynepteris* Baily est bien représenté dans le bassin sarro-lorrain avec quatre espèces connues sous forme de compressions. L'observation de ce nouveau matériel a permis de compléter les descriptions en apportant des informations concernant les pinnules stériles proximales (chez *Cor. similis*), le type et la taille des spores (chez *Cor. angustissima* et *Cor. essinghii*).

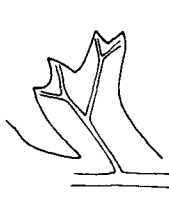
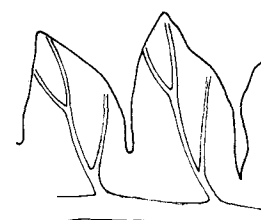


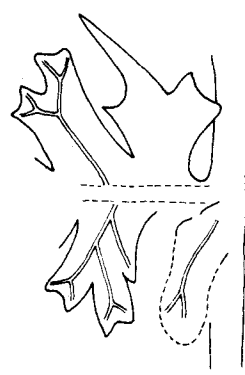
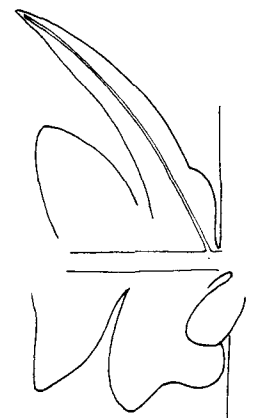


Le tableau 8 récapitule l'essentiel de nos connaissances sur les caractéristiques principales de ces quatre espèces et permet d'en faire une première comparaison.

En dépit de ces informations nouvelles, quelques points demeurent encore imprécis, par exemple :

- la forme des pinnules fertiles (si toutefois le limbe en est conservé) de *Cor. similis* ;
- la taille et le type des spores de *Cor. coralloides* pour qui les prélèvements se sont révélés jusqu'ici infructueux ;
- les variations importantes de taille des spores de *Cor. angustissima* pour lesquelles on peut envisager des degrés de maturation différents à moins qu'il ne s'agisse d'une variation intraspécifique en relation avec certains facteurs écologiques.

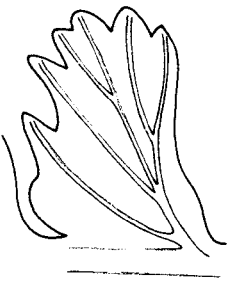





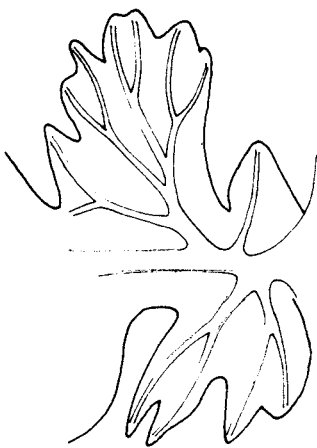
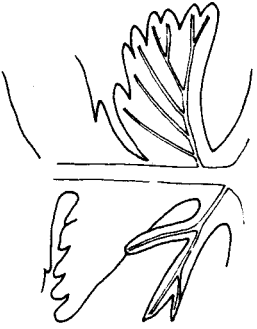
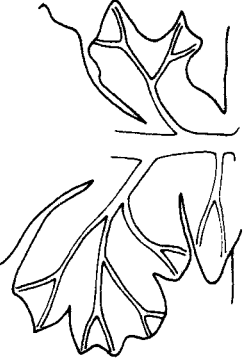
Pour répondre à ces différentes questions il faudrait pouvoir disposer d'un matériel abondant. Malheureusement les échantillons fructifiés, toujours rares, semblent l'être davantage encore dans cette famille.

Je ne reviendrai pas sur les comparaisons du genre *Corynepteris* avec les autres genres de fructification rapportés aux *Zygopteridaceae*. Ce paragraphe a été très bien traité par Galtier et Scott (1979, p. 117-121).

	<i>Cor. angustissima</i>	<i>Cor. similis</i>	<i>Cor. essinghii</i>	<i>Cor. coralloides</i>
Pinnules distales				
Pinnules proximales				
Spores	<i>Apiculatisporites</i> 19-25µ	<i>Apiculatisporites</i> 53-62µ	<i>Apiculatisporites</i> 40-64µ	inconnues

Tabl. 8 - Etude comparative des principaux caractères morphologiques des quatre espèces sarro-lorraines rapportées au genre *Corynepteris* Bailly.

Il a été précisé dans l'introduction aux *Zygopteridaceae* que certaines espèces seraient traitées sous le nom générique d'*Alloiopteris* faute d'informations concernant les fructifications mais qu'il est très probable que par la suite on soit amené à les placer dans le genre *Corynepteris*. Afin d'en faciliter la détermination et la comparaison, les caractères des espèces rapportées au genre *Alloiopteris*, présentes dans le bassin sarro-lorrain, ont été également récapitulés dans le tableau 9.

	<i>All. cristata</i>	<i>All. saraepontana</i>	<i>All. erosa</i>
Pinnules peu évoluées			
Pinnules très évoluées			
Pinnules proximales			

Tabl. 9 - Etude comparative des principaux caractères morphologiques des trois espèces sarro-lorraines rapportées au genre *Alloiopteris* H. Potonié.

115
13/11/64

L'étude détaillée des sept espèces rapportées aux deux genres conduit à faire un certain nombre de remarques :

1) Chacune des formes observées se caractérise par la présence de pinnules anormales (ou segments aphiéboïdes) à la base des pennes, dont le nombre varie de un (*Al. saraepontana*) à trois (*Cor. angustissima*, *Al. erosa*, *Al. cristata* et *Cor. similis*). La taille et la forme de ces éléments modifiés sont très variables d'une espèce à l'autre mais vont généralement dans le sens d'une réduction et d'une plus grande intensité de division du limbe.

J'ai par ailleurs pu observer le type d'*Al. (? Cor.) secreta* Gothan (1913, p. 105, pl. 24, fig. 5) et le spécimen figuré par le même auteur (1913, p. 107, pl. 24, fig. 1) sous le nom d'*Al. (? Cor.) quercifolia* Goeppert.

Ces échantillons sont conservés respectivement au Museum für Naturkunde de Berlin et au Geologische Bundesanstalt de Vienne. Gothan signale la présence d'une aphiébie anadrome à la base des pennes de dernier ordre chez ces deux espèces, elles existent effectivement. Mais j'ai pu mettre en évidence chez *Al. quercifolia* l'existence d'une première pinnule catadrome au limbe très réduit qui jusqu'ici était passée inaperçue (texte-fig. 15 E2).

Il semble donc que la présence d'éléments anormaux à la base des pennes soit tout à fait caractéristique de cette famille des *Zygopteridaceae*. Je rappellerai pour mémoire que chaque fois que l'organisation de la fronde des diverses espèces a pu être observée, on constate toujours l'existence d'aphiébies dichotomes au niveau de l'insertion des frondes (*Cor. angustissima*, *coralloides*, *essinghii*).

2) Trois espèces parmi celles que j'ai étudiées présentent une différenciation limbale avec trois degrés de segmentation ; il s'agit de *Cor. coralloides*, *Cor. essinghii*, *Al. erosa*. Traditionnellement, les frondes des *Zygopteridaceae* sont considérées comme bipinnées ; cette conception semble devoir être modifiée. Il n'est pas impossible qu'au fur et à mesure de la découverte de nouveaux matériels on s'aperçoive que d'autres espèces possèdent cette organisation. Je pense en particulier à *Al. quercifolia* et *Al. herbstiana* dont on ne connaît que quelques spécimens mais dont l'aspect est très proche de celui de *Cor. essinghii*.

3) Les fougères actuelles se caractérisent très généralement par une construction anadrome des frondes alors que les fougères fossiles présentent au contraire une construction généralement catadrome. La famille des *Zygopteridaceae* est très intéressante pour tenter de comprendre comment a pu s'effectuer le passage d'un type de construction à l'autre. Afin de voir dans quelle mesure pouvaient intervenir les données chronologiques, j'ai dressé un tableau qui donne une répartition stratigraphique grossière des différentes espèces concernées (tabl. 10). J'ai ensuite noté pour chaque espèce la façon dont se construit la fronde (C = catadrome ; A = anadrome) et le mode de division de la nervation (C = première ramification de la nervure principale catadrome ; A = première ramification anadrome). On constate :

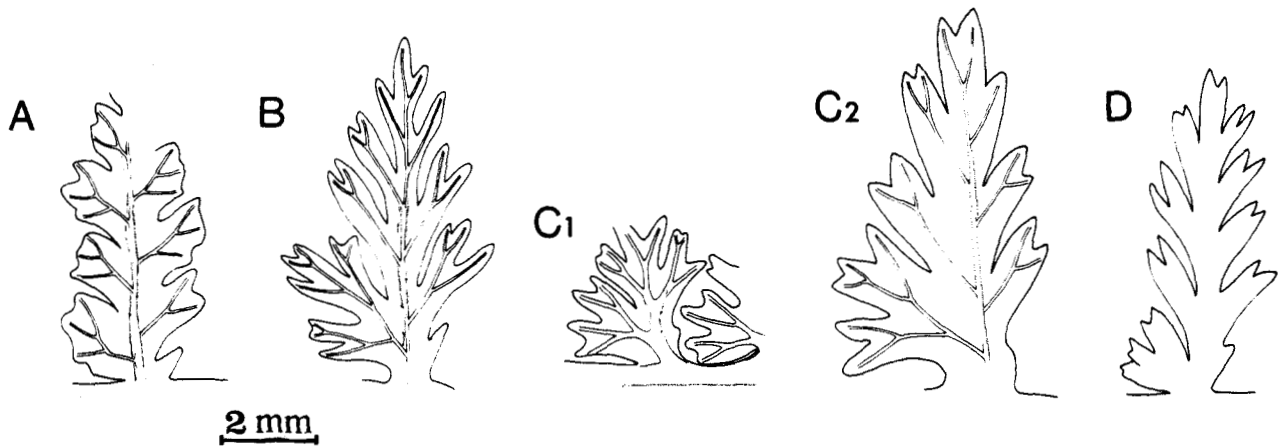
- a) que toutes les espèces présentent une construction catadrome,
- b) que, mis à part *Cor. angustissima* qui est assez particulier * , toutes les espèces à pinnules fortement dissymétriques présentent une nervation anadrome alors que les espèces à pinnules ou petites pennes symétriques ont une nervation catadrome,
- c) qu'au sein des espèces à pinnules dissymétriques une distinction peut être faite entre deux ensembles :

- l'un composé d'*Al. quercifolia*, *Al. herbstiana* et *Cor. essinghii* où l'asymétrie est peu marquée,
- l'autre comprenant *Al. cristata* et *Al. saraepontana* dont les pinnules sont tout à fait dissymétriques.

Or, en étudiant de très près le matériel rapporté aux trois espèces du premier sous-ensemble, on s'aperçoit que sur un même spécimen on observe quelques pinnules montrant

* Le mode de division des nervures de *Cor. angustissima* est très différent de ce qui s'observe chez les autres espèces et il est impossible de déterminer s'il s'agit d'une nervation anadrome ou catadrome.

un vestige d'élément catadrome initial alors que toutes les autres en sont dépourvues (texte-fig. 25). Ceci n'existe pas chez *Al. cristata* et *Al. saraepontana*.



Texte-fig. 25 - Existence d'un élément basal catadrome supplémentaire chez trois espèces de *Zygopteridaceae*.

- A - *Alloiopteris quercifolia* Goepfert
- B - *Alloiopteris herbstiana* Gothan
- C1-C2, D - *Corynepteris essinghii* (Andrae).

Il semblerait donc qu'au sein de la famille des *Zygopteridaceae* le passage d'une construction catadrome à une construction anadrome :

- soit lié à l'acquisition d'une dissymétrie du limbe,
- et qu'il soit le résultat de la disparition progressive des éléments basilaies catadromes. Il est d'ailleurs assez remarquable de constater que chez *Al. quercifolia* et *Al. herbstiana*, qui sont aussi les espèces les plus anciennes, la nervule qui pénètre dans le premier lobe anadrome émet une première ramification catadrome (texte-fig. 25). Ceci s'observe également chez les formes les plus différenciées de *Cor. essinghii* où la pinnule basale anadrome est irriguée par une nervule dont la première ramification est catadrome (texte-fig. 14).

Peut-être peut-on aussi envisager un lien entre le passage d'un type de construction à l'autre par réduction des éléments catadromes et le fait que la première pinnule basale anormale catadrome soit toujours plus réduite que son équivalente anadrome ?

Ainsi le groupe des *Alloiopteris-Corynepteris* renfermerait-il deux types de formes = celles dont les pinnules sont symétriques et qui ont conservé une construction primaire catadrome, celles dont les pinnules acquièrent une forte asymétrie qui s'accompagne d'une réduction progressive des éléments basaux catadromes dont l'aboutissement simule une architecture anadrome.

Pour ce qui est des fructifications, Galtier et Scott (1979) proposent de scinder les *Zygopteridaceae* en deux groupes selon que les sores sont pédicellés et insérés directement sur le rachis ou non. Ayant choisi de donner priorité aux organes reproducteurs compte tenu de leur plus grande stabilité face aux variations de facteurs écologiques, je pense qu'il faut maintenir cette subdivision.

Namurien inférieur	Namurien moyen	Namurien supérieur	Westphalien A	Westphalien B	Westphalien C	Westphalien D	Stéphanien	
<u>All. quercifolia</u> c-a								
	<u>All. herbstiana</u> c-a							
		c-7c	<u>Cor. angustissima</u>					
		c-c	<u>Cor. coralloides</u>					
		c-a	<u>Cor. essinghii</u>					
		c-c	<u>Cor. similis</u>					
		c-7c	<u>All. saraepontana</u>					
		c-a	<u>All. cristata</u>					
					c-c	<u>All. erosa</u>		

Fronde - Nervation
 a : construction anadrome
 c : construction catadrome

Tabl. 10 - Répartitions stratigraphiques des principales espèces de *Zygopteridaceae*. Le côté prioritaire de différenciation de la nervation est indiqué pour chaque espèce.



CLASSE DES *EUSPORANGIOPSIDA*

ORDRE DES MARATTIALES

FAMILLE DES *MARATTIACEAE*

GENRE *ASTEROTHECA* Presl

Espèce-type : *Asterotheca sternbergii* (Goeppert, 1836)

- 1845 *Asterotheca* Presl in Corda, p. 89
- 1900 *Asterotheca*, Zeiller, p. 59
- 1924 *Asterotheca*, Kidston, p. 481
- 1957 *Asterotheca*, Gothan et W. Remy, p. 141, texte-fig. 138g
- 1959 *Asterotheca*, W. Remy et R. Remy, p. 123
- 1963 *Asterotheca*, Němejc, p. 413, texte-fig. 238a
- 1970 *Asterotheca*, Andrews, p. 29
- 1977 *Asterotheca*, W. Remy et R. Remy, p. 156, texte-fig. 56a

Diagnose :

Le genre *Asterotheca* a été créé par Presl (1845) pour désigner les fructifications d'une plante conservée en compression, *A. sternbergii*, qui avait été primitivement attribuée au genre *Asterocarpus*, nom illégitime utilisé par Goeppert (1836). Zeiller (1900, p. 59) en donne une diagnose relativement complète.

"Sporanges ovoïdes, disposés par 3 à 6, le plus souvent par 4, autour d'un réceptacle commun faiblement saillant, soudés entre eux et à ce réceptacle sur une partie de leur hauteur, s'ouvrant par une fente ventrale ; sores bisériés, plus rarement pluri-sériés, rangés de part et d'autre de la nervure médiane, parallèlement à elle"...
"sporangies n'offrant pas de différenciation sensible à leur surface".

Remarques et discussion :

Asterotheca fut très vite l'objet de nombreuses comparaisons avec *Scolecoperis*, autre genre de fructification créé par Zenker quelques années plus tôt pour un matériel pétrifié. La comparaison des deux genres était par conséquent rendue très difficile dès le départ puisque la définition du premier est fondée uniquement sur des caractères morphologiques alors que celle du second ne concerne que des caractères anatomiques. Cette ambiguïté devait entraîner de nombreuses discussions et récemment deux auteurs : Millay (1979) et Barthel (1980) ont émis des opinions contradictoires.

A la suite de Stur (1883), Hirmer (1927) et Andrews (1943), Barthel (1976a, 1980) considère les deux genres comme synonymes et pense qu'ils désignent deux conservations différentes des mêmes plantes. Il estime en effet très insuffisant le caractère distinctif retenu par Kidston (1924) ou Arnold (1947) concernant le mode d'insertion des sporanges : ses-

siles chez *Asterotheca*, pédicellés chez *Scolecopteris*. Il reprend l'argument déjà développé par Mamay (1950) qui suggère que la conservation en compression fasse disparaître les éventuels pédicelles auquel cas il n'y aurait effectivement pas lieu de différencier les deux genres.

Millay ne partage pas cette opinion. Il estime (1980) que les difficultés d'interprétation résultent non seulement de l'ambiguïté des définitions originales mais surtout de l'insuffisance de la diagnose initiale du genre *Scolecopteris*. Il en propose une plus complète qui devrait, d'après lui, permettre de résoudre le problème en limitant l'attribution au genre *Scolecopteris* aux seuls échantillons dont on connaît la structure anatomique. Millay pense en outre que s'il est possible que certaines espèces de *Scolecopteris*, trouvées à l'état de compression, puissent répondre à la définition des *Asterotheca*, il est aussi très probable que d'autres en diffèrent radicalement. Dans ces conditions, il serait difficile d'envisager la synonymie des deux genres ne serait-ce que parce que le genre résultant rassemblerait des formes non comparables puisque conservées différemment. Et Millay conclut "qu'il est important de maintenir le genre de forme *Asterotheca* pour toutes les espèces fossiles dont on ne connaît pas la structure anatomique" (traduit de l'anglais).

Je pense que cette attitude est la plus sage dans l'état actuel de nos connaissances d'autant que tous les sporanges observés sur les transferts lorrains semblent vraiment sessiles.

On peut s'étonner de voir traiter le genre *Asterotheca* dans un travail consacré aux fougères sphénoptéridiennes. En effet ce genre, jusqu'à ces dernières années, semblait ne comprendre que des fructifications de formes typiquement pécoptéridiennes. Mais une étude récente de *Sphenopteris damesii* (1979a) m'a conduite à soulever le problème de la hiérarchie des caractères systématiques. J'ai en effet montré chez cette espèce l'existence d'une variabilité considérable de la morphologie limbaire entre états stérile et fertile d'une même plante avec passage de formes stériles typiquement sphénoptéridiennes à des formes largement fructifiées franchement pécoptéridiennes. L'organisation des fructifications mise en évidence à partir d'échantillons plus ou moins fructifiés correspondait en outre parfaitement à la définition du genre *Asterotheca*. Ayant choisi de donner priorité, dans l'établissement de la systématique, aux organes reproducteurs qui semblent montrer plus de stabilité que la morphologie limbaire, j'avais décidé de maintenir l'espèce dans le genre *Asterotheca* en attendant que l'étude d'autres matériels fournisse une réponse à ce problème.

La révision entreprise ici des principaux genres de fructifications traditionnellement rapportés aux formes sphénoptéridiennes apporte un élément de réponse important. Ainsi rassemble-t-on dans les genres *Renaultia* Zeiller, *Oligocarpia* Goepfert et même *Discopteris* Stur des espèces au limbe stérile de type *Sphenopteris* et des formes stériles aux pinnules tout à fait pécoptéridiennes : *R. villosa*, *Olig. leptophylla* ou *Olig. gutbieri*, *D. occidentalis*. Les fructifications de ces diverses espèces répondant parfaitement aux diagnoses des genres auxquels elles sont attribuées, il serait déraisonnable d'envisager pour chacune d'elles la création d'un genre nouveau sous prétexte que les caractères de leur limbe stérile sont différents. D'autant que chez *Sphenopteris damesii* il n'est pas rare d'observer sur une même penne le passage d'un type de feuillage à l'autre quand celui-ci commence à fructifier. Je pense par conséquent qu'il faut accorder priorité aux organes reproducteurs dans l'établissement de la systématique des fougères fossiles et décris donc *Sphenopteris damesii* (Stur) dans le genre *Asterotheca*.

ASTEROTHECA DAMESII (Stur)

Planches 20-23

Néotype :

- . Echantillon figuré par Guthörl 1940, pl. VIII, fig. 5
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, groupe Altenwald, Eisenbahnschacht
- . Collection : Museum für Naturkunde de Berlin, M.B. 13

- 1885 *Calymmotheca Damesi* Stur, p. 248, pl. XXXV, fig. 1
1928 *Sphenopteris (Zeilleria) Damesi*, P. Bertrand, p. 88
1940 *Sphenopteris damesi*, Guthörl, p. 117-129, pl. VI-VIII, fig. 1, 2
1941 *Sphenopteris damesi*, Guthörl, p. 248-257, fig. 1-7
1951a *Pecopteris sarraei* nov. sp. P. Corsin, p. 291, pl. CLV, fig. 5 ; pl. CLVI
1951a *Sphenopteris damesi*, Guthörl, pl. 12, fig. 3, 4
1953 *Sphenopteris damesi*, Guthörl, p. 167, pl. 20, fig. 3a ; pl. 21, fig. 3a
1954 *Sphenopteris damesi*, Gothan, p. 237
v. 1957 *Sphenopteris damesi*, Guthörl, p. 9, pl. 4, fig. 4 ; pl. 14, fig. 6ab
1971 *Sphenopteris damesi*, Germer, p. 43, pl. X, fig. 1 ; texte-fig. 51
1977 *Zeilleria (al. Sphenopteris s.l.) damesi*, W. Remy et R. Remy, p. 227 ; texte-fig. 111
v. 1978 *Sphenopteris damesi*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 16, pl. 7, fig. 7 ;
texte-fig. 25
v. 1978 *Sphenopteris matheti*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 11, pl. 4, fig. 6 ;
texte-fig. 17
v. 1978 *Sphenopteris (Hymenophyllites) quadridactylites*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer,
p. 23, pl. 11, fig. 1, 2 ; texte-fig. 37
1979a *Asterotheca (Sphenopteris) damesii*, Brousmiche, p. 77, pl. 1-5 ; texte-fig. 1-3

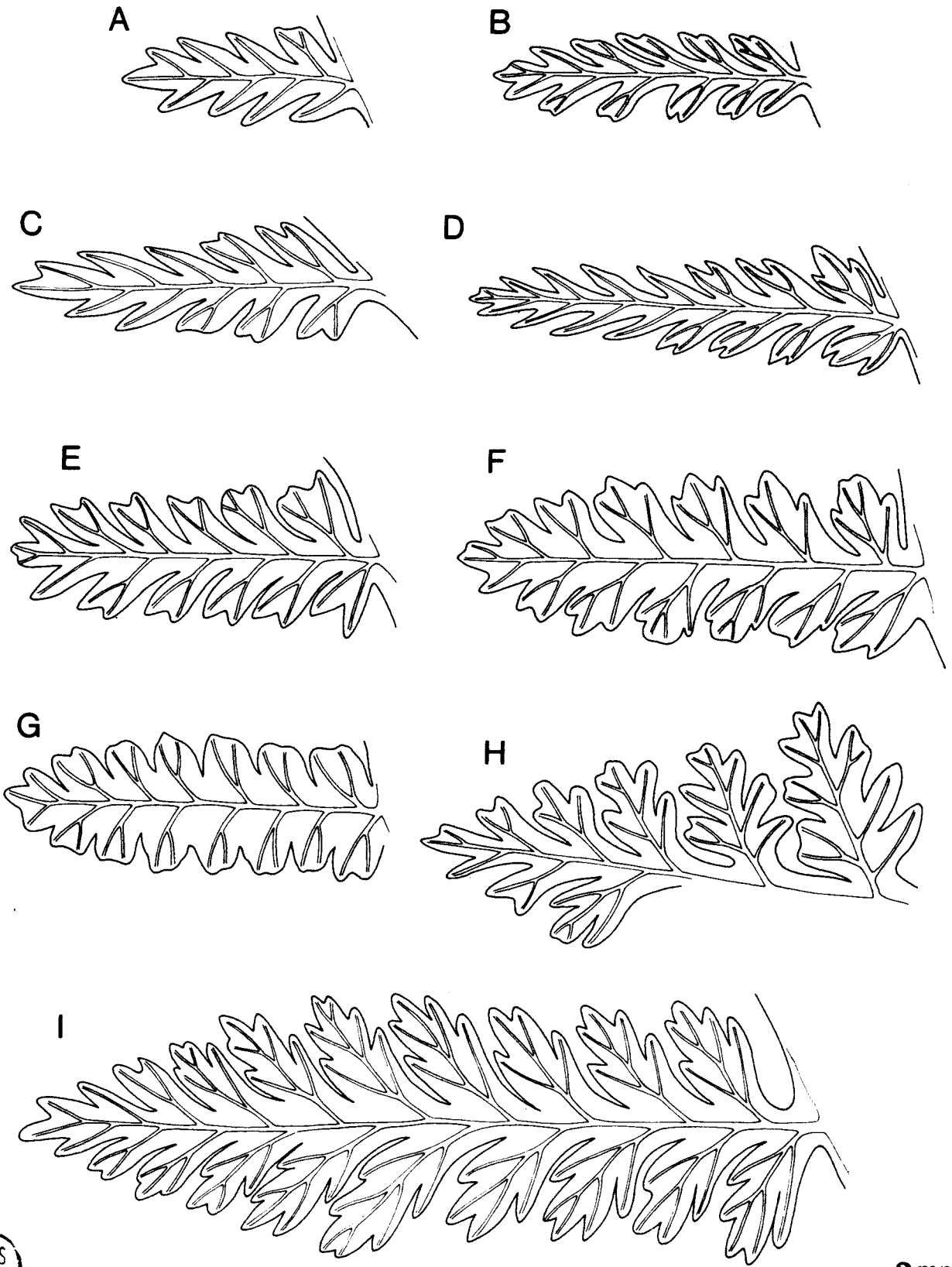
Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : typiquement sphénoptéridien, très polymorphe et profondément divisé ; rachis de dernier ordre ailés, rachis d'ordres antérieurs ronds, couverts de punctuations bien marquées = bases de trichomes ; angle d'insertion des différents segments variant de 60 à 85° ; pennés rubanées contiguës mais non recouvrantes ; opulence et intensité des divisions du limbe susceptibles de beaucoup varier et par conséquent pinnules très polymorphes ; quelques constantes toutefois : différenciation apicale alterne des lobes, apex de la pinnule souvent bifide ; lobes en languette à sommet pointu, bifurcation des nervures secondaires se faisant selon un angle assez large entre le quart et la moitié inférieure de leur parcours ; possibilité d'une transformation des pinnules et pennes de dernier ordre basales catadromes en éléments aphylléboïdes profondément divisés.
- Feuillage fertile : développement des fructifications accompagné d'une modification progressive du limbe qui devient de plus en plus pécoptéridien ; passage d'un type de feuillage à l'autre visible parfois sur une même penna ; sores composés de 3 à 6 (rarement 7) sporanges oblongs, disposés en rosette sur un réceptacle commun, situés à la face inférieure du limbe, entre la nervure principale et le bord des lobes, en 1 ou 2 rangées parallèles à la nervure médiane ; paroi sporangiale constituée de cellules allongées dans le sens de la longueur et toutes identiques, pas d'anneau ; spores de type *Laevigatosporites* Ibrahim ou *Punctatosporites* Ibrahim dont la taille varie de 17 à 28 µ.

Description :

Les échantillons d'*Asterotheca damesii* récoltés dans le bassin sarro-lorrain depuis ma publication de 1979a confirment toutes les données acquises sur l'extrême variabilité du limbe stérile, les transformations qu'il subit lors de la fertilisation, l'organisation des fructifications et le type des spores fournies. Aussi renverrai-je le lecteur à la description détaillée proposée dans ce travail (p. 77) et limiterai-je ici la partie descriptive à quelques figures illustrant l'essentiel des caractéristiques de l'espèce.

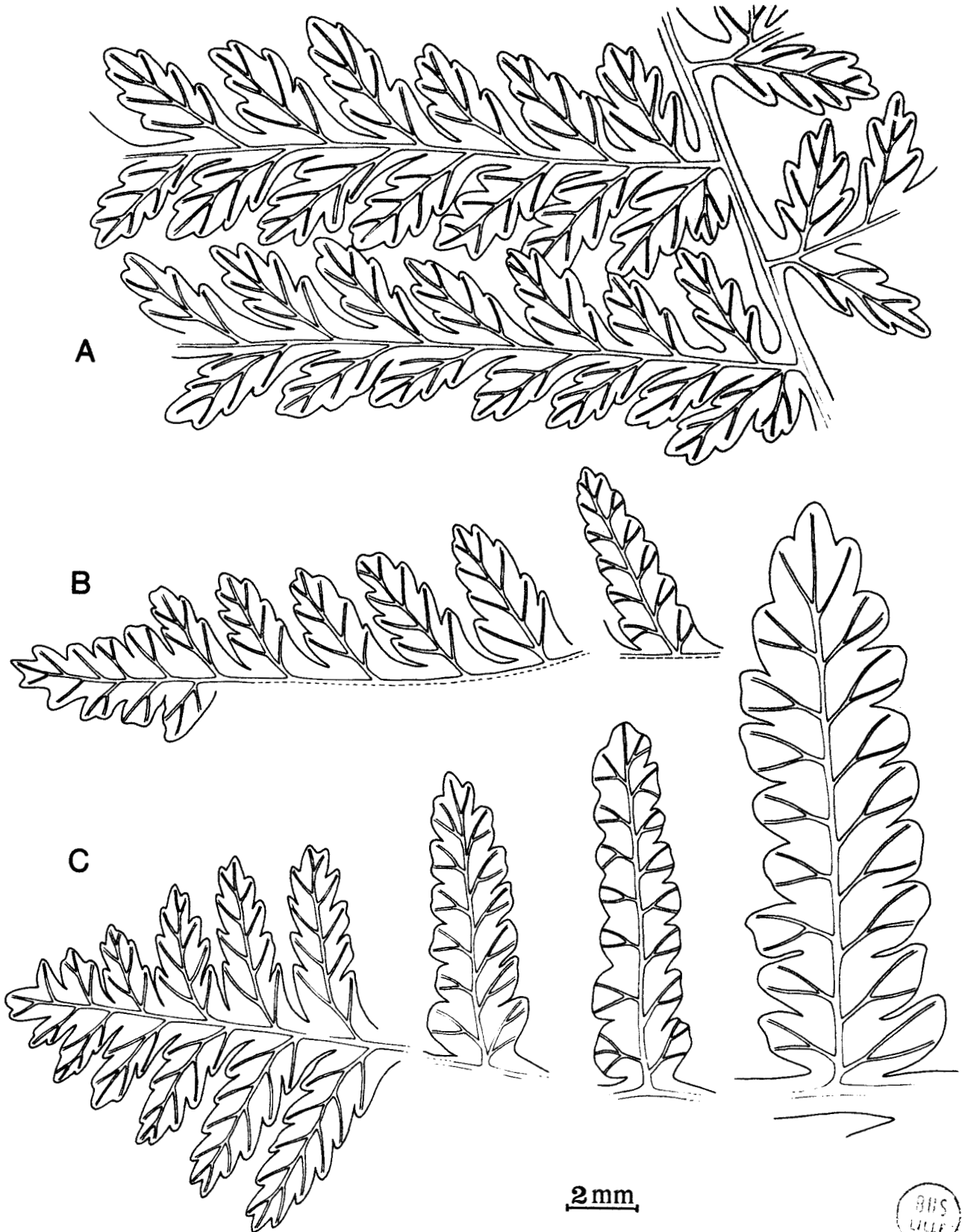
Une remarque s'impose toutefois : elle concerne les transformations que subissent les pinnules basales catadromes des pennes de dernier ordre évoluées. J'avais déjà constaté sur le matériel lillois (1979a, texte-fig. 2 B = ici texte-fig. 27) l'amorce d'un développement anormal de ces pinnules dont les lobes basaux catadromes étaient hypertrophiés. Mais j'ai pu vérifier que ce phénomène s'amplifie largement quand on a affaire à des échantillons plus complets et plus différenciés. Ainsi le spécimen conservé au Saarbergwerke de Sarrebruck, figuré en 6, pl. 22 et dont Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 7, fig. 7) n'ont représenté qu'une infime partie, porte des pinnules basales catadromes aphylléboïdes hypertrophiées et profondément divisées. Et il ne s'agit pas là d'un cas isolé puisque j'ai retrouvé les mêmes élé-



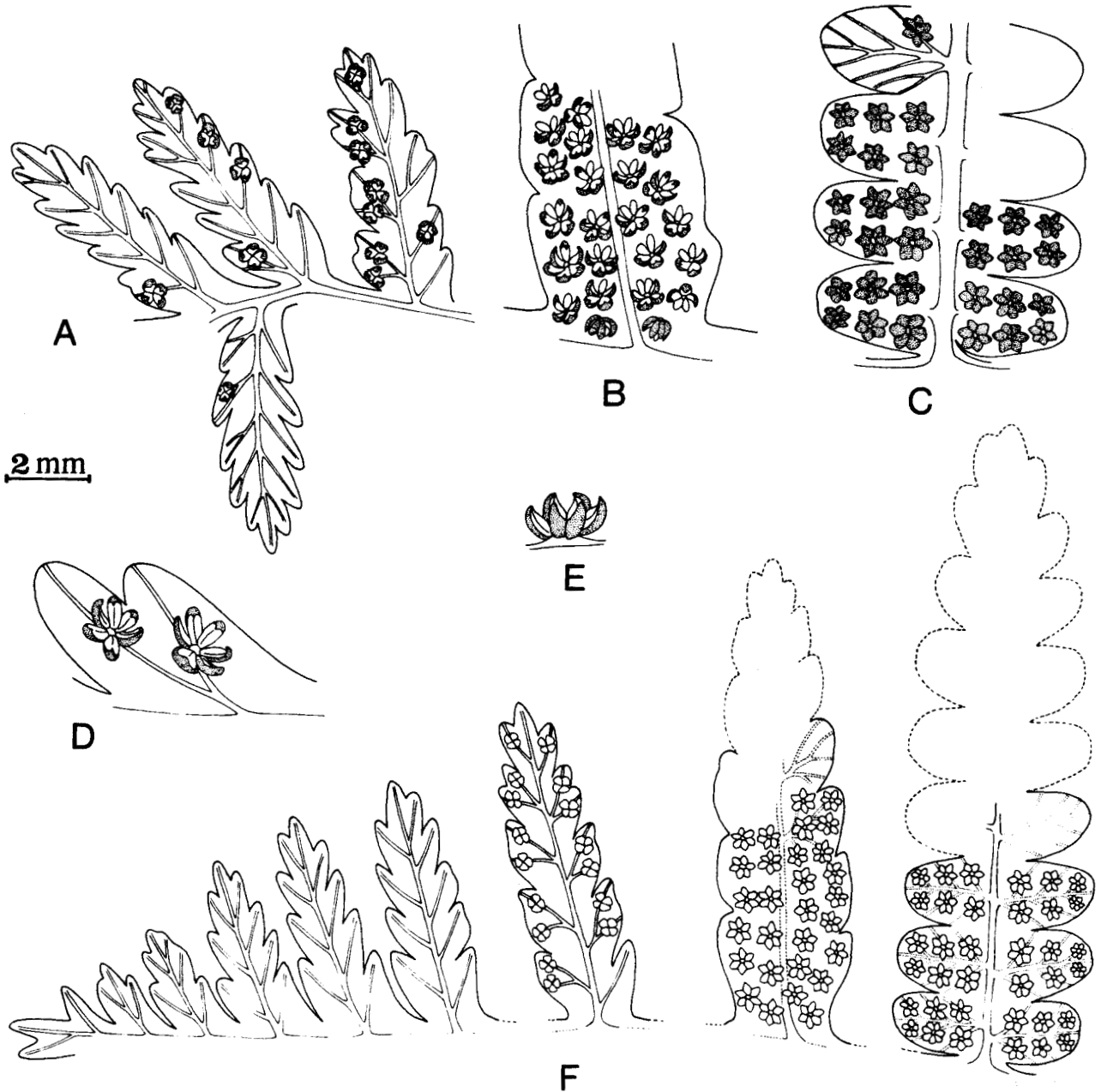
BUS
LILLE

2 mm

Texte-fig. 26 - Variabilité du limbe stérile d'*Asterotheca damesii* (Stur), figure reprise d'un travail antérieur, 1979a, fig. 1.



Texte-fig. 27 - Modifications du feuillage d'*Asterotheca damesii* (Stur) consécutives à l'apparition des fructifications.
A - Feuillage typiquement sphénoptéridien, d'après l'échantillon figuré en 9, pl. 20.
B, C - Pennes de dernier ordre montrant la transformation progressive du feuillage : sphénoptéridien en extrémité de penne, il devient pécoptéridien à la base, d'après les échantillons figurés en 2, 3, pl. 21.



Texte-fig. 28 - Limbe fertile d'*Asterotheca damesii* (Stur), figure reprise d'un travail antérieur, 1979a, fig. 3.

A, B, C - Fragments présentant des degrés croissants de fertilisation.

D, E - Détails de l'organisation des sores.

F - Reconstitution de l'organisation des fructifications et des transformations progressives de la morphologie limbale selon la position des fragments par rapport à l'ensemble de la fronde.



ments aphiléboïdes sur l'échantillon figuré par Guthörl (1957, pl. 4, fig. 4) et sur quelques autres spécimens sarrois conservés à Sarrebruck (pl. 22, fig. 1, 2).

C'est grâce à ces éléments anormaux que j'ai pu rapprocher d'*Ast. damesii* des échantillons qui, à priori, pouvaient sembler en être très éloignés (pl. 22, fig. 3-5, 7, 8). Ainsi le fragment figuré en 4, pl. 22 représente un rachis d'ordre n-2 sur lequel sont insérées plusieurs pennes d'ordre n-1. On remarquera (flèches) que les pennes de dernier ordre basales catadromes portent à leur base un élément catadrome beaucoup plus découpé que les pinnules suivantes et presque orthogonal au rachis d'ordre n. On retrouve donc sur ce matériel la même disposition que sur les échantillons typiques d'*Asterotheca damesii*. Et par conséquent ce spécimen correspond bien à une forme stérile d'*Ast. damesii* dont l'état de division est supérieur d'un degré à celui des échantillons figurés jusqu'ici.

Les éléments aphiléboïdes sont apparemment moins développés sur les fragments fertiles ou en cours de fructification. Toutefois j'ai déjà signalé (1979a, pl. 3, fig. 3a, b) que la pinnule basale catadrome des pennes au limbe pécoptéridien conserve des caractères sphénoptéridiens très nets.

Remarques et discussion :

La découverte d'échantillons mi-stériles mi-fertiles m'a permis d'établir le lien entre les formes stériles typiquement sphénoptéridiennes, conformes au *Sphenopteris damesii* de Stur, et les formes stériles pécoptéridiennes pour lesquelles P. Corsin (1951a, p. 167) avait créé *Pecopteris sarraei* ce qui a conduit évidemment à la mise en synonymie de l'espèce de P. Corsin avec *Ast. damesii*. Je ne reviendrai pas sur cette démonstration déjà longuement développée par ailleurs (1979a, p. 84).

L'étude des collections du Saarbergwerke de Sarrebruck et particulièrement du matériel figuré par Alvarez Ramis et al. (1978) me conduit à proposer la mise en synonymie avec *Ast. damesii* des échantillons déterminés respectivement *Sphenopteris mathetii* (p. 11, pl. 4, fig. 6 = ici pl. 22, fig. 9, 9a) et *Sphenopteris (Hymenophyllites) quadridactylites* (p. 23, pl. 11, fig. 1, 2) par ces auteurs. On retrouve en effet sur ces deux spécimens les principales caractéristiques des formes stériles sphénoptéridiennes de l'espèce de Stur : pinnules avec un apex bifide, divisées en lobes aigus souvent bipartites ; nervation fine mais bien visible et même, amorce d'un développement anormal des pinnules basales catadromes (pl. 4, fig. 6).

La découverte d'un fragment de penne d'ordre n-2 bien différenciée présentant un aspect du limbe jusqu'ici inconnu a permis d'élargir encore l'échelle des variations morphologiques d'*Asterotheca damesii*, laquelle semble maintenant suffisamment bien connue pour que les confusions avec d'autres espèces sphénoptéridiennes puissent être évitées.

Ainsi, j'avais envisagé pendant un moment de considérer le *Sphenopteris sampaiana* de Teixeira (1939, p. 12) comme un synonyme d'*Asterotheca damesii* au vu des dessins proposés par l'auteur (texte-fig. 3-4). Mais les illustrations photographiques (pl. VIII, fig. 1, 2, 4 ; pl. IX) excluent ce rapprochement : je n'ai jamais observé d'échantillons d'*Ast. damesii* présentant un limbe aussi "raide" avec des lobes aussi bien individualisés et séparés les uns des autres.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondages de Guerting C3 à 722,27 m et de Guerting C4 à 851,25 m, au mur de la veine Théodore, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43328-43329).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de Hombourg 2/5 à 906,26 m, pour information T600 à 857,90 m, 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43335).

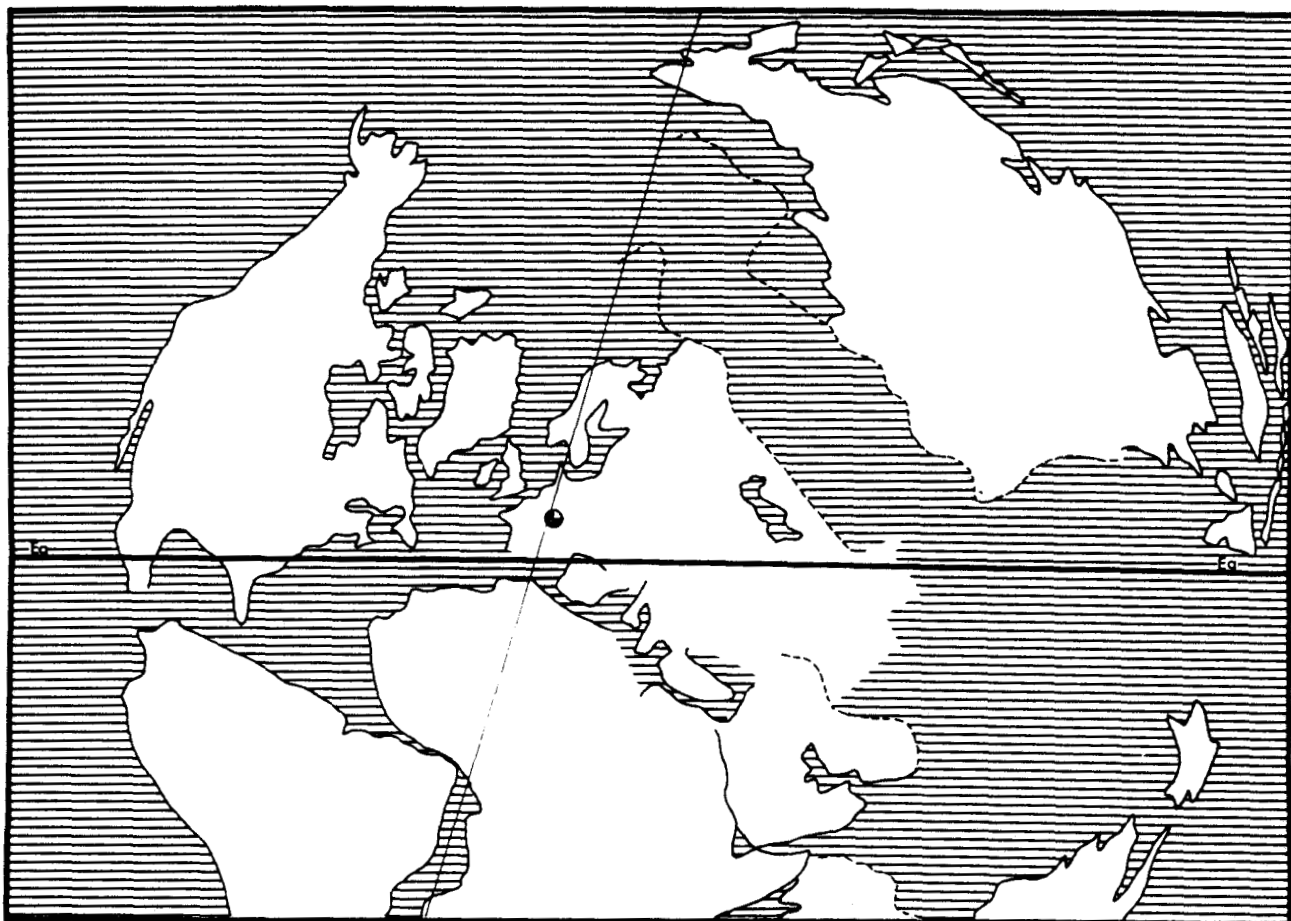
- Autres gisements :

- Sondage du *Champ de tir* à 877,60 ; 961,50 ; 961,52 ; 1038,80 ; 1108,22 ; 1208,32 ; 1208,34 m, 1/2 inférieure du faisceau de Petite-Rosselle et sommet du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43321-43327).
- Sondage des *Chasseurs* à 566,87 ; 614,60 ; 644,90 ; 666,50 ; 670,20 ; 713,03 ; 717,40 ; 717,50 ; 740,50 ; 749,86 ; 764,05 ; 772,15 ; 774,55 ; 798,58 ; 846,40 ; 858,10 ; 858,20 m, 1/2 supérieure du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43251-43269).
- Sondage des *Chevreuils* à 595,60 ; 595,69 ; 641,90 ; 647,90 ; 827,00 ; 828,50 ; 873,00 ; 1232,85 m, stérile de Geisheck et 1/2 supérieure du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43270-43277).
- Sondage de *Cocheren 8* à 1316,78 m, pour information T200 à 1376,37 m, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43345).
- Sondage du *Fockloch* à 1161,30 m, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43350).
- Groupe de *Frankenholz*, veine 8, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. Haas n° 537 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43407).
- Sondage de *Gargan 1* à 490,30 ; 506,80 ; 557,15 ; 559,47 ; 586,80 ; 625,00 ; 635,20 ; 667,00 ; 667,02 ; 682,66 ; 695,93 ; 696,38 ; 696,57 ; 696,75 ; 699,50 ; 699,55 ; 703,23 ; 711,33 ; 748,12 ; 748,17 m, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43292-43311).
- Sondage de *Guerting C4* à 851,26 ; 856,95 ; 856,96 m, entre les veines Théodore et Henri, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43330-43332).
- Sondage de *Hargarten 2 (= Moulin du Soleil)* à 743,40 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43347).
- Bowette de *Hirschbach* à 1271,00 m de la veine 21, niveau très proche du T100 (Pruvoost, 1934, p. 126), conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43387-43401).
- Sondage de *Hombourg 2/5* à 871,24 et 873,60 m, pour information T600 à 857,90 m, sommet du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43333-43334).
- Sondage de *Hombourg 2/6* à 573,50 ; 646,73 ; 646,74 m, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43336-43338).
- Groupe de *Jägersfreude*, veine D, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43402-43406).
- Groupe de *Jägersfreude*, veines 7 et 5, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, 1er éch. : n° C/2007, figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 11, fig. 1, 2).
- Sondage de *Jézainville* à 805,00 et 811,00 m, conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).
- Sondage de *Laudrefang* à 891,80 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43353).
- Sondage de *Marienau 4* à 796,20 m, au toit de la veine H2, base du faisceau de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43352).
- Groupe de *Maybach*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Merlebach 64* à 171,90 ; 173,45 ; 190,82 ; 192,10 ; 203,06 ; 203,20 ; 229,97 ; 229,98 m, entre les veines 13 et 15, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43312-43320).
- Siège de *Merlebach*, puits 5, veines 16 à 18, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43361-43373).
- Terris de *Nordfeld* (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43408-43409).
- Sondage de *Oeting* à 1341,10 m, à 20 m sous T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43346).
- Groupe de *Reden*, veine Gneixenau, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/6577 ; Coll. Haas n° 579 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43413).
- Sondage de *Rosbrück* à 763,65 m, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43351).
- Siège de *Ste-Fontaine*, veine B, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43249).
- Sondage de *Ste-Fontaine 1* à 356,41 ; 356,43 ; 356,44 ; 358,08 ; 358,09 ; 386,56 ; 430,60 ; 455,66 ; 459,10 ; 462,45 ; 462,46 ; 462,53 ; 462,70 ; 462,83 ; 462,84 ; 462,85 ; 462,86 ; 462,87 ; 462,88 ; 470,26 ; 470,27 ; 470,35 ; 470,36 ; 470,50 ; 470,51 ; 470,52 ; 470,53 ; 470,54 ; 474,15 ; 474,16 ; 494,10 ; 496,60 ; 498,81 ; 505,50 ; 505,52 ; 512,70 ; 512,97 ; 514,04 ; 517,13 ; 551,13 ; 567,20 ; 567,21 ; 567,22 ; 621,20 ; 626,70 ; 626,90 ; 671,15 ;

- 683,80 ; 685,20 ; 685,24 ; 685,25 ; 685,28 ; 685,29 ; 685,30 ; 705,85 ; 711,60 ; 718,26 ; 722,35 ; 722,36 ; 730,10 ; 730,11 m, du sommet à la base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 4301-4360 ; 43581-43582).
- Sondage de *Ste-Fontaine 2* à 208,62 ; 461,82 ; 578,20 ; 583,60 ; 598,12 ; 624,70 ; 640,18 ; 640,20 ; 646,50 ; 646,58 ; 646,59 ; 647,52 ; 697,50 ; 697,54 ; 697,55 ; 709,56 ; 709,70 ; 720,50 ; 747,10 ; 747,15 ; 756,00 ; 756,01 ; 804,90 ; 804,92 ; 818,65 ; 818,70 ; 818,72 ; 818,76 ; 835,72 ; 835,74 ; 880,00 ; 880,04 ; 880,06 ; 903,02 ; 903,05 ; 908,66 m, stérile de Geisheck et sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 4361-4396).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 671,81 ; 677,82 ; 691,34 ; 691,45 ; 697,65 ; 712,58 ; 712,59 ; 726,12 ; 726,15 ; 733,00 ; 737,47 ; 909,34 ; 909,35 m, 1/2 inférieure du stérile de Geisheck et sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43097-43109).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 468,40 ; 494,70 ; 575,89 ; 575,90 ; 575,91 ; 575,92 ; 576,40 ; 601,60 ; 601,61 ; 610,55 ; 610,90 ; 611,00 ; 612,52 ; 612,62 ; 612,66 ; 612,68 ; 612,70 ; 612,71 ; 612,72 ; 615,70 ; 616,06 ; 659,70 ; 659,71 ; 659,72 ; 665,16 ; 665,28 ; 665,30 ; 665,34 ; 666,93 ; 666,94 ; 676,40 ; 676,52 ; 676,54 ; 716,60 ; 716,61 ; 717,45 ; 717,46 ; 728,50 ; 728,51 ; 731,56 ; 731,58 ; 731,62 ; 731,64 ; 731,68 ; 731,70 ; 731,72 ; 734,50 ; 748,05 ; 748,06 ; 748,10 ; 748,15 ; 748,17 ; 748,78 ; 748,79 ; 748,80 ; 748,81 ; 748,85 ; 763,72 ; 763,73 ; 763,74 ; 773,30 ; 782,78 ; 782,86 ; 782,88 ; 782,90 ; 796,92 ; 796,94 ; 797,00 ; 804,86 ; 804,87 ; 804,88 ; 804,90 ; 811,82 ; 811,84 ; 812,50 ; 812,56 ; 812,58 ; 826,12 ; 827,18 ; 827,19 ; 827,92 ; 827,94 ; 827,96 ; 827,98 ; 828,02 ; 828,04 ; 828,06 ; 828,08 ; 828,10 ; 828,14 ; 828,16 ; 835,82 ; 836,70 ; 836,72 ; 856,18 ; 860,02 ; 860,04 ; 860,06 ; 860,08 ; 869,46 ; 878,46 ; 881,98 ; 882,00 ; 882,02 ; 899,14 ; 910,88 ; 916,64 ; 918,50 ; 942,76 ; 942,77 ; 942,78 ; 954,34 ; 954,35 ; 1077,48 ; 1077,50 ; 1077,69 ; 1077,70 m, toute l'épaisseur du stérile de Geisheck et sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43110-43220 ; 43583-43588).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 578,69 ; 578,70 ; 603,00 ; 621,63 ; 622,50 ; 631,03 ; 642,75 ; 648,60 ; 648,61 ; 652,72 ; 652,92 ; 653,40 ; 683,50 ; 683,80 ; 684,00 ; 684,01 ; 685,10 ; 685,11 ; 685,60 ; 685,68 ; 685,74 ; 685,79 ; 685,80 ; 706,10 ; 711,00 ; 726,45 ; 726,50 ; 990,75 m, pour information T300 à 979,67 m, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck à 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43221-43248).
 - Groupe de *St-Ingbert*, veine 23b, faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. Haas n° 188 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43414 ; Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/7465, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 4, fig. 6).
 - Siège de *Sarrebruck*, sans autre précision (Coll. Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, n° 263).
 - Sondage de *Simon 1* à 105,80 et 222,50 m, faisceau de Petite-Rosselle, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43339-43340).
 - Sondage de *Simon 4a* à 244,32 m, entre les veines 17 et 18, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43344).
 - Sondage de *Stocken* à 1327,00 m, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43349).
 - Groupe de *Sulzbach*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/2729, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 7, fig. 7).
 - Sondage de *Valmont 4* à 1422,05 ; 1424,70 ; 1430,50 ; 1430,60 ; 1432,00 ; 1461,00 ; 1461,20 ; 1461,40 ; 1461,50 ; 1461,70 ; 1461,80 ; 1461,90 ; 1462,00 ; 1539,52 m, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle et 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43278-43291).
 - Puits de *Velsen*, veine 5, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 43357-43360).
 - Groupe *von der Heydt*, veine Amelung, entre T100 et T200, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de *Wiebelskirchen* à 405,00 m, 1/2 inférieure du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

La répartition d'*Asterotheca damesii* dans le bassin sarro-lorrain est donc beaucoup plus vaste que je le pensais en 1979 (p. 85) puisqu'elle commence un peu sous le T600 (= Westphalien B supérieur) et se termine au sommet du faisceau de Steinbesch (= Westphalien D supérieur). L'espèce est particulièrement abondante dans le stérile de Geisheck et la moitié inférieure du faisceau de Petite-Rosselle, c'est-à-dire dans le Westphalien C moyen et supérieur.

Répartition générale :



Texte-fig. 29 - Distribution géographique et répartition stratigraphique d'*Asterotheca damesii* (Stur).

ORDRE DES CROSSOTHECALES



GENRE *CROSSOTHECA* Zeiller

Espèce-type : *Crossotheca crepinii* Zeiller, 1883



- 1880 *Sorocladus* Lesquereux, p. 327
- 1883 (août) *Crossotheca* Zeiller, p. 180
- 1883 (décembre) *Sorothea* Stur, p. 807
- 1884 *Sorothea*, Zeiller, p. 138
- 1885 *Sorothea*, Stur, p. 273

- 1888 *Crossothea*, Zeiller, p. 33
1911 *Crossothea*, Kidston, p. 41
1915 *Crossothea*, Depape et Carpentier, p. 329
1923 *Crossothea*, Gothan in Gürich, p. 47, texte-fig. 47A (en haut)
1923 *Crossothea*, Kidston, p. 326
1935 *Crossothea*, Gothan, p. 47
1947 *Crossothea*, Arnold, p. 214, fig. 102
1954 *Crossothea*, Gothan et Weyland, p. 117
1955e *Crossothea*, Danzé, p. 1616
1956 *Crossothea*, Danzé, p. 55, p. 135

Remarque préliminaire :

A l'occasion de cette étude sur les représentants lorrains du genre *Crossothea*, j'ai été amenée à revoir les matériels types et figurés des principales espèces d'Europe occidentale décrites jusqu'ici. Les collections de notre laboratoire, particulièrement riches en spécimens à la fois stériles et fertiles de ce groupe, m'ont permis de démontrer dans un travail récent (Brousse, 1982) l'identité des deux espèces *C. boulayi* Zeiller et *C. bourosii* Danzé avec l'espèce-type *C. crepinii*. Je me suis en effet aperçue qu'un même niveau (Bassin du Nord-Pas-de-Calais, siège de Bruay, fosse 5, 2^e veine) avait fourni un matériel très abondant au sein duquel Danzé reconnaît les "trois espèces". Or l'observation minutieuse des échantillons révèle qu'entre les trois morphotypes auxquels Danzé accorde un statut spécifique existent de nombreuses formes intermédiaires tant au niveau du limbe stérile que des organes reproducteurs.

Pour asseoir ma démonstration, j'ai pratiqué des attaques ménagées des fructifications des trois morphes et effectué des prélèvements de spores *in situ*. J'ai ainsi pu mettre en évidence l'organisation des organes reproducteurs qui est finalement beaucoup plus proche de la description originale de Zeiller (1883, p. 180) que de celle proposée par Danzé (1955e, p. 1616 ; 1956, p. 135). J'en ai proposé (1982, fig. 2) une reconstitution, reproduite ici texte-fig. 30 J₁₋₃).

L'historique de l'évolution des idées concernant la conception du genre et sa position systématique ayant déjà été longuement développé dans ce travail sur les formes du Nord de la France, le lecteur est prié de bien vouloir s'y reporter.

Je ne reprendrai ici que la diagnose et rappellerai brièvement les raisons pour lesquelles je considère que le genre doit être rapporté aux Fougères plutôt qu'aux Ptéridospermées.

Diagnose :

Fructification de fougère eusporangiée dont le développement est basiscopique ; fructification portée par un pédoncule plus ou moins long se prolongeant par une nervure médiane très large (0,5-0,6 mm), fortement épaissie, sur laquelle il est fréquent d'observer une organisation cellulaire ; de chaque côté de cet axe médian, limbe composé d'une partie horizontale assez étroite (0,8 mm) et d'une partie repliée assez large (1,5 à 2 mm) protégeant les sporanges ; nervules indivises perpendiculaires à la nervure principale, fortes dans la partie horizontale et devenant beaucoup plus fines dans la partie verticale à laquelle elles donnent un aspect compartimenté ; à maturité, limbe se repliant et peut-être se déchirant pour laisser voir les sporanges allongés et étroits (1,5 mm x 0,4 mm), insérés par petits groupes de 4 ou 5 sur les grosses nervules de la partie horizontale du limbe ; sporanges dépourvus d'anneau, peut-être légèrement soudés à la base ; spores de type *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp dont la taille varie de 43 à 75 μ .

Remarques et discussion :

Lors de sa création, le genre *Crossothea* était considéré par Zeiller (1883) comme une fructification de fougère, tout comme le genre *Sorothea* créé par Stur quelques mois plus tard et qui devait très vite tomber en synonymie avec lui. La découverte au début

du siècle des Ptéridospermaphytes fut suivie d'une fâcheuse tendance des paléobotanistes à vouloir ranger dans ce groupe un grand nombre de plantes. Et Kidston (1923), attribuant par erreur des fructifications de type *Crossothea* à un feuillage de *Sph. hoeninghausii* considéré à juste titre comme une Ptéridospermée, interprète de ce fait le genre comme une fructification mâle de Ptéridospermée.

Cette opinion est vivement contestée par Crookall (1930), Jongmans (1930), Gothan (1935) et Danzé (1956) mais on retrouve dans Arnold (1947) et Emberger (1964) l'attribution aux Ptéridospermées.

Récemment, Millay et Taylor (1977), à l'occasion de la création du genre *Feraxo-
thea* qu'ils considèrent comme une fructification de Ptéridospermées, établissent un paral-
lèle entre leur nouveau genre et *Crossothea*. Ils envisagent même que ces deux genres repré-
sentent deux aspects dus aux modes de conservation différents d'une même fructification.
La révision du matériel provenant du Nord de la France m'a permis de montrer que l'organisa-
tion des deux genres est tout de même très différente même s'ils fournissent des spores pres-
que identiques. En outre, les arguments utilisés par ces auteurs pour attribuer *Crossothea*
aux Ptéridospermées reposent essentiellement sur les déterminations par Kidston d'un "*Crosso-
thea hoeninghausii*" qui me paraissent totalement erronées. En effet, la morphologie du lim-
be stérile diffère de l'habitus de *Sph. hoeninghausii* et surtout les axes sont dépourvus de
l'ornementation pseudo-losangique due aux bandes sclérenchymateuses si caractéristiques des
Lyginopteris.

Je considère par conséquent que nous ne disposons actuellement d'aucune preuve
de l'appartenance de *Crossothea* aux Ptéridospermées et qu'il est préférable de le maintenir
parmi les Fougères compte tenu :

1/ que l'allure des feuillages des principales espèces, qu'elle soit sphénoptéridienne ou
pécoptéridienne, ressemble davantage aux limbes actuels des Fougères qu'à celui des Ptéri-
dospermées,

2/ que les fructifications de type *Crossothea* sont assez fréquentes alors qu'il est excep-
tionnel de récolter des fragments fertiles de Ptéridospermées.

Il convient toutefois de reconnaître que ces deux arguments n'ont qu'une valeur
relative.

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

A ma connaissance, une seule citation de représentant du genre *Crossothea* dans
le bassin de Sarre-Lorraine existe dans la littérature : c'est celle d'un spécimen provenant
de Bexbach, déterminé par Stur (1885, p. 275) *Sorothea Crepini*.

Plusieurs sondages ont fourni des échantillons se rapportant à l'espèce-type *C.
crepini*, récoltés dans des niveaux correspondant à la zone d'abondance de l'espèce dans le
Nord de la France.

J'ai également récolté plusieurs échantillons fertiles dont les fructifications
correspondent parfaitement à la définition du genre *Crossothea* et qui ressemblent beaucoup
à ceux que j'ai attribués à *C. crepini*. Mais j'ai préféré les laisser en nomenclature ouver-
te faute d'informations sur le limbe stérile.

CROSSOTHECA CREPINII Zeiller

Planches 24-26

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Zeiller 1886, pl. XIII, fig. 1, lab, repris ici en 1,
la, pl. 24
- . Origine : Bassin du Nord-Pas-de-Calais, mines de Lens, sans autre précision
- . Collection : Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon

- 1883 *Crossothea Crepini* Zeiller, p. 181, pl. LX, fig. 1-9
1883 *Sorothea Crépinii* Stur, p. 807, texte-fig. 39
v. 1885 *Sorothea Crépinii*, Stur, p. 275, pl. XXXIII, fig. 1, 2 ; pl. XXXV, fig. 3, 4 ;
texte-fig. 43
v. 1886-88 *Sphenopteris (Crossothea) Crepini*, Zeiller, p. 112, pl. XIII, fig. 1-3
v. 1886-88 *Sphenopteris (Crossothea) Boulayi*, Zeiller, p. 115, pl. IV, fig. 4
1907 *Crossothea Crepini*, Carpentier, p. 139
1910 *Sphenopteris (Crossothea) Crepini*, Schmitz in Renier, pl. 68
1913 *Crossothea Crepini*, Carpentier, p. 380, pl. LX, fig. 4-6
1913 *Crossothea Boulayi* ?, Carpentier, p. 381, pl. IX, fig. 8
1913 *Crossothea sagittata*, Carpentier, p. 381, pl. IX, fig. 7
v. 1923 *Crossothea Crepini*, Kidston, p. 344, pl. LXXXVII, fig. 1, la, 2 ; texte-fig. 27
v. 1923 *Crossothea Boulayi*, Kidston, p. 352, pl. XCI, fig. 1-6, 6a, 7
1932 *Sphenopteris Crepini*, P. Corsin, p. 32, pl. XXX, fig. 1, la, 2 ; texte-fig. 16a, b
1934 *Crossothea Crepini*, Carpentier, p. 3, pl. XLIX, fig. 1-9
1935 *Crossothea crepini*, Gothan, p. 50, pl. 45, fig. 1-6, 8, 9
1935 *Crossothea boulayi*, Gothan, p. 48, pl. 45, fig. 10, 11 ; pl. 46
1938 *Crossothea boulayi*, Bell, p. 47, pl. XXXVI, fig. 1-4
v. 1956 *Crossothea Crepini*, Danzé, p. 139, pl. I-V
v. 1956 *Crossothea Boulayi*, Danzé, p. 151, pl. VII-X
v. 1956 *Crossothea Bourozi*, Danzé, p. 157, pl. XI-XV
1982 *Crossothea crepini*, Brousmiche, p. 688, pl. 1-5, fig. 1, 2

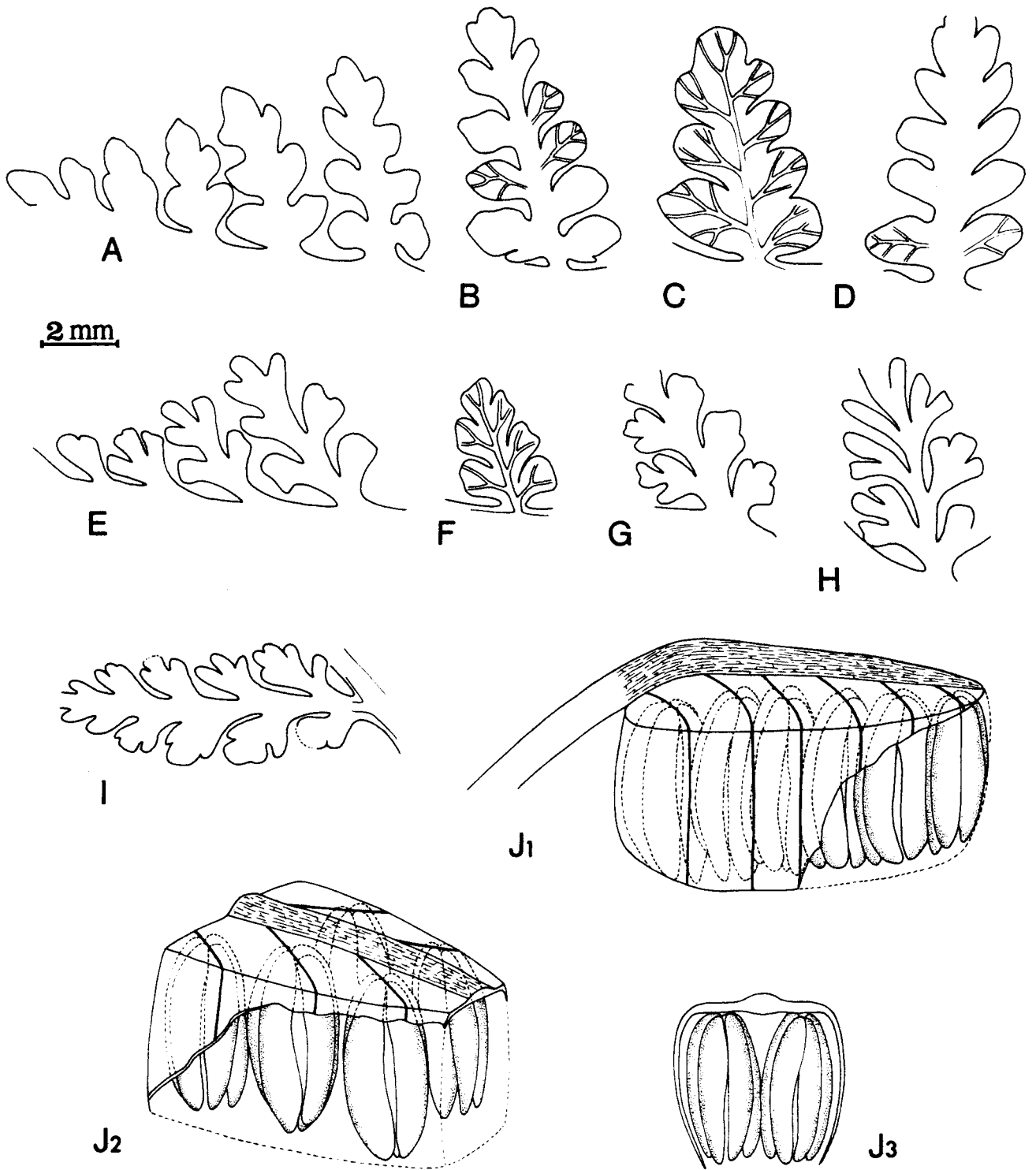
Cette liste de synonymie et la diagnose qui suit sont reprises du travail dans lequel j'ai démontré (1982) la monospécificité du matériel décrit par Danzé sous les noms de *C. crepini*, *C. boulayi* Zeiller et *C. bourozi* Danzé.

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome ; rachis larges et aplatis, couverts d'une fine striation longitudinale, légèrement décurvants, faisant entre eux des angles variant de 70 à 80° et parfois ornés d'une légère ponctuation ;
pennes lancéolées, non recouvrantes.
- Feuillage stérile très polymorphe variant entre un morphotype à limbe profondément découpé en lobes spatulés et un morphotype à pinnules aux lobes arrondis et dont les extrémités peuvent porter des pinnules grossièrement triangulaires à base large ; intensité des divisions comparable des deux côtés de la pinnule ;
nervation seulement visible à la face inférieure du limbe épais ; nervures larges en forme de gouttière, canaliculées ; nervures secondaires généralement indivises.
- Feuillage fertile très différent du limbe stérile : forme générale des fructifications très variable selon le degré de différenciation du limbe : globuleuses et sphériques ou très allongées avec tous les intermédiaires possibles, à développement basiscopique et de type *Crossothea* : organe reproducteur porté par un pédicelle plus ou moins long, constitué d'une nervure médiane très épaisse et élargie irriguant une expansion limbale fibreuse enveloppant les sporanges et constituée de deux parties : l'une horizontale étroite irriguée de fortes nervules indivises, l'autre repliée, un peu plus haute que les sporanges qu'elle protège et sur laquelle se prolongent les nervules donnant au limbe un aspect compartimenté ; sporanges allongés (1,5-1,8 mm x 0,4 mm) sans doute insérés par petits groupes sur le trajet des nervules secondaires, peut-être soudés en partie à la base et dont les extrémités s'écartent à maturité ;
spores de type *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp dont la taille varie de 43 à 75 µ.

Description :

L'espèce *Crossothea crepini* n'est pas très fréquente dans le bassin sarro-lorrain, c'est sans doute la raison pour laquelle elle n'a été que peu citée.



Texte-fig. 30 - Variabilité de la morphologie limbale de *Crossothea crepinii* Zeiller et reconstitution de l'organisation des fructifications, figure reprise d'un travail antérieur, 1982, fig. 1, 2.



Nos échantillons sont tous très fragmentaires et le plus grand d'entre eux porte deux fragments stériles d'ordre n-2 et une penne fertile de même ordre (pl. 26, fig. 1). Le matériel lorrain n'apporte donc pas d'informations nouvelles concernant la description de l'espèce et je prierai le lecteur de bien vouloir se reporter à celle que j'ai établie à partir des échantillons du Nord de la France (Brousmiche, 1982).

Remarques et discussion :

Les échantillons sarro-lorrains entrent parfaitement dans l'échelle des variations morphologiques mises en évidence à partir de ce matériel et leur détermination ne pose aucun problème. Bien que peu nombreux, ils constituent un élément supplémentaire très intéressant pour l'établissement des corrélations entre les deux bassins.

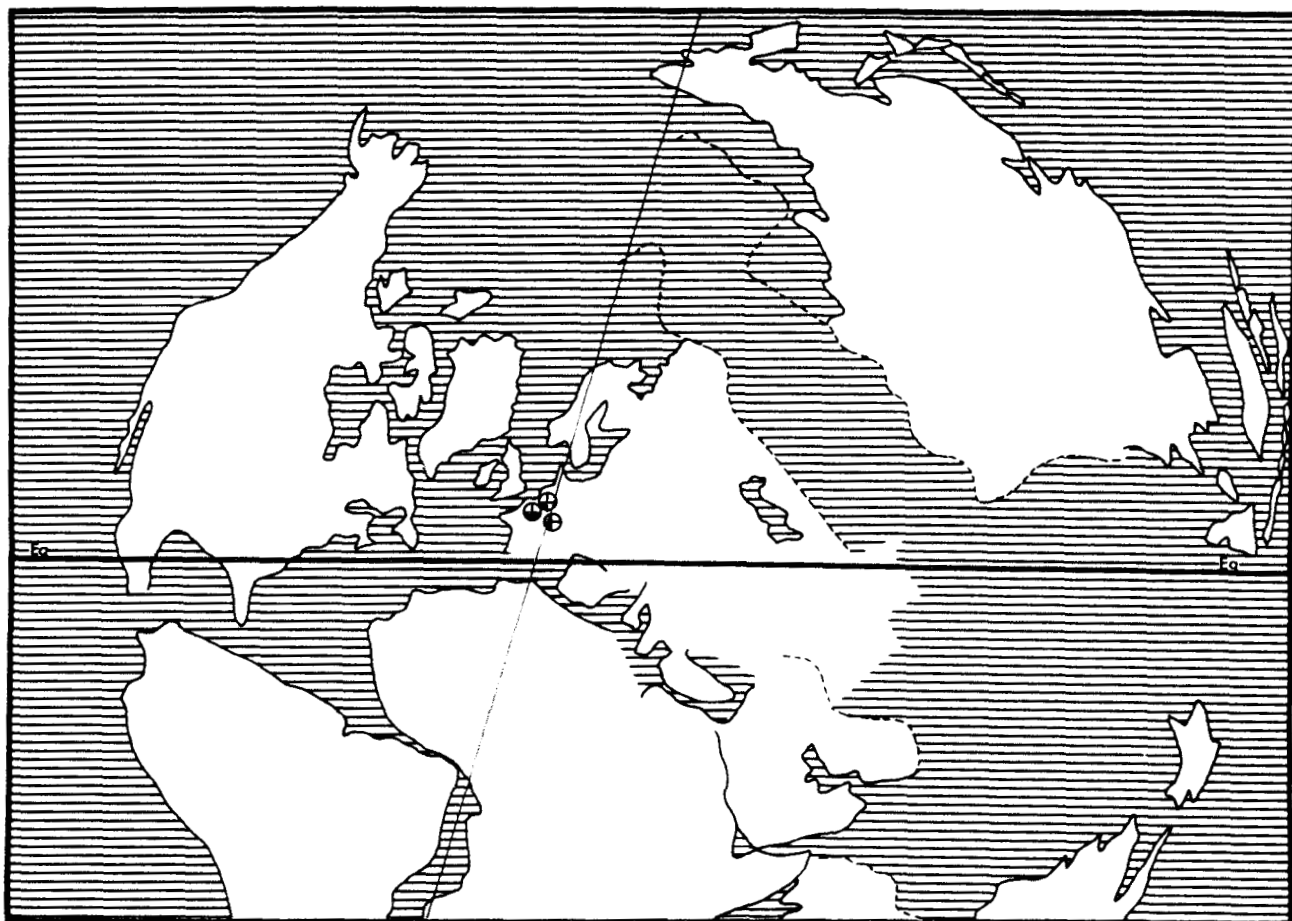
Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage d'Oberwisse à 740,55 m, pour information T10 à 712,78 m, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431135).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de Gargan 1 à 1106,71 m, à 152 m sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431133).
- Autres gisements :
 - Sondage de Guerting C4 à 877,40 m, au mur de la veine Henri, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431134).
 - Groupe d'Hélène, veine 8 des couches de Sulzbach, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de Hombourg 2/6 à 905,34 ; 905,35 ; 905,44 ; 905,45 ; 905,59 ; 905,60 ; 1041,77 ; 1041,78 ; 1041,79 ; 1041,82 ; 1041,83 ; 1041,84 ; 1041,85 ; 1041,86 ; 1041,87 ; 1041,88 ; 1041,89 ; 1041,92 ; 1041,94 ; 1041,96 ; 1041,97 ; 1041,98 ; 1041,99 ; 1042,00 m, pour information T300 à 885,93 m, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431107-431130).
 - Groupe de Jägersfreude, veine 8, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de Ste Fontaine 3 à 871,74 ; 871,75 ; 933,85 ; 1008,99 ; 1042,87 m, pour information T300 à 1039,97 m, 1/3 supérieur et moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen et inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431101-431105).
 - Sondage de Ste-Fontaine 5 à 990,55 m, pour information T300 à 979,67 m, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431106).
 - Sondage d'Oeting à 1339,10 et 1342,20 m, un peu sous T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431131-431132).
 - Sondage de l'Oratoire à 1196,85 m, à 6 m sous T200, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431137).
 - Siège de Petite-Rosselle, sans autre précision (Coll. Haas n° 632 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431138).

Dans le bassin sarro-lorrain, l'extension stratigraphique de *Crossothea crepinii* débute par conséquent dans le Westphalien C inférieur, un peu au-dessous de T300 et se poursuit jusqu'au sommet du Westphalien D.

Compte tenu du recouvrement stratigraphique des niveaux exploités dans les bassins du Nord de la France et de Sarre-Lorraine, on peut considérer que la répartition de *Crossothea crepinii* y est identique.

Répartition générale :



Texte-fig. 31 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Crossotheca crepini* Zeiller.

CROSSOTHECA sp.

Planche 27

Nos collections renferment plusieurs échantillons s'apparentant au genre *Crossotheca*, qu'il n'est pas possible de déterminer spécifiquement faute d'informations sur le limbe stérile. Deux d'entre eux proviennent du sondage de *Ste-Fontaine 2* et sont relativement complets (pl. 27, fig. 1, la) ; les autres récoltés sur un terris à *Sarrebruck* portent des fructifications isolées très bien conservées. Ces derniers devaient à l'origine ne constituer qu'un seul spécimen qui a été débité et sur l'un des fragments on observe quatre pinnules stériles de très petite taille. L'aspect et le format des fructifications sont tellement comparables qu'il m'a semblé nécessaire de rassembler tout ce matériel.

Plusieurs transferts ont été tentés afin de déterminer l'organisation des organes reproducteurs mais les résultats sont décevants. Par contre tous ont fourni des spores plus ou moins matures mais de même type.

BUS
LILLE

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le plus grand spécimen (pl. 27, fig. 1) correspond à un fragment de penne d'ordre n-1 dont le rachis recouvert d'une fine striation longitudinale mesure 1,2 mm de large. Il porte des pennes entièrement fertiles dont la longueur n'excède pas 15 mm et dont les rachis font avec l'axe principal des angles de 80° environ.

Le second échantillon plus petit encore représente également une extrémité de penne d'ordre n-1. La fronde était construite sur le mode catadrome mais la taille des échantillons ne permet pas de déterminer quel pouvait en être le degré de différenciation.

2) Feuillage stérile :

Un seul fragment porte quatre petites pinnules stériles, nettement sphénoptériennes à deux paires de lobes arrondis qui rappellent tout à fait un des morphotypes du feuillage de *C. crepinii* Zeiller quand on a affaire à des extrémités (comparer les fig. 4a, pl. 27 et 3a, pl. 25).

3) Feuillage fertile :

Les fructifications sont portées par des pennes spécialisées. Leur organisation (pl. 27, fig. 2, 3) correspond parfaitement à la diagnose que j'ai établie pour le genre *Crossotheca* et par conséquent est comparable à celle des spécimens décrits sous le nom de *C. crepinii*. Toutefois leur taille est nettement inférieure à celle que l'on a coutume d'observer sur les échantillons du Nord de la France ou sur les autres échantillons lorrains rapportés à cette espèce.

Les prélèvements de spores se sont presque tous révélés fructueux. Bien souvent malheureusement la maturité des échantillons est insuffisante pour fournir des spores isolées et j'ai plus souvent obtenu des masses difficilement dissociables. Cependant les spores de grande taille (52-57 μ) apparaissent nettement trilètes, à contour ovale ou circulaire et se révèlent au microscope optique ornées d'une fine granulation. Trouvées à l'état dispersé, elles seraient rapportées au genre *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp (pl. 27, fig. 5-7). Leur ornementation, bien visible au M.E.B. est en fait constituée de granules ou petits apicules mousses (pl. 27, fig. 8).

Remarques et discussion :

L'aspect, l'organisation des fructifications et le type des spores qu'elles renferment correspondent parfaitement à la définition du genre *Crossotheca*. Au coefficient de taille près, les fructifications sont identiques à celles de *C. crepinii*. La morphologie des deux pinnules stériles est aussi typique de l'espèce de Zeiller et leur taille du même ordre de grandeur. Il y a donc de fortes présomptions pour que ces échantillons appartiennent à *C. crepinii*. Il pourrait s'agir de représentants de l'espèce ayant vécu dans un milieu peu favorable à leur développement. Etant donné le peu d'informations dont nous disposons sur le limbe stérile et la différence assez considérable dans la taille des fructifications, il m'a semblé préférable toutefois de les laisser en nomenclature ouverte.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Les échantillons proviennent de deux gisements :

- Sondage de Ste-Fontaine ? à 549,17 m, moitié supérieure du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431291).
- Terris de la région de Sarrebruck (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435073-435074).

GENRE *RADSTOCKIA* Kidston

Espèce-type : *Radstockia sphenopteroides* Kidston, 1888

- 1888c *Schizostachys* Kidston, p. 351
- 1889 *Schizostachys*, Kidston, p. 18
- 1923 *Radstockia* Kidston, p. 372
- 1927 *Radstockia*, Hirmer, p. 676

Le genre *Radstockia* a été créé par Kidston (1923, p. 372) pour une espèce qu'il avait décrite précédemment (1888c, p. 352) sous le nom de *Schizostachys sphenopteroides*. L'auteur ne donne pas de diagnose du nouveau genre mais le caractérise par des sporanges terminaux ovales dont la surface est parcourue par un sillon longitudinal duquel partent latéralement des barres transversales couvrant tout le sporange. Il attribue à ces segments transverses un rôle mécanique lors de la déhiscence.

Kidston inclut dans *Radstockia* les spécimens figurés par H. Potonié sous le nom d'*Hymenotheca beyschlagii* (1890), considérant cette espèce comme très différente des autres formes rapportées par H. Potonié à son genre *Hymenotheca*.

En 1927, Hirmer place toujours l'espèce *beyschlagii* dans le genre *Hymenotheca*. Il pose à nouveau le problème de l'interprétation des fructifications de *Radstockia* envisageant qu'elles puissent représenter des synanges plutôt que de simples sporanges.

Le sondage de *Bisten 5* a fourni plusieurs échantillons qui sont tout à fait conformes au spécimen figuré à plusieurs reprises par Kidston (1888, 1889, 1923) sous le nom de *Radstockia sphenopteroides* et que j'ai pu étudier à l'Institute of Geological Sciences de Londres. Ce matériel a permis de préciser l'organisation des fructifications et le type des spores qu'elles renferment.

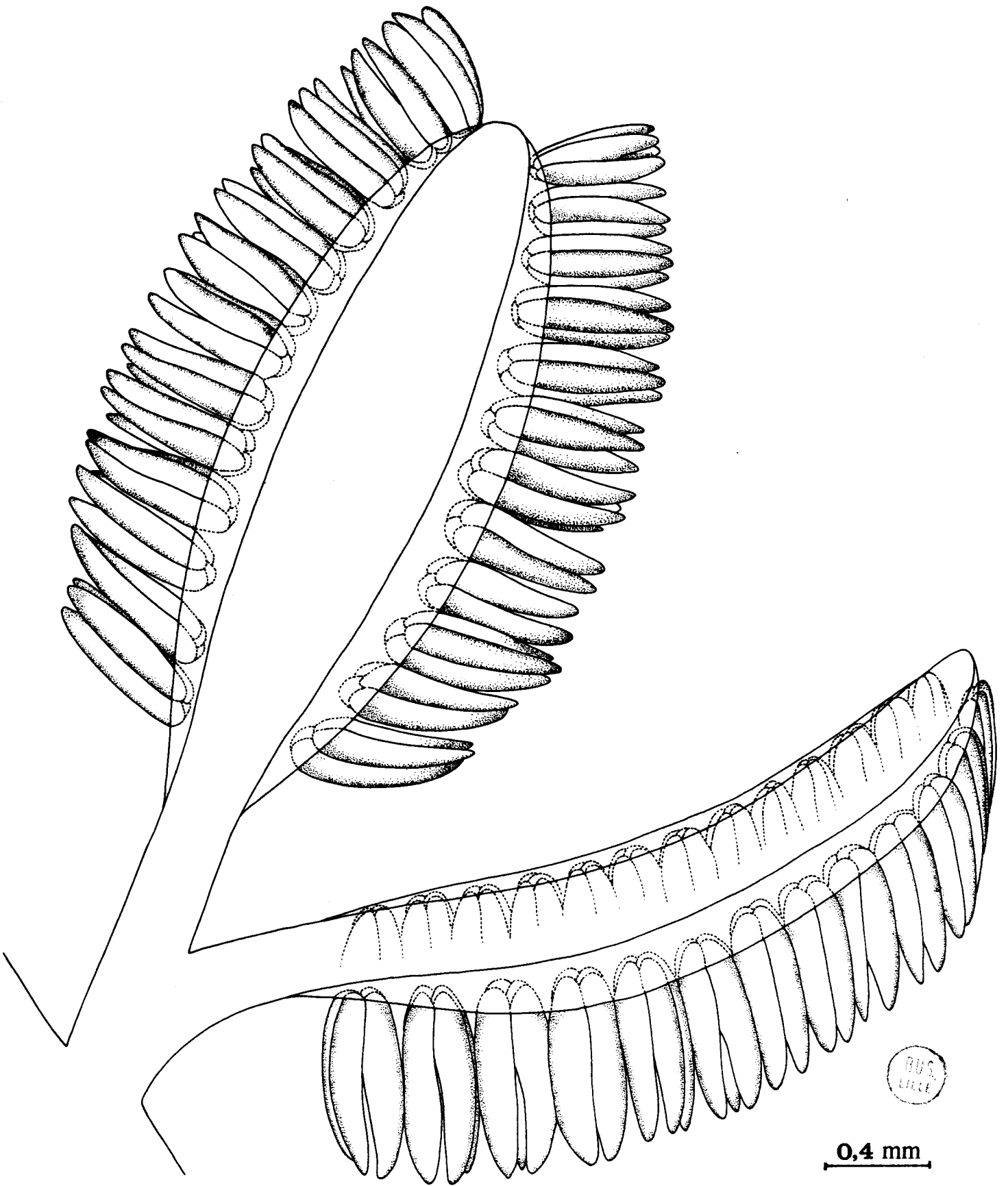
Diagnose :

- Feuillage fertile spécialisé dont la construction est catadrome.
- Fructifications elliptiques, très allongées, le plus souvent groupées par paires (sauf au sommet et à la base des pennes où elles sont respectivement isolées ou groupées par trois), portées par un pédicelle commun court, dichotome ; organe fertile composé d'un axe médian (nervure) prolongeant le pédicelle et d'une expansion limbairre développée symétriquement par rapport à lui ; limbe constitué de deux parties : une bande horizontale très étroite longeant la nervure, une partie repliée protégeant les sporanges ; sporanges nombreux, allongés, effilés aux deux extrémités, vraisemblablement insérés par petits groupes sur la nervure médiane ou la partie horizontale du limbe ; disposition exacte inconnue ; spores de type *Punctatisporites* (Ibrahim) dont la taille varie de 20 à 23 μ .

Remarques et discussion :

En 1967, Taylor attribue au genre *Radstockia* un matériel fertile provenant de Mazon Creck (U.S.A.) qu'il décrit sous un nouveau nom spécifique : *Radstockia kidstonii* (p. 43, pi. 6, fig. 1-4 ; pl. 7, fig. 2, 3, 5). La diagnose et la description des fructifications de cette nouvelle espèce ne correspondent pas tout à fait avec les observations effectuées sur l'holotype de Kidston et sur le matériel sarro-lorrain.

"Les fructifications de *R. kidstonii* ont une forme elliptique et sont partiellement englobées à la surface abaxiale des unités foliaires. Chaque fructification mesure environ 2 mm de long et 1 mm de large et porte extérieurement un fort sillon longitudinal semblant la diviser. Des sillons latéraux plus petits, perpendiculaires au sillon médian donnent à la



Texte-fig. 32 - Reconstitution de l'organisation des fructifications de type *Radstockia* Kidston.

fructification un aspect segmenté". Ce dispositif est interprété par Taylor comme le résultat de l'alignement de groupes de sporanges, en partie soudés, le long de la nervure médiane.

La disposition des sporanges de *R. kidstonii* est donc comparable à celle que j'ai observée sur les matériels anglais et lorrain. Mais Taylor insiste beaucoup sur la présence d'un limbe fertile bien développé qui l'amène d'ailleurs à comparer cette nouvelle espèce avec certaines *Marattiaceae* actuelles dont *Marattia alata*.

Le limbe fertile des échantillons étudiés ici est au contraire très réduit et aucune fructification, même conservée par sa face inférieure, ne montre une masse de sporanges entourée d'une expansion limbale régulière comme sur les figures 4, pl. 6 ; 3, pl. 7 de Taylor. En outre, les organes reproducteurs de *Radstockia sphenopteroides* sont implantés généralement par paires sur un pédicelle commun court et étroit. Les figurations de Taylor (pl. 6, fig. 2 ; pl. 7, fig. 2) montrent au contraire les synanges de l'espèce *kidstonii* situés à l'extrémité d'expansions limbales assez larges.

Il ne me paraît pas raisonnable de maintenir dans un même genre deux espèces dont l'organisation des fructifications est aussi différente. Le fait que les organes reproducteurs de *Radstockia sphenopteroides* soient portés par des pennes spécialisées alors que les fructifications de l'espèce *kidstonii* occupent une position marginale sur un limbe fertile tout à fait identique au feuillage stérile justifie à mon sens l'attribution des deux espèces à des genres distincts. Les échantillons sarro-lorrains étant parfaitement identiques au type de Kidston, je pense qu'il faut exclure l'espèce *kidstonii* du genre *Radstockia* et créer à son intention un nouveau genre de fructification. Je tiendrai plus loin (p. 226) un raisonnement identique en créant le genre *Germera* dont la fructification rappelle celle du genre *Crossotheca* mais s'en différencie nettement par l'apparition des synanges à la face inférieure des extrémités distales des éléments foliaires ultimes.

En 1923, Kidston ne prend pas parti à propos de l'attribution systématique de son nouveau genre. Taylor l'apparente aux *Marattiaceae* compte tenu de la disposition linéaire des groupes de sporanges et de la position supposée des synanges sur le limbe. L'interprétation proposée ici de l'organisation de la fructification de *Radstockia* suggère plutôt un rapprochement avec le genre *Crossotheca*. Toutefois *Radstockia* diffère nettement de *Crossotheca* par :

- l'implantation par paires des organes reproducteurs (exceptionnellement isolés ou réunis par trois) sur un pédicelle commun court ;
- le type des spores produites. La plupart des espèces du genre *Crossotheca* fournissent des spores très ornementées, de type *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp. Les spores prélevées chez le genre *Radstockia* sont de type *Punctatisporites* (Ibrahim).

RADSTOCKIA SPHENOPTEROIDES Kidston

Planche 28

Holotype :

- . Echantillon figuré par Kidston 1888c, pl. XX, fig. 1, repris ici en 1, lab, pl. 28
- . Origine : Angleterre, *Radstock*, *Radstockian series* du bassin de Somerset, West-phalien D supérieur
- . Collection : Institute of Geological Sciences de Londres

- v. 1888c *Schizostachys sphenopteroides* Kidston, p. 352, pl. XX, fig. 1
- v. 1889 *Schizostachys sphenopteroides*, Kidston, p. 19, pl. I, fig. 19a, b
- v. 1923 *Radstockia sphenopteroides* Kidston, p. 373, pl. LXXV, fig. 3, 3a
- 1927 *Radstockia sphenopteroides*, Hirmer, p. 676
- v. 1929 *Radstockia sphenopteroides*, Crookall, p. 53, pl. XXXIII, fig. c
- ? 1975 *Radstockia sphenopteroides*, R.H. Wagner, pl. 37, fig. 1, 2

L'espèce a été créée par Kidston (1888c, p. 352) sous le nom générique de *Schizostachys* à partir d'un spécimen unique provenant des Radstockian series de la localité de Radstock, dans le bassin de Somerset, Angleterre. Celui-ci a été refiguré par la suite plusieurs fois par Kidston (1889, 1923) et par Crockall (1929).

Le sondage de *Bisten* 5 a fourni plusieurs spécimens fertiles parfaitement conformes à l'holotype qui ont permis de préciser la diagnose générique. Ces fragments ne donnent malheureusement aucune indication sur la morphologie limbaire.

Diagnose :

Le lecteur voudra bien se reporter à la diagnose générique, établie d'après la description du type de l'espèce.

Description :

Il est vraisemblable que les organes reproducteurs sont localisés sur des segments spécialisés puisqu'aucun spécimen ne montre de fragment de limbe stérile. La description sera donc relativement limitée.

1) Organisation de la fronde :

Le plus grand spécimen représente un fragment de penne d'avant-dernier ordre comme l'holotype de Kidston. L'organisation de la fronde est donc au moins bipinnatifide. La priorité de construction catadrome est à peine visible.

2) Feuillage fertile :

a.- les rachis :

Ils sont larges et plats, couverts d'une fine striation longitudinale et font entre eux des angles variant de 70 à 80°.

Quelques dimensions :

- Holotype figuré en 1, pl. 28 :

- . largeur du rachis d'ordre $n-1$ = 2 mm
- . longueur des pennes d'ordre n = de 11 à 21 mm selon leur position.
- . longueur des segments fertiles = 3 mm

- Echantillon lorrain figuré en 2, pl. 28 :

- . largeur du rachis d'ordre $n-1$ = 1,2 mm
- . longueur des pennes d'ordre n = de 11 à 17 mm
- . longueur des segments fertiles = 4 mm

b.- fructifications :

L'implantation par paires des organes reproducteurs sur un pédicelle commun court est tout à fait caractéristique.

L'attaque aménagée de plusieurs fructifications a révélé qu'il s'agit en fait de véritables synanges et non de gros sporanges comme le pense Kidston.

La nervure qui irrigue le pédicelle se divise en deux ramifications qui constituent les axes médians des deux fructifications concernées. Une expansion limbaire développée symétriquement de part et d'autre de cet axe médian se compose d'une partie étroite horizontale qui le longe et d'une partie repliée verticalement, plus large, qui protège les sporanges sur toute leur longueur.

Les sporanges allongés, effilés à leur extrémité distale doivent être insérés sur la nervure médiane ou sur la partie horizontale du limbe. Ils sont nombreux et très serrés et je n'ai pu déterminer leur disposition exacte. Ils déterminent sur la partie limbaire repliée qui les protège des reliefs parallèles correspondant aux barres transverses auxquelles Kidston attribue un rôle mécanique dans la déhiscence, ce qui semble peu probable.

Les spores subcirculaires sans doute trilètes apparaissent très peu ornementées au microscope optique (pl. 28, fig. 3b). L'observation au M.E.B. révèle une très fine ornementation constituée de toutes petites granulations visibles seulement à de très forts grossissements (pl. 28, fig. 3c, d). Les spores de *Radstockia sphenopteroides* s'apparentent donc au genre *Punctatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp de la nomenclature des spores dispersées ; leur taille varie de 20 à 23 μ .

Remarques et discussion :

Il n'a pas été possible d'effectuer une macération ménagée sur l'holotype mais l'observation à la loupe binoculaire révèle une organisation de la fructification tout à fait comparable à celle qui est décrite ici.

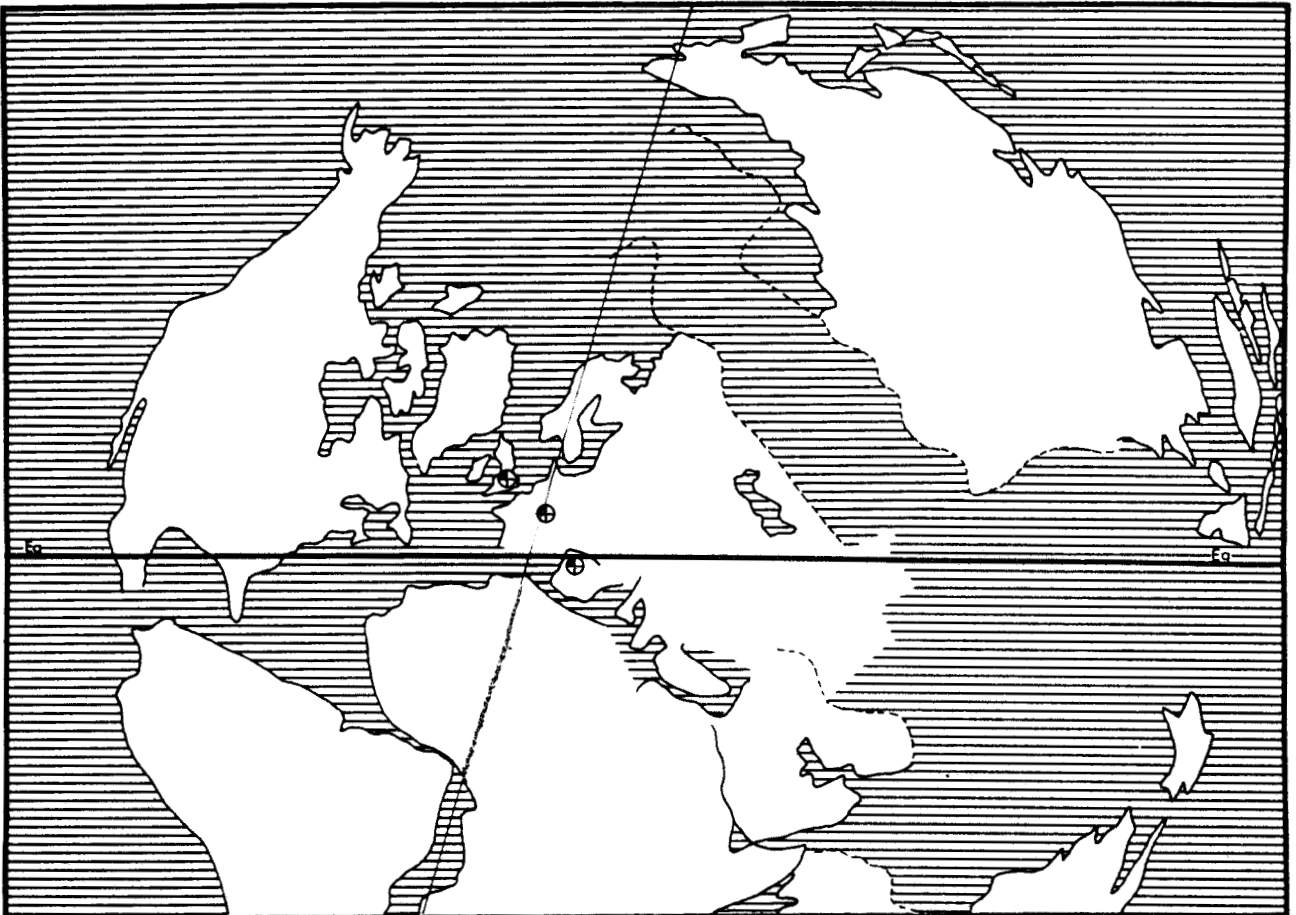
Kidston ne donne pas d'indication sur la nature des spores et je n'ai malheureusement pas effectué de prélèvement sur ce spécimen lors de mon séjour à Londres, ne disposant pas encore à l'époque des spécimens lorrains se rapportant à l'espèce. Mais je pense que les similitudes morphologiques sont suffisantes pour que l'attribution de nos spécimens à *Radstockia sphenopteroides* soit admise.

Les espèces les plus proches de *Radstockia sphenopteroides* sont bien sûr l'espèce *kidstonii* créée par Taylor et celles qui appartiennent au genre *Crossotheca*. Il ne semble pas toutefois y avoir de confusion possible avec ces dernières car aucune espèce de *Crossotheca* ne montre de fructifications aussi régulièrement implantées par paires sur des pédicelles communs courts.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Nos échantillons proviennent du sondage de *Bisten 5* où ils ont été récoltés à 761,62 ; 761,63 ; 761,64 ; 761,66 m, soit à 160 m environ au-dessus du tonstein 20. Ces niveaux se situent dans la moitié inférieure du faisceau de Steinbesch, datés Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433101-433104).

Répartition générale :



Texte-fig. 33 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Radstockia sphenopteroides* Kidston.

Les figurations de R.H. Wagner de *Radstockia sphenopteroides* (1975, pl. 37, fig. 1-2a) ont beaucoup perdu à l'impression mais il me semble que la détermination est exacte. La distribution géographique de l'espèce de Kidston doit donc être élargie à l'Espagne.

ORDRE DES URNATOPTERIDALES

GENRE *URNATOPTERIS* Kidston

Espèce-type : *Urnapteris tenella* (Brongniart)*, 1829)

- 1884 *Urnapteris* Kidston, p. 594
- 1888 *Urnapteris*, Zeiller, p. 33
- 1889 *Urnapteris*, Kidston, p. 29
- 1899 *Urnapteris*, H. Potonié, p. 93
- 1900 *Urnapteris*, Zeiller, p. 61
- 1910 *Urnapteris*, Seward, p. 407
- 1923 *Urnapteris*, Kidston, p. 356
- 1923 *Urnapteris*, Gothan in Gürich, p. 48
- 1927 *Urnapteris*, Hirmer, p. 671
- 1929 *Urnapteris*, Crookall, p.
- 1954 *Urnapteris*, Gothan et Weyland, p. 117
- 1956 *Urnapteris*, Danzé, p. 72, 227
- 1957 *Urnapteris*, Gothan et W. Remy, p. 140
- 1959 *Urnapteris*, W. Remy et R. Remy, p. 122
- 1960b *Urnapteris*, Danzé, p. 94, texte-fig. 2
- 1964 *Urnapteris*, Gothan et Weyland, p. 231
- 1977 *Urnapteris*, W. Remy et R. Remy, p. 162, texte-fig. 60

Le genre a été créé par Kidston (1884) pour définir la fructification de *Sphenopteris tenella* (Brongniart)*, espèce qu'il avait décrite en 1882 (p. 7) et qu'il considérait à l'époque comme très proche des *Hymenophyllaceae*.

A la suite de remarques faites par Williamson (1883) concernant l'étroite ressemblance entre les sporanges d'*Urn. tenella* et ceux des *Danaea* actuelles, Kidston (1923, p. 356) revient sur sa première opinion et rapporte l'espèce aux *Marattiaceae*. Depuis le genre est toujours interprété comme une fructification de fougère eusporangiée et il a été choisi par Danzé (1956, p. 113) comme type de l'ordre des Urnapteridales.

Diagnose :

La diagnose originale de Kidston (1884, p. 594) réduite à quelques lignes a été reprise telle quelle par la plupart des auteurs :

"Frondes fertiles et stériles dissemblables. Les pennes des frondes fructifiées portent deux rangées de sporanges alternes urcéolés qui s'ouvrent à l'apex par un petit pore circulaire" (traduction de l'anglais).

* Un doute subsiste sur l'exactitude de la détermination de Kidston, voir p.136

Danzé (1956, p. 227) a proposé une diagnose plus complète qui retrace l'évolution des fructifications ; j'en ai un peu modifié l'ordre :

Limbe des pinnules fertiles très réduit, couvert à sa face inférieure de sporanges disposés en double file de part et d'autre de la nervure principale ; sporanges nus, fixés par un rétrécissement de leur base, à l'extrémité de très courtes nervures secondaires ou tertiaires élargies à leur sommet ; sporanges ovoïdes, sans anneau, ni calotte apicale, avec une paroi constituée par des cellules allongées en files régulières et ayant un diamètre variant entre 0,6 et 1 mm ; sporanges attachés aux nervures (ou axes) par leur base légèrement rétrécie (pseudo-pédicelle).

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

Le genre *Urnatopteris* semble très mal représenté dans le bassin sarro-lorrain puisque nos collections ne renferment qu'un seul spécimen d'*Urnatopteris herbacea* (Boulay) dont nous avons l'empreinte et la contre-empreinte.

URNATOPTERIS HERBACEA (Boulay)

Planche 29

Holotype :

- . Echantillon figuré par Boulay 1876, pl. I, fig. 5, repris ici en 1, la-c, pl. 29
- . Origine : Bassin du Nord-Pas-de-Calais, mines de Lens, zone supérieure, sans autre précision
- . Collection : Polytechnicum de Lille

- v. 1876 *Sphenopteris herbacea* Boulay, p. 27, pl. I, fig. 5
- v. (pars) 1885 *Sorothea herbacea* Stur, p. 279, pl. XXXIV, fig. 4-8
- v. 1886-88 *Sphenopteris (Hymenophyllites) herbacea*, Zeiller, p. 106, pl. VI, fig. 4 ; pl. VII, fig. 3, 4
- 1913 *Urnatopteris tenella*, Depape et Carpentier, pl. XII, fig. 4, 5-9 ?
- v. 1923 *Urnatopteris herbacea*, Kidston, p. 361, pl. LXXXIV, fig. 4-5a
- ? v. 1923 *Urnatopteris tenella*, Kidston, p. 356, pl. LXXXIII ; pl. LXXXIV, fig. 1-3 ; texte-fig. 30
- v. 1941 *Sphenopteris (Urnatopteris) herbacea*, Gothan, p. 20, pl. 55, fig. 2, 3 ; pl. 57a, fig. 5
- ?v. (pars) 1941 *Sphenopteris (Urnatopteris) tenella*, Gothan, pl. 55, fig. 1, 4 ; pl. 55a
- v. 1956 *Urnatopteris herbacea*, Danzé, p. 229, pl. XXXVI ; pl. XXXVII ; pl. XXXVIII ; fig. 1-3
- ? v. 1956 *Urnatopteris tenella*, Danzé, p. 234, pl. XXXVIII, fig. 4-7 ; pl. XXXIX

Diagnose :

(d'après Danzé, 1956, p. 230, l'ordre ayant été un peu modifié) :

- Feuillage stérile : axes fins et droits, quelquefois faiblement ondulés, avec une section sensiblement subcirculaire ;
- pennes triangulaires, allongées, avec des bords presque parallèles sur la plus grande partie de leur longueur ;
- pinnules peu évoluées, obliques sur le rachis, décurrentes, denses et peu découpées, allongées, avec 1 ou 2 lobes très obtus n'altérant pas la forme oblongue et massive de la pinnule ; évolution ontogénique de type apical ; lobe apical se divisant et

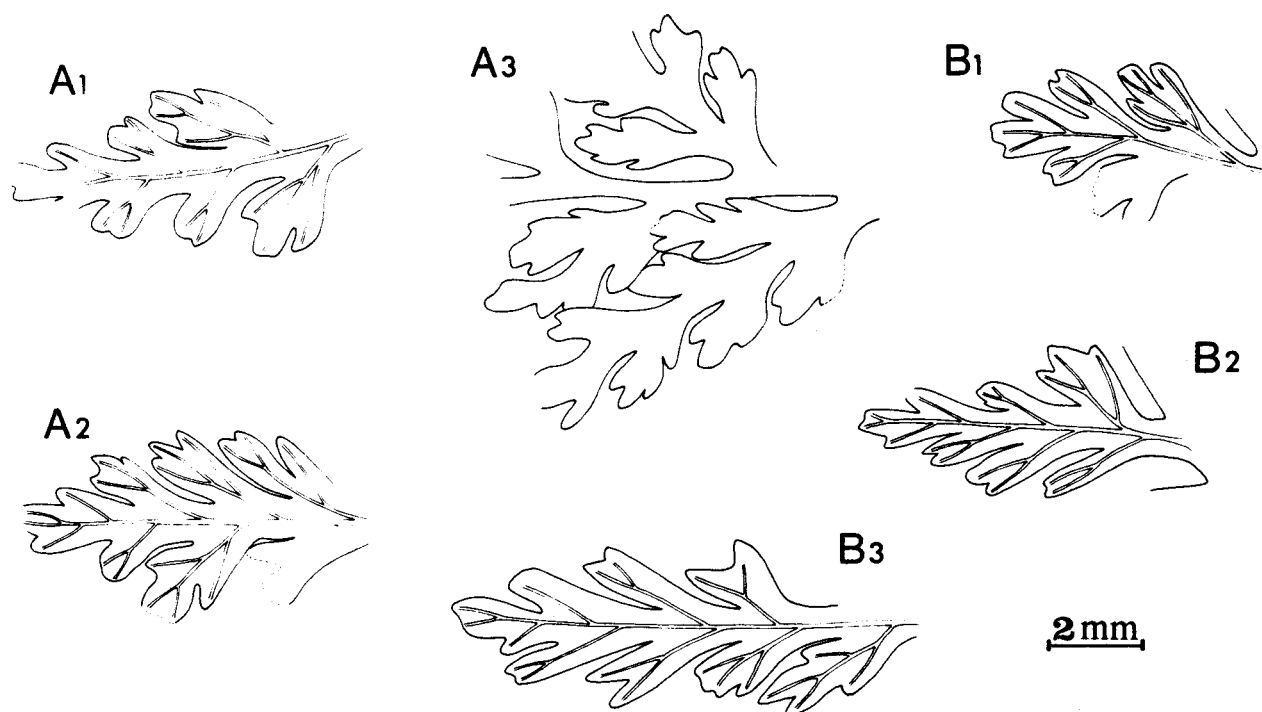
donnant des lobes latéraux développés en éventail, élargissant considérablement la forme générale de la pinnule ; lobes étroits, allongés et assez acuminés, formant un faisceau large, orienté vers l'extrémité de la pinnule ; maximum de différenciation de la pinnule correspondant à l'apparition de la troisième paire de lobes ; nervation formée d'une nervure principale donnant une nervure secondaire dans chaque lobe.

- Fructification de type *Urmatopteris*, composée de sporanges situés à la face inférieure du limbe, de part et d'autre des nervures principales, portés à l'extrémité des nervures secondaires ou tertiaires et recouvrant presque totalement le limbe en prenant l'allure de 2 files parallèles de sporanges ovoïdes, sans anneau ni calotte apicale et mesurant en moyenne 0,8 mm de diamètre.

Description :

Le matériel sarro-lorrain limité à un seul spécimen (pl. 29, fig. 2) n'apporte aucune information nouvelle sur l'espèce. Il se compose de plusieurs fragments dispersés de pennes d'ordre n-2 dont l'opulence est très variable : certains fragments se caractérisent par des lobes étroits, fins, à extrémité acuminée, d'autres au contraire montrent un limbe fourni aux lobes courts et tronqués. Les dessins B de la texte-fig. 34 représentent quelques uns de ces fragments : on pourra vérifier que sa différenciation limbair correspond exactement à celle du type de Boulay (dessins A, même texte-fig.).

L'espèce ayant été longuement décrite par Danzé à partir d'un matériel abondant provenant comme l'échantillon-type du bassin du Nord de la France, je prie le lecteur de bien vouloir se reporter à ce travail (1956, p. 230).



Texte-fig. 34 - Morphologie du limbe stérile d'*Urmatopteris herbacea* (Boulay).

A1-A3 - Fragments dessinés d'après l'holotype de Boulay, figuré en 1, pl. 29.

B1-B3 - Segments équivalents dessinés à partir de l'échantillon lorrain figuré en 2, pl. 29.

Remarques et discussion :

La seule comparaison des figurations du spécimen lorrain (pl. 29, fig. 2) avec celle du type de l'espèce (pl. 29, fig. 1) permet de vérifier leur parfaite similitude et par conséquent l'exactitude de la détermination.

Mais je voudrais faire ici quelques remarques à propos des deux espèces connues du genre *Urmatopteris* : *Urm. tenella* et *Urm. herbacea*. L'étude des principales collections européennes de Paléobotanique m'a permis de revoir la plupart des types et figurés des deux espèces. Et je me suis aperçue que leur distinction spécifique n'est pas aussi aisée que le laisseraient supposer les descriptions des nombreux auteurs, d'autant que leurs fructifications sont apparemment identiques (Kidston 1923, p. 359 ; Danzé 1956, p. 231, 237).

Le raisonnement qui va suivre traite de l'étroite similitude des échantillons figurés sous ces deux noms spécifiques. Il a été construit à partir des matériels conservés dans les différents musées et n'est donné qu'à titre d'hypothèse de travail.

A) Au préalable, il convient de se reporter aux types des deux espèces.

- L'échantillon-type de *Sphenopteris tenella* figuré par Brongniart (1829, pl. XLIX, fig. 1) provient des mines du Yorkshire, Grande-Bretagne. Il n'a pu être retrouvé ni à Londres, ni à Paris et n'a jamais été refiguré.

- Le type de *Sphenopteris herbacea* Boulay (1876, pl. I, fig. 5) a été récolté dans les mines de Lens, Nord de la France. Il est conservé dans les collections du Polytechnicum de Lille et j'ai pu l'étudier de façon détaillée. La face inférieure non figurée de l'échantillon porte plusieurs fragments de la même espèce largement fructifiés (pl. 29, fig. 3, 3a).

B) Voyons comment se situent les différentes citations des auteurs par rapport à ces données initiales.

1 - D'après Danzé (1956) les deux espèces du genre *Urmatopteris* seraient présentes dans le bassin du Nord de la France.

- Les figurations qu'il donne d'*Urm. herbacea* (pl. XXXVI, XXXVII ; pl. XXXVIII, fig. 1-3) sont parfaitement conformes au type de Boulay. En outre, Danzé insiste (p. 230) dans sa description sur l'importance des variations de la morphologie limbaire en fonction de la position des fragments par rapport à l'ensemble de la fronde. Effectivement on remarque sur la figure 5 (pl. XXXVII) que sont juxtaposés des segments aux lobes étroits, fins, aigus (partie a de la figure) et des segments au limbe plus opulent avec des lobes massifs et tronqués (partie A de la figure). Les collections du Polytechnicum de Lille renferment de nombreux spécimens où cette juxtaposition est fréquente et l'échantillon sarro-lorrain en constitue un autre exemple.

- Danzé figure également quelques spécimens d'*Urm. tenella* (pl. XXXVIII, fig. 4-7 ; pl. XXXIX). Je les ai examinés de près : deux d'entre eux au moins (pl. XXXIX, fig. 3-4) ressemblent beaucoup au type de Boulay et portent d'ailleurs une détermination manuscrite de P. Bertrand : *Urm. herbacea*. Ils correspondent aux formes à limbe réduit d'*Urm. herbacea*. Comme par ailleurs les descriptions des fructifications proposées par Danzé (p. 231, 237) sont identiques, je ne pense pas qu'il y avait lieu de distinguer deux taxons au sein du matériel provenant du Nord de la France.

2 - Aucun des échantillons anglais figurés sous le nom d'*Urm. tenella* par Kidston (1882, 1901, 1923) ne provient de la localité-type. Les citations dans le texte (1923, p. 360) d'horizons dans lesquels l'espèce aurait été rencontrée concernent des échantillons appartenant à des collections particulières.

3 - J'ai retrouvé dans les collections anglaises un spécimen déterminé *Urm. herbacea* de la main de Boulay (pl. 29, fig. 4) dont l'aspect est identique : d'une part à certaines figurations de Danzé d'*Urm. herbacea* (pl. XXXVIII, fig. 2a), d'autre part à certains fragments des échantillons figurés par Kidston sous le nom d'*Urm. tenella* (comparer les fig. 4-6, pl. 29).

C) Il semble donc que les matériels décrits par Danzé et Kidston constituent un ensemble relativement homogène au sein duquel on constate quelques variations d'opulence du

limbe en fonction de la position des échantillons dans l'ensemble de la fronde. Danzé d'ailleurs avait déjà ressenti (p. 239) l'ambiguïté du matériel figuré par Kidston et signalait qu'il n'était pas vraiment conforme au type de *Sph. tenella* de Brongniart. Il l'interprétait cependant comme une forme fournie d'*Urm. tenella*.

N'ayant pas retrouvé le type de Brongniart, il est impossible de poursuivre plus avant le raisonnement ; la figuration originale est tellement médiocre qu'elle ne peut être exploitée. La forme au limbe réduit correspond-elle ou non à cette figuration de Brongniart ? Le problème est posé mais ne peut être résolu pour l'instant. Si la réponse à ce problème est affirmative, seul le nom d'*Urm. tenella* devrait être maintenu. Sinon je pense que les matériels décrits par Kidston et Danzé sous le nom d'*Urm. tenella* devraient être rapportés préférentiellement à *Urm. herbacea*.

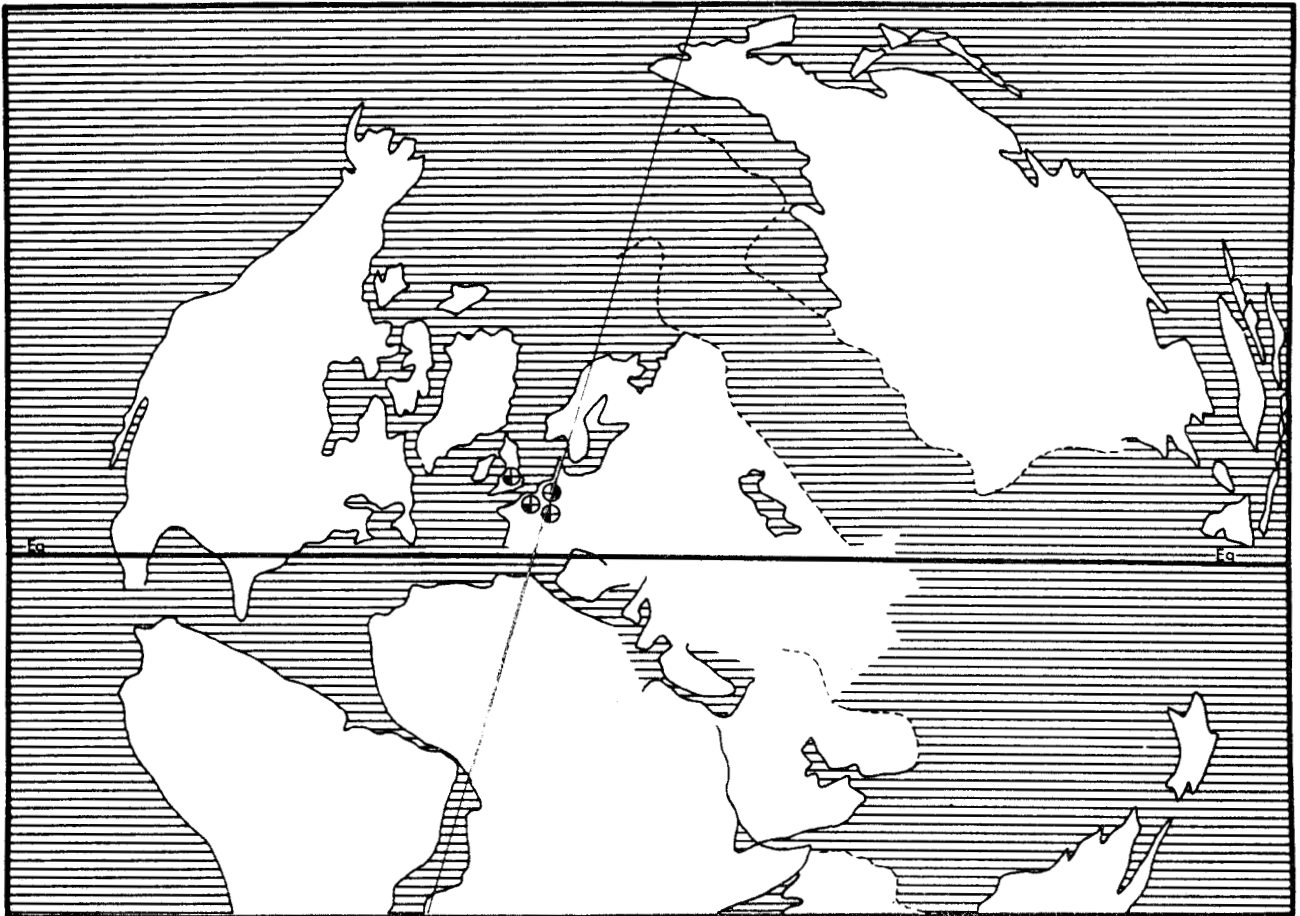
Ce raisonnement ne peut avoir valeur de démonstration puisque le doute subsistera jusqu'à ce qu'on ait retrouvé le type de Brongniart. Je tenais néanmoins à livrer ces quelques réflexions inspirées par l'examen des échantillons des différentes collections. De même, les spécimens figurés en 1, 2, 4, pl. 55 et celui de la planche 55a de Gothan (1941) me paraissent correspondre également aux formes graciles d'*Urm. herbacea*. Quant à l'échantillon stérile de Carpentier et Depape (1913, pl. XII, fig. 4) il est parfaitement conforme au type de Boulay.

Un gros travail reste donc à fournir sur les représentants du genre *Urmatopteris*. Malheureusement le bassin sarro-lorrain risque de n'être d'aucun secours pour résoudre ce problème, le genre y étant très peu représenté ; c'est la première fois en effet qu'une espèce du genre y est signalée.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

L'échantillon conservé en empreinte et contre-empreinte provient du sondage de *Steinberg* où il a été récolté à une profondeur de 897,10 m, partie inférieure du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434601-434602).

Répartition générale :



Texte-fig. 35 - Distribution géographique et répartition stratigraphique d'*Urmatopteris herbacea* (Boulay).

GENRE *RENAULTIA* Zeiller

Espèce-type : *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart, 1835)

- 1883 (août) *Renaultia* Zeiller, p. 185
- 1883 (décembre) *Hapalopteris* Stur, p. 660
- 1884 *Hapalopteris*, Zeiller, p. 131
- 1885 *Hapalopteris*, Stur, p. 26
- 1888 *Renaultia*, Zeiller, p. 28
- 1913 *Renaultia*, Gothan, p. 133
- 1923 *Renaultia*, Gothan in Gürich, p. 46, texte-fig. 45AB (en bas)
- 1923 *Renaultia*, Kidston, p. 310
- 1927 *Renaultia*, Hirmer, p. 665
- 1941 *Renaultia*, Gothan, p. 24
- 1956 *Renaultia*, Danzé, p. 69, 171
- 1964 *Renaultia*, Gothan et Weyland, p. 230
- 1977 *Renaultia*, W. Remy et R. Remy, p. 162

Zeiller crée le genre *Renaultia* (août 1883, p. 185) pour définir les fructifications observées sur un échantillon de *Sphenopteris chaerophylloides* provenant des charbonnages du Levant du Flénu (Belgique). Il signale par ailleurs que Renault (1883, p. 60, pl. VII, fig. 1, lab) a observé des fructifications de même type sur le *Sphenopteris gracilis* de Brongniart. Sa description tient en quelques lignes : "sporangies placés à l'extrémité des nervures secondaires de chaque lobe, affectant une forme ovoïde, longs de 0,35 mm sur 0,18 mm à 0,20 mm de largeur. Leur paroi est constituée par des cellules allongées dans le sens longitudinal, sauf au sommet, où l'on distingue quelques cellules de forme très légèrement différente, mais non différenciées comme épaisseur des parois".

Au mois de décembre de la même année Stur (1883, p. 660) crée le genre *Hapalopteris* qu'il caractérise par l'espèce *Hapalopteris typica* Stur.

En fait, le genre de Stur se révèle très vite synonyme du genre *Renaultia* (Zeiller, 1884, p. 131) d'autant que les deux genres ont été érigés pour la même espèce puisque *Hapalopteris typica* est identique à *Renaultia chaerophylloides* (Zeiller, 1888, p. 29, 82).

Depuis, ce genre parfaitement défini n'a plus posé de difficultés d'identification et a toujours été placé par les différents auteurs parmi les fougères eusporangiées.

Diagnose :

La diagnose proposée par Danzé (1956, p. 172) est la plus complète et aussi la plus récente. Les prélèvements de spores *in situ* effectués sur les différentes espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain et sur les échantillons fructifiés conservés dans les principales collections européennes de Paléobotanique ont permis de la compléter sur ce point.

"Fructification de fougère eusporangiée ; sporanges ovoïdes variant entre 0,2 et 0,6 mm de diamètre, libres, sessiles, isolés ou groupés par 2 à 5, situés sur la face inférieure du limbe, à l'apex des lobes et sur les extrémités des nervures secondaires ; sporanges sans anneau ni calotte apicale avec simplement un stomium à l'apex ; paroi du sporange constituée par un réseau de cellules allongées, régulières, et conforme à la figuration donnée par l'auteur du genre" ;

spores de type *Punctatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, *Apiculatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp ou *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp dont le diamètre est susceptible de varier de 15 à 25 μ .

Dans cette diagnose, Danzé propose une fourchette de variations du diamètre des sporanges nettement plus étendue que celle de Zeiller mais la description originale de ce dernier est établie à partir d'un seul spécimen de "*Sphenopteris*" *chaerophylloides*.

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

- *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart, 1828).
- *Renaultia germanica* ? (H. Potonié, 1890).
- *Renaultia footneri* (Marrat, 1872).
- *Renaultia gracilis* (Brongniart, 1828).
- *Renaultia hemingwayi* ? Kidston, 1923.
- *Renaultia lebachensis* (Weiss, 1869).
- *Renaultia rotundifolia* (Andrae, 1865).
- *Renaultia schatzlarensis* (Stur, 1885).
- *Renaultia villosa* (Crépin, 1881).

Remarque :

On remarquera que ne figurent pas dans cette liste des espèces qui sont généralement bien représentées dans d'autres bassins, en particulier les espèces *R. schwerinii* et *R. crepinii* créés par Stur. En effet, l'espèce *R. schwerinii* est présente en Sarre-Lorraine mais une mauvaise interprétation initiale du matériel type de Stur a entraîné de nombreuses confusions systématiques que j'ai essayées de clarifier par l'examen des matériels types et figurés des principaux auteurs ayant traité des espèces du genre *Renaultia*.

Toutes les formes qui ont été décrites postérieurement sous le nom de *Sphenopteris* (*Renaultia*) *schwerinii* ne sont pas conformes au type de l'espèce mais constituent un ensemble homogène qui doit être attribué à *R. crepinii* Stur. Par contre, les collections de Lille et du Saarbergwerke de Sarrebruck renferment des échantillons tout à fait proches de l'original de Stur que je décris sous l'intitulé *Sphenopteris schwerinii* (voir p. 358) étant donné malheureusement qu'il s'agit d'un matériel uniquement stérile.

L'analyse de l'historique de ces deux espèces permet de préciser comment, à mon avis, il faut interpréter les diverses citations et figurations.

- Stur a créé en 1883 (p. 43, pl. XLI, fig. 8, 8a) l'espèce *Hapalopteris schwerinii* à partir d'un échantillon fragmentaire que seul Gothan semble avoir pu étudier jusqu'ici. Ce matériel provient de Haute-Silésie, d'un niveau daté du Westphalien A supérieur ou B inférieur (pl. 30, fig. 2, 2ab).

- La première erreur d'identification a été commise par Zeiller qui, en 1899 (p. 16, pl. I, fig. 12, 12A), figure un spécimen partiellement fertile dont "la structure et la disposition" des fructifications "sont caractéristiques du genre *Renaultia*". Toutefois, Zeiller reconnaît que le limbe diffère un peu de celui du type de l'espèce *schwerinii* mais suggère que les divergences constatées sont liées à la position respective des spécimens dans la fronde. Cette explication me paraît inadmissible dans le cas présent tant la taille et le mode de division des divers éléments sont éloignés.

- En 1913, Gothan (p. 135, pl. 28, fig. 1, 2, 2ab ; pl. 29, fig. 2, 1 ?) détermine *Renaultia schwerinii* un certain nombre de spécimens après en avoir étudié le type que lui avait prêté Stur. J'ai retrouvé au Museum für Naturkunde de Berlin les originaux de la planche 28 de Gothan = ici pl. 30, fig. 5, 6, ils ne correspondent pas non plus au type de l'espèce *schwerinii* mais sont par contre tout à fait comparables au spécimen décrit par Zeiller. Je n'ai pu observer l'échantillon de la figure 2, pl. 29 mais il ne me paraît pas différent des autres, de même que les spécimens que Gothan figure quelques années plus tard (1941, pl. 60, fig. 2, 3 ; pl. 66, fig. 1, 2).

- Les déterminations de Kidston (1923, p. 131) de l'espèce *schwerinii* sont le résultat d'échanges de matériel avec Gothan. Kidston émet bien quelques réserves sur l'identité des figurations de son collègue avec le type de Stur mais admet tout de même l'exactitude de l'attribution spécifique. De ce fait, les illustrations proposées par Kidston (pl. XLVIII) ne correspondent pas non plus à l'espèce *schwerinii*, mais elles sont bien sûr très proches de celles de Gothan.

- En 1913, Gothan considère en outre les figurations d'*Hapalopteris schuetzei* Stur (1885, pl. XLI, fig. 3, 4) comme synonymes de ce qu'il appelle *Renaultia schwerinii*. Je partage tout à fait cette opinion et serais tentée d'élargir cette identité aux figures 1 et 2 de la même planche, malheureusement je n'ai pu observer le matériel correspondant.

- Etant donné la médiocrité de l'état de conservation du type de l'espèce *schwerinii* et compte tenu de la synonymie précédente admise par Gothan, il est tout à fait compréhensible que les auteurs suivants se soient préférentiellement reportés aux figurations de Stur concernant l'espèce *schuetzei* et à celles de Gothan du prétendu *schwerinii*. Mais de ce fait, toutes les déterminations postérieures s'avèrent mal fondées. C'est le cas en particulier de celles de Danzé (1956, p. 186, pl. XXVIII-XXIX) et de Stopa (1957, p. 68, pl. XXII, fig. 1-4) qui décrivent sous le nom de *schwerinii* un matériel très différent du type de Stur.

- J'ai pu retrouver dans les collections du Geologische Bundesanstalt de Vienne le matériel original de l'espèce *Haplopteris crepinii* Stur. La comparaison de ces échantillons avec les diverses figurations évoquées ci-dessus me conduisent à penser qu'il n'existe pas de différence fondamentale :

- . d'une part entre les espèces *crepinii* et *schuetzei* créées par Stur,
- . d'autre part entre ces deux espèces et toutes les formes décrites par les auteurs postérieurs sous le nom de *schwerinii*.

Nos collections renferment en outre un matériel stérile déterminé "*Renaultia schwerinii*" provenant de Tchécoslovaquie, présentant divers degrés de différenciation et il suffit de comparer les figures 1-3 de la planche 31 aux illustrations de Stur pour se rendre compte :

- . qu'il est bien conforme au matériel original d'*Haplopteris schuetzei* (= *Hap. crepinii*) (pl. XLI, fig. 1, 1a, 2-4, 5, 5a, 6),
- . mais diffère nettement du type d'*Hap. schwerinii* (pl. XLI, fig. 8, 8a).

Les extrémités des pennes présentent l'aspect indenté et sinueux caractéristique de l'espèce *crepinii*, les pinnules plus différenciées portent des lobes mousses comparables à ceux des échantillons figurés par Gothan (1913, pl. 28, fig. 1, 2, 2ab) ou Kidston (1923, pl. XLVIII). La détermination manuscrite des échantillons tchèques est par conséquent erronée.

Les règles internationales de nomenclature précisent qu'il n'existe pas de priorité à respecter entre espèces créées dans une même publication. Je retiendrai pour l'ensemble des spécimens déterminés par erreur *schwerinii* le nom spécifique de *crepinii* qui a été plus fréquemment cité dans la littérature que son synonyme *schuetzei*.

L'attribution de l'espèce au genre *Renaultia* a été très vite déterminée par Zeiller (1899) ; elle a été confirmée par la description des fructifications proposée par Danzé (1956, p. 189).

Cette mise au point concernant *Renaultia crepinii* entraîne quelques synonymies. Ainsi les échantillons figurés par Kidston sous le nom de *Renaultia gracilis* (1923, pl. LXXIX) correspondent parfaitement par la taille et la forme de leurs pinnules au type de *Renaultia crepinii* (pl. 30, fig. 4).

De même le *Sphenopteris lanarkiana* Kidston (1923, p. 120, pl. XXVII, fig. 4, 4ab ; pl. XXVIII, fig. 1, 1ac = ici pl. 30, fig. 7, 7a) ne diffère en rien des figurations de Zeiller ou Gothan et provient en outre de niveaux de même âge. J'ai d'ailleurs été confortée dans cette opinion par l'étude d'un échantillon conservé à Berlin, malheureusement non répertorié, de même origine que les originaux de Gothan et dont l'état de différenciation est identique aux figurations de Kidston.

Je pense aussi que le spécimen décrit par Gothan (1941, pl. 59, fig. 1) sous le nom de *Sphenopteris* (? *Sphyropteris*) cf. *obliqua* est comparable à celui qu'il figure en 1913 (pl. 29, fig. 2) et doit être considéré comme synonyme de *Renaultia crepinii*.

Il en est de même de l'espèce *lavoitii* créée par Stockmans et Willièrè (1953, p. 213, pl. XXX, fig. 1-3a ; pl. XXXIV, fig. 4 ; pl. XLV, fig. 7, 7a) et que Danzé considère à juste titre comme synonyme de son matériel.

RENAULTIA CREPINII (Stur)

Planches 30-31

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Stur 1885, pl. XLI, fig. 5 repris ici en 1, 1ab, pl. 30
- . Origine : Belgique, Charbonnière du Midi du Flènu, fosse Manche d'Apprende, Westphalien C
- . Collection : Geologische Bundesanstalt de Vienne

- v. 1883 *Hapalopteris Crépini* Stur, p. 54, pl. XLI, fig. 5, 5a, 6
- 1883 *Hapalopteris Schützei* Stur, p. 56, pl. XLI, fig. 1, 1a, 2-4
- 1899 *Sphenopteris (Renaultia) Schwerini*, Zeiller, p. 16, pl. I, fig. 12, 12A
- 1903 *Sphenopteris Goepperti* Potonié, Lief. I, n° 3
- v. 1913 *Renaultia Schwerini*, Gothan, p. 135, pl. 28, fig. 1, 2, 2ab ; pl. 29, fig. 2 (non v.)
- v. 1923 *Sphenopteris Schwerini*, Kidston, p. 131, pl. XLVIII
- 1923 *Sphenopteris (Renaultia) Schwerini*, Gothan in Gürich, p. 46, pl. 10a, fig. 1, 3
- v. 1923 *Renaultia Crépini*, Kidston, p. 320, pl. LXXX, fig. 7, 7a
- v. 1923 *Renaultia gracilis*, Kidston, p. 310, pl. LXXIX, fig. 1-5
- v. 1923 *Sphenopteris Lanarkiana* Kidston, p. 120, pl. XXVII, fig. 4, 4a ; pl. XXVIII, fig. 1, 1a-c
- 1941 *Sphenopteris (? Renaultia) schwerini*, Gothan, p. 28, pl. 60, fig. 2, 3 ; pl. 66, fig. 1
- v. 1941 *Sphenopteris (? Sphenopteris) cf. obliqua*, Gothan, pl. 59, fig. 1
- 1953 *Sphenopteris Lavoitii* Stockmans et Willièrè, p. 213, pl. XXX, fig. 4, 5 ; pl. XXXIV, fig. 4-5a ; pl. XLV, fig. 7, 7a
- v. 1956 *Renaultia Schwerini*, Danzé, p. 186, pl. XXVIII-XXIX
- v. 1956 *Renaultia Crépini*, Danzé, p. 207, pl. XXXIII, fig. 3, 3a
- 1957 *Sphenopteris (? Renaultia) Schwerini*, Stopa, p. 68, pl. XXII, fig. 1-4
- ? 1966c *Sphenopteris schwerinii*. R.H. Wagner, p. 91, pl. 12, fig. 19, 20

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile gracie, aéré ; rachis ronds non décurrents, légèrement flexueux ; rachis de dernier ordre fortement ailés ;
pennes triangulaires courtes contiguës ou très légèrement recouvrantes pour un ordre antérieur ou égal à n-1 ;
pinnules anguleuses constituées de lobes échancrés à sommet mousse ; priorité de différenciation correspondant à l'apparition de la 3ème paire de lobes ; intensité et degré de division identique des deux côtés de la pinnule ; incision des lobes basaux contemporaine de l'apparition du 4ème lobe catadrome ;
nervation fine ; nervure principale sinueuse, très légèrement décurrente envoyant une nervule simple vers chaque lobe.
- Feuillage fertile : identique au feuillage stérile ; fructifications composées de sporanges libres, isolés ou réunis en petits groupes de 2 à 4 à l'extrémité des nervures secondaires ;
spores de type *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp dont le diamètre est compris entre 16 et 19 µ.

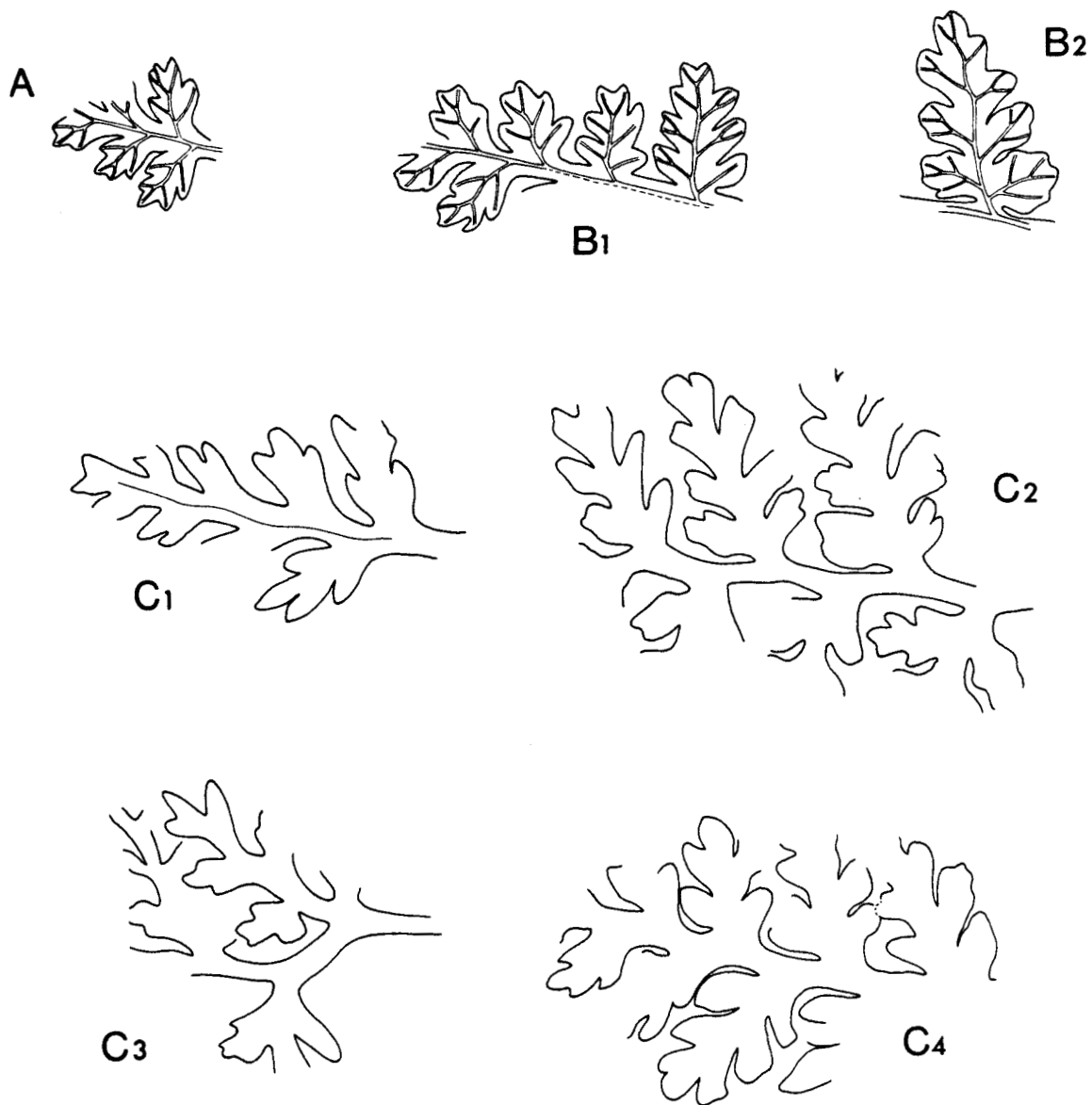
Description :

L'espèce non représentée dans le bassin sarro-lorrain n'a pu être décrite. Je renvoie le lecteur à la texte-fig. 36 réalisée à partir du lectotype et du matériel tchèque pour suivre les premières étapes de la différenciation limbairé. On trouvera dans le travail de Danzé (1956, p. 208) une description assez complète de l'espèce et dans le chapitre consacré à *Sphenopteris schwerinii* (Stur) (voir p. 358) l'essentiel des caractères qui différencient cette dernière de *Renaultia crepini*.

Remarque :

L'extension stratigraphique de *Renaultia crepini* apparaît relativement vaste puisque les différents échantillons cités dans la liste de synonymie proviennent des niveaux allant du Namurien C (couches de Ruda - Stopa, 1957) au Westphalien C (limite supérieure du faisceau d'Ernestine - Danzé, 1956).

Elle constitue une entité systématique très homogène dont la répartition géographique et stratigraphique peut être très vaste ; elle semble particulièrement fréquente en Tchécoslovaquie et en Pologne.



2 mm

Texte-fig. 36 - Morphologie du limbe stérile de *Renaultia crepinii* (Stur).

A - Extrémité de penne dessinée d'après un fragment conservé sur le lectotype (Stur, 1885, pl. XLI, fig. 5) mais non figuré par Stur. Il est représenté ici en 1, pl. 30.

B1-B2 - Extrémité de penne et pinnule évoluée (ou petite penne) dessinée d'après l'échantillon de *Sphenopteris lanarckiana* Kidston figuré par l'auteur de l'espèce en 1923, pl. XXVIII, fig. 1, la-c, repris ici en 7, pl. 30.

C1-C4 - Fragments au limbe plus ou moins fourni dessinés d'après des échantillons tchèques conservés dans nos collections déterminés *Sphenopteris schwerinii* (Stur), figurés en 1-3, pl. 31.



RENAULTIA CHAEROPHYLLOIDES (Brongniart)

Planches 32-35

Holotype :

- . Echantillon figuré par Brongniart 1828, pl. CXXV, fig. 1, 2, repris ici en 1, lab, pl. 32
- . Origine : France, mines d'*Alaia*, département du Gard
- . Collection : Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris

- v. 1828 *Pecopteris chaerophylloides* Brongniart, p. 357, pl. CXXV, fig. 1, 2
- 1828 *Pecopteris cristata* Brongniart, p. 356, pl. CXXV, fig. 4, 5 ?
- 1838 *Sphenopteris chaerophylloides*, Presl in Sternberg, p. 131
- 1883 *Renaultia chaerophylloides*, Zeiller, p. 185, pl. 9, fig. 16, 17
- 1883 *Hapalopteris typica* Stur, p. 660, texte-fig. 8
- v. 1885 *Hapalopteris typica*, Stur, p. 46, pl. XLII, fig. 3, 3a, 4 ; texte-fig. 8
- v. 1886-88 *Sphenopteris (Renaultia) chaerophylloides*, Zeiller, p. 90, pl. XI, fig. 1, 2
- 1906 *Ovopteris cristata forma typica* Landeskroener in H. Potonié, n° 62, p. 1-5, fig. 1
- 1910 *Sphenopteris (Renaultia) chaerophylloides*, Renier, pl. 62
- v. 1923 *Renaultia chaerophylloides*, Kidston, p. 315, pl. LXXVIII, fig. 3, 3ab, 4, 4a
- v. 1956 *Renaultia chaerophylloides*, Danzé, p. 194, pl. XXX-XXXI ; texte-fig. 12
- 1956 *Sphenopteris magnifica* Danzé, p. 389, pl. LXII, fig. 4, 4a
- v. 1956 *Renaultia acutiloba* Danzé (pars), p. 222, pl. XXXV, fig. 2, 2a, 3, 3a, 4, 5, 5a, non 1
- ? v. 1956 *Sphenopteris dissymetrica* Danzé, p. 406, pl. LXV, fig. 7, 7a
- 1957 *Sphenopteris (Renaultia) chaerophylloides*, Guthörl, pl. 4, fig. 3a, b
- 1971 *Sphenopteris chaerophylloides*, R.H. Wagner, p. 485, pl. 10, fig. 2, 2a
- 1975 *Sphenopteris cristata*, Knight, p. 284, pl. 20, fig. 1, 1a, 2, 2a ; texte-fig. 10
- 1977 *Sphenopteris (Renaultia) chaerophylloides*, Alvarez Ramis, p. 145, pl. I, fig. 8, 8a
- v. 1978 *Sphenopteris (Renaultia) chaerophylloides*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 6, pl. 2, fig. 4, 5 ; texte-fig. 6
- v. 1978 *Sphenopteris dissymetrica*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 18, pl. 8, fig. 6
- v. 1978 *Sphenopteris wagneri*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 15, pl. 7, fig. 4

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile gracile ; rachis ronds, non décurrents, faisant entre eux des angles variant de 70 à 90°, recouverts d'une fine striation longitudinale ; pennes d'ordres $n-1$ à bords parallèles sur les 2/3 de leur longueur, s'effilant vers leur sommet ; pinnules évoluées d'assez grande taille (9 mm) souvent dissymétriques avec un lobe basal catadrome moins développé et moins indenté que son équivalent anadrome ; lobes eux-mêmes indentés avant le passage de la pinnule au rang de penne, la première division du lobe basal anadrome se produisant lors de l'apparition apicale du 3ème lobe anadrome ; croissance en longueur de la pinnule prédominante ; dissymétrie due au retard de division du côté catadrome ne concernant que les lobes basaux, mais pinnule basale catadrome des pennes d'ordre n toujours plus ou moins avortée ; grande variabilité morphologique avec des formes au limbe plus indenté (lobes très séparés et acuminés) ou au contraire avec des lobes apparaissant arrondis ; nervation fine mais bien visible : nervure principale peu décurrente, souvent ondulée émettant vers chaque lobe des ramifications dont la première est toujours catadrome ; nervures secondaires émettant une nervule vers chaque indentation.
- Fructification de type *Renaultia* = sporanges nus, dépourvus d'anneau, insérés sur les nervules un peu avant leur extrémité, isolés ou groupés par 2 ou 3 ; spores de type *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp dont la taille varie de 15 à 23 μ .

Description :

Renaultia chaerophylloides est une espèce très fréquente dans le bassin houiller sarro-lorrain ; son feuillage étant très délicat, on n'en a jamais que de petits fragments. L'abondance du matériel a permis cependant de reconstituer le mode de différenciation du limbe et de mettre en évidence ses différents aspects en fonction de l'accroissement du degré de division. En outre, l'observation d'un grand nombre de spécimens a révélé que l'état de conservation pouvait être responsable de variations dans l'allure du feuillage en particulier lorsque les indentations demeurent englobées dans le schiste. Quelques spécimens fertiles dépourvus de matière charbonneuse montrent une organisation des fructifications typique du genre *Renaultia*. Les prélèvements *in situ* sur le matériel sarro-lorrain se sont révélés infructueux. J'ai par contre obtenu de bons résultats à partir de l'échantillon décrit par Stur sous le nom d'*Hapalopteris typica* (1885, pl. XLII, fig. 4) me permettant de préciser pour la première fois le type des spores de cette espèce.

1) Organisation de la fronde :

Les plus grands spécimens sarro-lorrains, comme ceux figurés par les auteurs précédents, correspondent toujours à des fragments de penes d'ordre n-2, la fronde est donc au moins tripinnatifide et de construction catadrome.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Ronds, non décurrents, ils font entre eux des angles variant de 70 à 90° et sont couverts d'une très fine striation longitudinale. Les rachis de dernier ordre sont généralement ailés du fait de la décurrence du bord catadrome des pinnules. Ils le sont particulièrement lorsqu'il s'agit d'extrémités de penes (texte-fig. 37C). Il n'est pas rare d'observer qu'un rachis n-1 soit rond à sa base là où il porte des penes de dernier ordre mais qu'il soit ailé à son sommet, là où les éléments ultimes sont des pinnules plus ou moins évoluées.

Aucune aphilébie n'a été observée à la base des rachis.

b.- pennes :

Les penes de dernier ordre ou d'ordre n-1 sont lancéolées. Elles conservent une largeur à peu près constante sur les 2/3 environ de leur longueur puis se rétrécissent progressivement vers leur sommet. Leurs divers aspects selon le stade de différenciation du limbe sont présentés sur la texte-fig. 37. On remarquera que la première pinnule basale catadrome est toujours plus réduite que son équivalente anadrome et qu'elle présente un degré de division moindre. Cette dissymétrie semble disparaître au niveau des penes n-1.

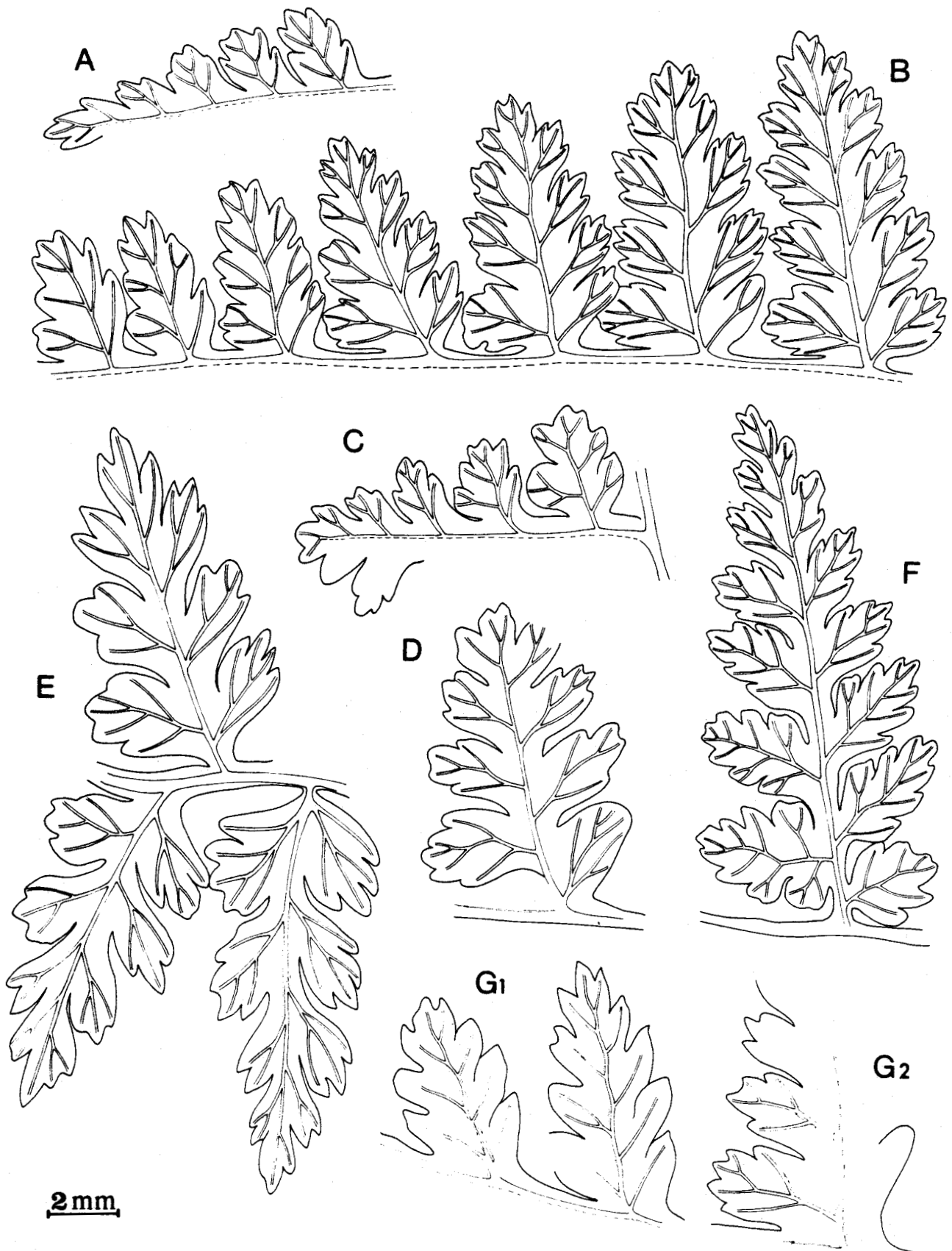
c.- pinnules :

Leur mode de différenciation est illustré par la texte-fig. 37A, C, G dont les dessins réalisés d'après les échantillons figurés pl. 32, 33 montrent tous les stades de transition de la pinnule peu évoluée à la penna de dernier ordre.

La pinnule à peine différenciée (ou lobe très évolué) (texte-fig. 37A) est triangulaire, inclinée sur le rachis et attachée par toute sa base. Un premier lobe s'individualise côté catadrome, les suivants se différencient alternativement par rapport à la nervure médiane. Quand apparaît le 3ème lobe anadrome, une première incision s'effectue au niveau du lobe basal anadrome (texte-fig. 37B). Les autres lobes se divisent ensuite à leur tour, mais on constate un léger décalage entre côté anadrome et côté catadrome, la différenciation étant plus précoce du côté anadrome. Il en résulte une certaine asymétrie des pinnules. En même temps que s'individualisent les lobes, la pinnule se redresse par rapport au rachis et elle n'est plus attachée par toute sa base. Le bord anadrome est à peine rétréci alors que le bord catadrome est au contraire contracté puis décurrent le long du rachis (texte-fig. 37C, D, G). La taille moyenne d'une pinnule bien différenciée atteint 8-9 mm. Le passage au rang de penna de dernier ordre se manifeste par une très forte contraction du limbe au niveau de l'insertion sur le rachis, les lobes devenus de petites pinnules en sont aux stades de la texte-fig. 37A.

d.- variabilité de la morphologie limbaire :

L'aspect du limbe peut présenter quelques variations par rapport à ce schéma d'ensemble. L'un des spécimens figuré en l, la, pl. 33 se caractérise par un limbe aux indentations beaucoup plus marquées et des lobes acuminés dont la différenciation est toute-



Texte-fig. 37 - Différenciation limbaire et variabilité morphologique de *Renaulitia chaerophylloides* (Brongniart).

A - Extrémité de penne, d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 33

B - Passage de la pinnule évoluée à la penne de dernier ordre évoluée, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 34.

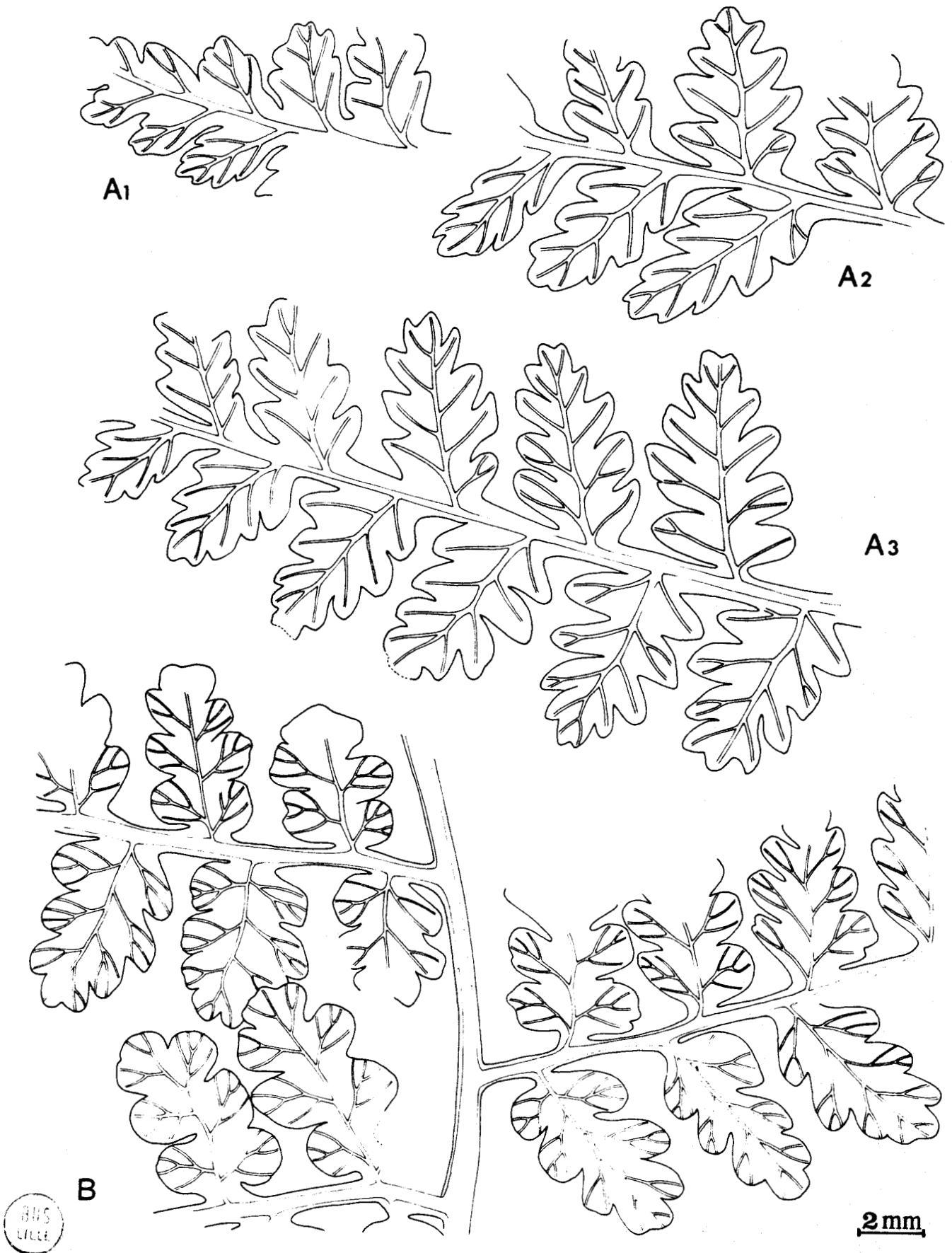
C - Extrémité de penne avec un rachis largement ailé, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 32.

D - Penne de dernier ordre très dissymétrique, d'après l'échantillon figuré en 4, pl. 34.

E - Morphe au limbe très échancré, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 33.

F - Morphe au limbe moins indenté, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 33.

G1-G2 - Quelques pinnules d'un spécimen dont la croissance apicale est nettement prédominante, d'après l'échantillon figuré en 5, pl. 33.



Texte-fig. 38 - Quelques aspects particuliers de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) lorsque les indentations du limbe restent englobées dans le schiste.

A1-A3 - d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 33.

B - d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 34.

fois identique à celle que j'ai décrite. Cet échantillon ressemble beaucoup à celui figuré par Danzé comme *Sphenopteris magnifica* nov. sp. dont je montrerai par la suite qu'il s'agit d'un synonyme de *R. chaerophylloides*.

Un autre fragment de penne n-1 (pl. 33, fig. 5, 5ab) montre aussi un aspect très particulier. La croissance en longueur des pinnules et pennes de dernier ordre est ici nettement supérieure à ce qu'elle est normalement. Aussi les différents éléments apparaissent-ils beaucoup plus étroits. Les indentations des lobes sont aussi plus ou moins englobées dans le schiste d'où leur allure arrondie. Les agrandissements (pl. 33, fig. 5ab) permettent de vérifier qu'il s'agit bien de *R. chaerophylloides*, la différenciation du limbe (texte-fig. 37G1, G2) est typique : légère asymétrie des pinnules que l'on observe au niveau des pennes de dernier ordre dont le premier élément basal catadrome est réduit.

Certains spécimens enfin provenant du puits de *Petite Rosselle* sont aussi très intéressants. Les lobes semblent très arrondis (texte-fig. 38B), la conservation en relief accentuant encore cette impression (pl. 34, fig. 2, 3). En fait, les indentations du limbe sont enroulées dans le schiste et on voit nettement sur le fragment de penne n-1 figuré en 3a, pl. 34, que les pinnules sommitales sont typiques de *R. chaerophylloides* alors que celles de base portent des lobes largement arrondis.

Renaultia chaerophylloides présente donc une grande variabilité morphologique qui ne facilite pas toujours son identification.

e.- nervation :

Les nervures sont fines mais généralement bien visibles. La nervure principale peu décurrente est souvent zigzagante, sa première ramification toujours catadrome. Les nervures secondaires se divisent à leur tour pour envoyer une nervule jusqu'à l'extrémité de chacune des indentations.

3) Feuillage fertile :

Quelques échantillons conservés au Saarbergwerke de Sarrebruck montrent bien l'organisation des fructifications de type *Renaultia*.

Le limbe ne subit aucune modification lors de l'apparition des fructifications dont le sens de développement ne peut être défini (voir pl. 35). Les sporanges dépourvus d'anneau sont disposés sur le trajet des nervules un peu avant leur extrémité. Ils sont isolés ou réunis en petits groupes de 2 ou 3. La matière charbonneuse n'étant pas conservée, aucun des prélèvements effectués sur le matériel sarro-lorrain n'a donné de résultats. Par contre j'avais prélevé quelques sporanges sur l'échantillon figuré par Stur (1885, pl. XLII, fig. 4) sous le nom d'*Hapalopteris typica* et conservé au Geologische Bundesanstalt de Vienne. Ils ont fourni des spores triangulaires, de petite taille : 15 à 23 μ , trilètes, dont l'ornementation observée au M.E.B. se compose de granules mousses. Elles s'apparentent au genre *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp dans la terminologie des spores dispersées.

Remarques et discussion :

Brongniart a créé en 1828 deux espèces *Pecopteris cristata* (p. 356, pl. CXXV, fig. 4, 5) et *Pecopteris chaerophylloides* (p. 357, pl. CXXV, fig. 1, 2) pour des échantillons provenant de Lorraine pour la première, du Gard et des environs de Manchester pour la seconde. Ces deux espèces ont souvent été citées dans la littérature et de nombreuses confusions résultent de la mauvaise utilisation du nom spécifique de *cristata*.

La découverte d'échantillons fertiles de l'espèce *chaerophylloides* a permis à Zeiller de créer le genre de fructification *Renaultia* (1883, p. 185, pl. 9, fig. 16, 17), ses figures sont toutefois schématiques. Un peu plus tard, il a admis l'identité d'*Hapalopteris* Stur et de *Renaultia*, et celle d'*Hapalopteris typica* et de *Renaultia chaerophylloides*. Les échantillons de Stur conservés au Geologische Bundesanstalt de Vienne sont effectivement conformes au type de Brongniart.

Par contre, Renault et Zeiller ont figuré (1888, p. 64, pl. 3, fig. 1, 1A, 2, 2AB) sous le nom de *Sphenopteris cristata* Brongniart deux échantillons ne correspondant pas du tout au type et pour lesquels Landeskroener (in H. Potonié 1906, lief. IV, n° 61) a créé l'espèce *Ovopteris pecopteroides*.

En outre, Landeskroener (*in* H. Potonié 1906, lief. IV, n° 62) considère que les deux espèces de Brongniart sont identiques. Mais il rassemble sous le nom d'*Ovopteris cristata* deux types de formes :

- une forme *typica* (= *Pecopteris cristata* Brongniart = *Pecopteris chaerophylloides* Brongniart) et
- une forme *goldenbergii* (= *Sphenopteris goldenbergii* Andrae).

En fait, pour ce qui concerne la forme *typica*, il attribue le nom d'*Ovopteris cristata* aux feuillages stériles et celui de *Renaultia* aux échantillons fertiles reprenant dans sa figure 1 les dessins proposés par Zeiller (1883, pl. 9, fig. 16, 17) pour *Renaultia chaerophylloides*.

Dans un travail récent, Knight (1975, p. 284) maintient l'espèce *Sphenopteris cristata* qu'il définit à partir des figurations originales de Brongniart. Il la considère comme très différente de *Renaultia chaerophylloides* tout en reconnaissant qu'avant le passage au rang de penne, le mode de développement des pinnules est comparable pour les deux formes. Voici ce qu'il retient comme critères de discrimination : "*Sphenopteris chaerophylloides* se caractérise par un limbe mince, très "étalé" mais disséqué alors que les pennes de *Sphenopteris cristata* sont massives, serrées et obtuses" (traduction de l'anglais). Je ne partage pas l'opinion de Knight et pense au contraire que ces deux espèces sont synonymes et correspondent simplement à des degrés différents de division du limbe. Quand on compare les figurations de Knight (pl. 20, fig. 1, 1a, 2, 2a) avec le type de *Renaultia chaerophylloides* refiguré ici en 1, pl. 32, on n'observe pas de différences majeures. *Renaultia chaerophylloides* est une espèce très polymorphe dont l'aspect du limbe est susceptible de beaucoup varier selon la position des fragments dans la fronde et l'état de conservation. Le terme de *cristata* au sens de Brongniart ne devrait plus être utilisé ; on lui a préféré celui de *chaerophylloides*.

Les échantillons décrits par Alvarez Ramis (1965, p. 20) sous le nom de *Sphenopteris cristata* ne correspondent pas à la figure originale de Brongniart (1828, pl. 125, fig. 4, 5). L'auteur signale en effet des éléments basaux catadromes plus grands et plus divisés que leurs équivalents anadromes or sur les dessins de Brongniart les éléments catadromes apparaissent au contraire plus ou moins atrophiés. La largeur du rachis de l'échantillon figuré en 1, pl. IX est aussi très importante. Je pense par conséquent, comme Alvarez Ramis, que ce matériel espagnol est effectivement différent de *Renaultia chaerophylloides* et qu'il se rapproche davantage des formes du groupe *Sph. mathetii* Zeiller. La qualité des figurations ne permet pas cependant de l'affirmer.

Le polymorphisme de *Renaultia chaerophylloides* a entraîné la création d'un certain nombre de taxons qui n'ont pas lieu de subsister :

- *Sphenopteris magnifica* Danzé :

Cette espèce créée par Danzé (1956, p. 389, pl. LXII, fig. 4, 4a) pour un fragment de penne d'avant-dernier ordre présente un aspect tout à fait identique à celui des échantillons figurés ici en 1, pl. 33 et 34. Le type de Danzé entre parfaitement dans l'échelle de variations de *Renaultia chaerophylloides*. On constatera d'ailleurs que ce spécimen provient exactement du même gisement qu'un certain nombre de fragments figurés par le même auteur sous le nom de *R. chaerophylloides*.

Toutefois, les échantillons figurés par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 10, fig. 3, 4, 5) sous le nom de *Sphenopteris magnifica* ne correspondent pas au spécimen décrit par Danzé et doivent être rapportés à *Sphenopteris schwerinii* (Stur), voir p. 358.

Le spécimen décrit par Langiaux (1982, pl. 1, fig. 3 ; texte-fig. 10) n'est pas plus conforme au matériel de Danzé et ne me paraît guère différent des échantillons que Langiaux figure sous les noms respectifs de *Sphenopteris cristata* Landeskroener (pl. 1, fig. 1 ; texte-fig. 8) et *Sphenopteris mathetii* Zeiller (pl. 6, fig. 1 ; texte-fig. 2).

- *Renaultia acutiloba* Danzé :

Danzé (1956, p. 222, pl. XXXV, fig. 1-5) a créé l'espèce *Renaultia acutiloba* pour cinq échantillons dont un fructifié. Ce matériel que j'ai réexaminé, outre qu'il ne constitue pas à mon avis un ensemble homogène, ne mérite pas non plus d'être isolé dans un nouveau taxon. En effet, quand on compare les diagnoses proposées par Danzé pour *R. acutiloba* (p. 222) et *R. chaerophylloides* (p. 194) on ne peut qu'être frappé de leur similitude aussi bien en ce qui concerne le limbe stérile -ontogénie des pinnules- que les fructifications. D'ailleurs Danzé est amené à comparer ces deux espèces (p. 226) et sa conclusion tient en deux phrases : "chez *R. chaerophylloides* les lobes basilaires anadromes sont rétrécis selon un contour arrondi et les pinnules sont assez fortement décurrentes. En outre, les lobes ne sont jamais franchement pointus comme ceux de *R. acutiloba*". En fait, un seul spécimen présente des lobes ef-

fectivement aigus (pl. XXXV, fig. 2, 2a). Mais il est tout à fait comparable aux échantillons figurés en 2a (extrémité) et 3a, pl. 35 dont l'appartenance à *R. chaerophylloides* ne fait aucun doute. (comparer avec la figure 4a représentant l'échantillon stérile à partir duquel Stur avait défini *Hapalopteris typica*).

Je pense aussi que les extrémités de pennes figurées par Danzé en 3 et 4 même planche doivent être rapportées à *R. chaerophylloides* tout comme le petit fragment des figures 5 et 5a dont je n'ai pu retrouver l'original.

Enfin, je partage tout à fait l'avis de P. Bertrand qui avait déterminé, à en juger par l'étiquette manuscrite collée au dos du spécimen, les deux pennes de la figure 1 comme *Sphenopteris douvillei* Zeiller.

- *Sphenopteris dissymetrica* Danzé :

Danzé (1956, p. 406, pl. LXV, fig. 7, 7a = ici pl. 34, fig. 6, 6a) crée aussi *Sphenopteris dissymetrica* considérant que l'échantillon figuré par Zeiller (1888, pl. XII, fig. 4) sous le nom de *Sphenopteris stipulata* Gutbier est mal déterminé. Les dessins originaux de Gutbier (1835, pl. IV, fig. 10, 10a-c) sont très schématiques et je n'ai pas pu retrouver les échantillons correspondants. Le très petit fragment de *Sph. dissymetrica* de Danzé est effectivement différent des spécimens qu'il figure comme *Sph. stipulata*. Mais il est très difficile de juger de la valeur spécifique de *Sph. dissymetrica*. Tout au moins peut-on dire qu'il est regrettable de créer une espèce sur un aussi petit fragment. La forme des pinnules ne me paraît pas foncièrement différente des agrandissements de Gutbier (pl. IV, fig. 10a, b) mais il est vrai que le schéma proposé par Danzé d'une pinnule évoluée (texte-fig. 41a, p. 407) ressemble beaucoup à ce que l'on observe chez *Renaultia chaerophylloides* (comparer avec la texte-fig. 37).

Quoi qu'il en soit, je pense qu'au moins l'un des deux spécimens déterminés par Alvarez Ramis et al. comme *Sphenopteris dissymetrica* (1978, p. 18, pl. 8, fig. 6, 7) doit être rapporté à *Renaultia chaerophylloides*. L'échantillon de la figure 6 que j'ai pu observer au Saarbergwerke de Sarrebruck présente des pinnules tout à fait caractéristiques de l'espèce de Brongniart par leur taille, leur forme et leurs lobes acuminés. Quant au spécimen de la figure 7 il est ici décrit sous le nom de *Discopteris danzei* nov. sp. (voir p. 288).

- *Sphenopteris wagneri* Alvarez Ramis :

Dans le même travail, Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 7, fig. 4) représentent un fragment de penne d'avant-dernier ordre qu'ils rapportent à *Sphenopteris wagneri*. Ce spécimen à mon avis n'est pas conforme au type d'Alvarez Ramis. A l'observation il m'est apparu beaucoup plus proche des échantillons de *Renaultia chaerophylloides* figurés ici en 5, 5a, pl. 32 ou en 3a, pl. 34. Si les lobes semblent plus arrondis, il ne s'agit là que d'un artefact dû à la conservation = les indentations du limbe sont en partie englobées dans le schiste. Il est donc préférable de rapporter ce spécimen à l'espèce de Brongniart.

Par contre, la morphologie des spécimens attribués par Vetter (1968, pl. XXXIX, fig. 1, 2, 5) à *R. chaerophylloides* est différente de celle que j'ai décrite pour cette espèce.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :

- Sondage de Marienau 4 à 892,10 m, entre les veines G et F, 1/3 supérieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433167).

- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :

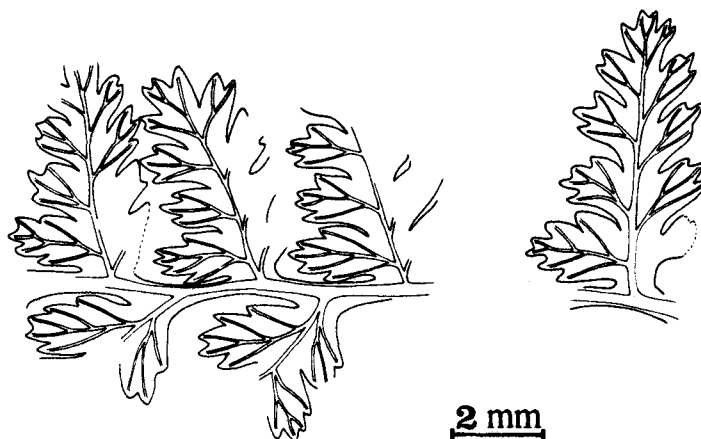
- Siège de Ste-Fontaine, veine I, sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433170-433180).

- Autres gisements :

- Sondage du Champ de tir à 1284,65 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433166).
- Puits de Cuvelette, veine 9, sous T200, 1/2 inférieure du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433190-433193).

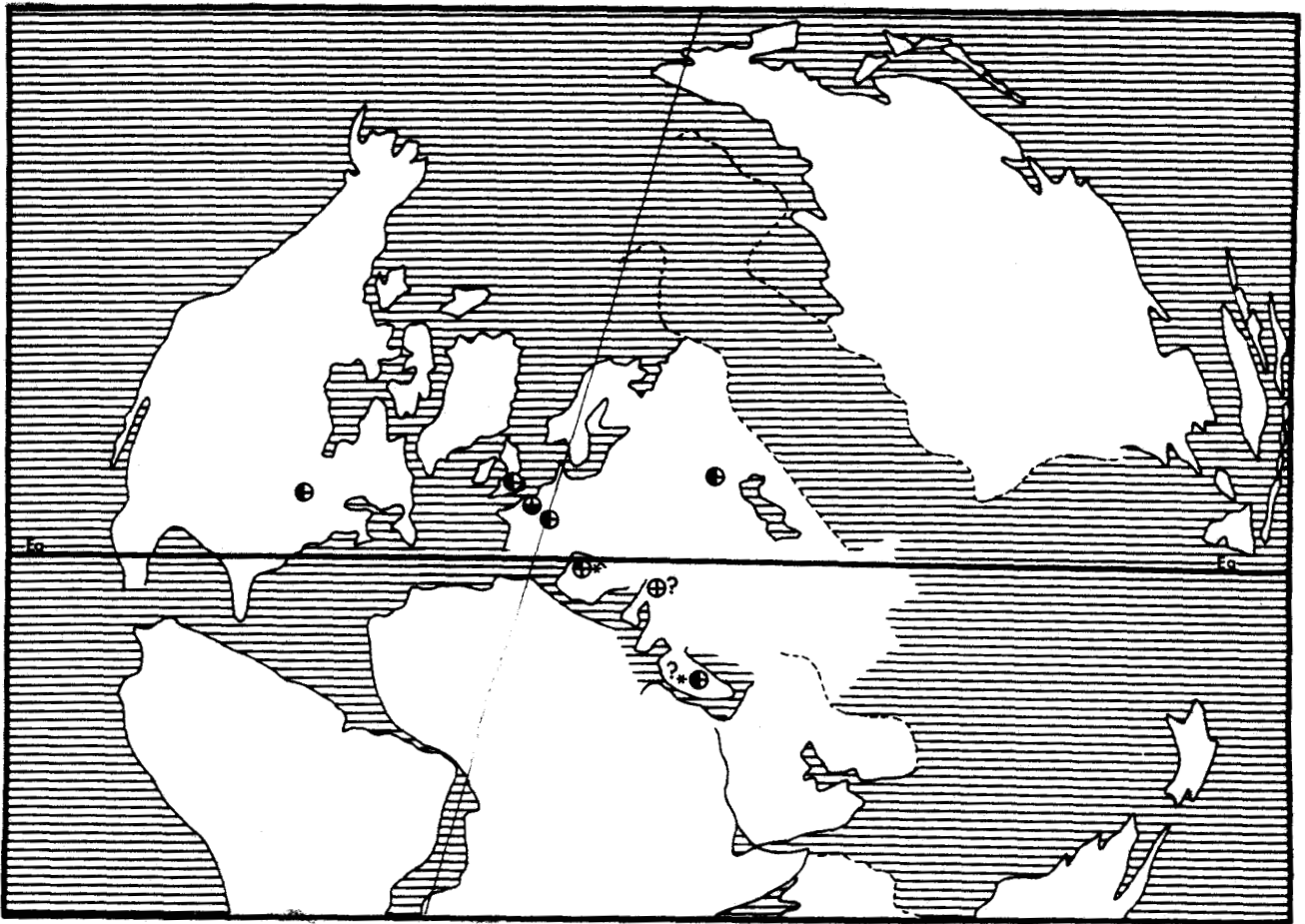
- Groupe de *Frankenholz*, couches de Sulzbach, Westphalien C (Coll. Haas n° 397 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433208 ; Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/7284, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 8, fig. 6).
- Groupe de *Friedrichstahl*, veine 13, juste sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Gargan 1* à 697,80 m, 1/2 inférieure du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433169).
- Groupe d'*Hélène*, veine II R, sous T200, sommet du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, dont n° C/4302 et n° C/2740, éch. figurés par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 2, fig. 5 ; pl. 7, fig. 4).
- Groupe d'*Hélène*, veine 7 des couches de Sulzbach, au-dessus de T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Hombourg 2/6* à 742,20 et 818,60 m, pour information T300 à 884,20 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433164-433165).
- Groupe de *König*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe de *Mellin*, sans autre précision (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433198).
- Siège de *Merlebach*, veine 8, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433196).
- Terris de *Merlebach*, sans autre précision (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433194-433195).
- Siège de *Petite-Rosselle*, sans autre précision (Coll. Haas n° 358, 360-369, 397 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433181-433189 ; 433206-433207).
- Sondage de *Ste-Fontaine 2* à 547,30 et 799,42 m, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle et stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433151-433152).
- Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 712,56 et 712,57 m, 1/2 inférieure du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433153-433154).
- Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 765,40 ; 765,41 ; 925,88 ; 1055,50 m, 1/2 inférieure du stérile de Geisheck et 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433155-433158).
- Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 748,40 ; 879,20 ; 972,65 ; 972,66 m, pour information T300 à 979,67 m, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck à 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433159-433162).
- Sondage de *Ste-Fontaine 6* à 906,10 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433163).
- Puits de *Wendel*, veine Henri, sommet du faisceau de Petite-Rosselle, extrême base du Westphalien D (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433209).

L'espèce *Renaultia chaerophylloides* est donc abondante dans le bassin houiller sarro-lorrain, essentiellement caractéristique du Westphalien C ; sa répartition commence légèrement sous le T300 et se termine au sommet du Westphalien D inférieur.



Texte-fig. 39 - Quelques aspects de la morphologie limbale de l'échantillon considéré comme une forme affine de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) et figuré en l, la, pl. 36.

Répartition générale :



Texte-fig. 40 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart).

SPHENOPTERIS (RENAULTIA?) sp. aff. *CHAEROPHYLLOIDES* (Brongniart)

Planche 36, fig. 1

Nos collections renferment un échantillon portant sur chacune de ses faces deux fragments de pennes stériles. L'un d'entre eux répond parfaitement à la définition de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart), l'autre présente un aspect assez particulier qui ne permet pas de l'attribuer avec certitude à cette espèce ; il m'a paru intéressant de le figurer.

Je n'en donnerai pas une description détaillée renvoyant le lecteur à la texte-fig. 39 qui résume les premières étapes de la différenciation limbair et montre quelle est l'allure des pennes de dernier ordre. J'insisterai davantage sur l'aspect comparatif de l'étude en développant les points essentiels qui différencient cet échantillon des espèces sphénoptériennes les plus proches : *Renaultia lebachensis* (Weiss) (= *Sphenopteris sarana* Weiss) et *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart).



J'avais envisagé pendant un moment de le rapprocher de *Renaultia lebachensis* qui, lorsqu'on a affaire à des fragments situés en extrémités de frondes, présente des pinnules au limbe très indenté se différenciant à peu près selon le même processus (voir texte-fig. 47). Mais le feuillage de *R. lebachensis* est beaucoup plus opulent, les rachis équivalents sont plus robustes et surtout les segments basaux catadromes montrent une hypertrophie et une bipartition très nettes qui n'existent pas sur notre échantillon.

Celui-ci se distingue aussi des formes habituelles de *Renaultia chaerophylloides* par la plus petite taille de ses pinnules et l'aspect très échancré de son limbe. Les lobes très aigus sont fortement séparés les uns des autres et le bord catadrome des pinnules a souvent tendance à se rebrousser vers le rachis d'ordre antérieur. Il est fréquent aussi que le sommet du lobe basal catadrome corresponde au maximum de longueur de la pinnule. Je n'ai jamais observé ces deux derniers caractères chez *R. chaerophylloides*. Mais la souplesse des rachis très étroits et l'aspect général du feuillage correspondent davantage à cette espèce qu'à *R. lebachensis*.

Les données stratigraphiques semblent d'ailleurs abonder dans le même sens. L'échantillon provient du sondage des *Chevreuils* où il a été récolté à 929,15 m soit tout à fait à la base du stérile de Geisheck (= Westphalien C supérieur). Or la répartition stratigraphique de *R. chaerophylloides* débute dans le Westphalien C inférieur pour se terminer à la base du Westphalien D alors que celle de *R. lebachensis* semble limitée au seul Stéphanien.

Il n'est donc pas exclu que cet échantillon représente une forme extrême de l'échelle des variations morphologiques de *R. chaerophylloides* mais il est un peu trop fragmentaire pour qu'on puisse se prononcer définitivement.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Un seul échantillon provenant du sondage des *Chevreuils* où il a été récolté à 929,15 m, extrême base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433601).

RENAULTIA GERMANICA (Potonié)

Planche 36, fig. 2

Néotype*

- . Echantillon figuré par Kidston 1923, pl. LXXI, fig. 1, la
- . Origine : Ecosse, *Ellismuir*, Lanarkshire, Kiltongue Coal, Lanarkian series = Westphalien A
- . Collection : Institute of Geological Sciences de Londres.

1890 *Hymenophyllites (Sphenopteris) germanica* H. Potonié, p. 23, pl. IV, fig. la-c

1923 *Renaultia germanica*, Kidston, p. 324, pl. LXXXI, fig. 1, la

? 1941 *Sphenopteris (Renaultia) cf. germanica*, Gothan, p. 31, pl. 62, fig. 1

A l'origine, H. Potonié (1890, p. 23) avait placé l'espèce *germanica* dans le genre *Hymenophyllites*, les sporanges étant situés à l'extrémité des éléments limbaires ultimes comme chez les *Hymenophyllaceae* actuelles. Mais Kidston (1923) rejette cette proposition car les sporanges qu'il observe sur le matériel anglais sont dépourvus d'anneau. Il décide d'attribuer l'espèce au genre *Renaultia* estimant que la structure des sporanges correspond à celle des autres *Renaultia* et ceci en dépit du fait que le limbe des pinnules fertiles soit très

* Le choix de ce néotype n'est guère satisfaisant (v. note infrapaginale p. 71) mais constitue une solution d'attente jusqu'à ce que le matériel de H. Potonié soit retrouvé.

réduit ou même inexistant. N'ayant pu observer le matériel de H. Potonié mais ayant retrouvé l'échantillon fertile figuré par Kidston, je me suis rangée à l'avis de ce dernier et j'ai attribué l'espèce au genre *Renaultia* sous toutes réserves.

Diagnose :

Kidston (1923, p. 234) donne une description plus concise que celle de H. Potonié ; j'en reprendrai les éléments essentiels, le matériel sarro-lorrain étant trop insuffisant pour permettre l'établissement d'une diagnose.

"Fronde quadripinnatifide ; rachis principal légèrement flexueux, lisse ; penes alternes, subdeltoïdes, insérées presque perpendiculairement aux rachis, contiguës ou légèrement espacées ; pinnules fertiles, petites, les basales alternes, longues de 2 mm et portant 2 paires de segments filiformes alternes, bien séparés, le lobe apical étant bifide ; pinnules sommitales bifides ou simples selon leur position ; sporanges petits, ovales, sans anneau, généralement disposés en petits groupes de 4 ou 5 au sommet des éléments limbaires ultimes, diamètre maximal : 0,3 mm ; paroi sporangiale constituée de petites cellules plus longues que larges ; plante inconnue à l'état stérile" (traduction de l'anglais).

Remarque :

J'ai effectué un prélèvement sur un spécimen de la collection Kidston déterminé *Renaultia germanica* (pl. 36, fig. 2). Il a fourni des spores trilètes, subtriangulaires à exine lisse ou infraoperculée dont le diamètre varie de 27 à 33 μ et s'apparentant par conséquent au genre *Letotrilletes* (Naumova) Potonié et Kremp de la terminologie des spores dispersées (pl. 36, fig. 2a-c).

Nos collections renferment un tout petit fragment stérile que je rapporte, avec doute, à *Renaultia germanica*.

RENAULTIA GERMANICA ? (Potonié)

Planche 36, fig. 3

Description :

L'échantillon représente un fragment de penne d'ordre n-1 de très petite taille dont le rachis principal mesure à peine 0,3 mm en largeur. Les rachis ronds sont très flexueux et apparemment dépourvus d'ornementation. Les pinnules sont constituées de segments filiformes. Compte tenu de la petite taille du spécimen il n'a pas été possible de reconstituer les étapes de la différenciation limbale. Les pinnules évoluées sont constituées de 2 paires de segments effilés, alternes, très écartés de l'axe principal de la pinnule. La nervation n'est pas visible.

Remarques et discussion :

J'ai rapproché ce spécimen de l'échantillon figuré par Kidston sous le nom de *Renaultia germanica* (pl. LXXXI, fig. 1, 1a) en raison :

- de la taille comparable des rachis de même ordre ;
- de l'allure très flexueuse des rachis de dernier ordre ;
- de l'allure filiforme et digitée des pinnules.

Cette assimilation reste toutefois très douteuse puisque l'échantillon est stérile alors que le matériel de Kidston est entièrement fructifié.

Sphenopteris boehmischii Stur (1885, pl. XXXIX, fig. 5) se caractérise également par un limbe filiforme très digité mais chez cette espèce les divers segments ont une taille nettement supérieure (pl. 36, fig. 4, 4ab), les axes sont moins flexueux, les lobes relativement plus courts, moins décalés les uns par rapport aux autres et leur différenciation apparaît plus rapide.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

L'échantillon provient du sondage de *Hombourg 2/5* où il a été récolté à 877,79 et 877,80 m, soit dans un niveau situé au-dessous du T600 dans le faisceau de Rothell. Son âge est donc Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434351-434352).

RENAULTIA FOOTNERI (Marrat)

Planche 37

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Kidston 1923, pl. XXIV, fig. 1, lab, repris par Cleal 1981, pl. 5, fig. 3
 - . Origine : Angleterre, *Ravenhead, Ste-Hélène*, Lancashire, schistes associés au *Ravenhead Coal*, Westphalien A supérieur
 - . Collection : *Ravenhead, Merseyside County Museum, Liverpool.*
-
- 1872 *Sphenopteris Footneri* Marrat in Higgins, p. 101, pl. VIII, fig. 2, 3
 - 1889 *Sphenopteris Footneri*, Kidston, p. 406, pl. II, fig. 3, 3ab
 - 1907 *Sphenopteris rutaefolia*, Zalessky, p. 450, pl. XX, fig. 1, 1a ; pl. XXII, fig. 7, 7a, 9, 9a
 - ? 1914 cf. *Sphenopteris (Renaultia) gracilis*, Carpentier et Depape, p. 315, pl. IV, fig. 11 ; pl. V, fig. 3-5
 - v. 1923 *Sphenopteris Footneri*, Kidston, p. 117, pl. XXIV, fig. 1, lab, 2-6 ; pl. XXV, fig. 5
 - v. 1956 *Sphenopteris Footneri*, Danzé, p. 444, pl. LXXII, fig. 1-3 ; pl. LXXIV, fig. 1
 - 1977 *Sphenopteris footneri*, Alvarez Ramis, p. 145, pl. II, fig. 5, 5a, 6 ; pl. V, fig. 2
 - 1982 *Sphenopteris footneri*, Cleal, pl. 3, fig. 2 ; pl. 5, fig. 3, 4 (syntypes)

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis ronds, flexueux, non décurrents, faisant entre eux des angles variant de 70 à 85°, couverts d'une fine striation longitudinale et de quelques rares ponctuations ; aucun élément aphylléboïde ;
pennes légèrement recouvrantes ;
pinnules à peine différenciées (ou lobes) triangulaires, inclinées de 45° sur le rachis, à l'apex mousse ; première division catadrome et différenciation apicale alterne des lobes ; à l'apparition du 2ème lobe anadrome correspond une division des nervules irriguant les lobes basaux encore entiers ; leur incision coïncide avec la formation du 3ème lobe anadrome ; la pinnule jusque-là très décurrente se redresse, sa base se rétrécit ; elle présente son maximum de différenciation ; intensité de division identique des deux côtés de la pinnule mais limbe plus opulent côté anadrome ;

nervation large, très visible ; nervure principale zigzagante envoyant dans chaque lobe une nervule se divisant de façon à irriguer les diverses indentations du limbe.

- Feuillage fertile : identique au limbe stérile ; développement acroscopique des fructifications de type *Renaultia* : sporanges dépourvus d'anneau, situés à la face inférieure du limbe, isolés ou groupés par 2-4 à l'extrémité des ramifications nervuraires ;
spores inconnues.

Description :

Le bassin houiller sarro-lorrain a fourni quelques échantillons stériles dont le limbe me paraît conforme au lectotype de *R. footneri* Marrat figuré par Kidston (1923, pl. XXIV, fig. 1, lab). Jusqu'ici l'espèce était inconnue à l'état fertile. Un seul spécimen lorrain très fragmentaire porte quelques rares fructifications. Mais j'ai découvert dans nos collections un spécimen largement fertile provenant du Nord de la France. Son étude apporte donc de précieuses informations sur l'espèce et permet surtout d'en préciser la position générique : les fructifications se révélant typiques du genre *Renaultia*. Malheureusement les prélèvements sont restés infructueux comme c'est très souvent le cas pour le matériel du Nord de la France. Un échantillon stérile particulièrement bien conservé, non figuré par Danzé, montre un limbe beaucoup plus fourni que ceux des échantillons connus jusqu'ici. Il m'a paru intéressant de le décrire pour compléter notre connaissance de l'espèce.

1) Organisation de la fronde :

Cet échantillon du Nord de la France est aussi le plus grand dont nous disposions (pl. 37, fig. 2). Il porte plusieurs fragments de pennes d'ordre n-2 à des degrés de différenciation variés. Deux d'entre eux (A et B) devaient vraisemblablement être rattachés au même rachis (R) qui n'est malheureusement pas conservé sur toute sa longueur. Leur limbe est beaucoup moins opulent que celui du 3ème fragment (C) dont l'orientation est inversée par rapport aux précédents. On peut néanmoins affirmer que ces trois segments appartenaient à la même plante : les flèches sur la photographie signalent des segments au même stade de différenciation.

La fronde s'avère donc d'organisation au moins quadripinnatifide, sa construction est catadrome.

2) Feuillage stérile :

L'opulence du limbe varie énormément en fonction de la position des échantillons par rapport à l'ensemble de la fronde.

a.- rachis :

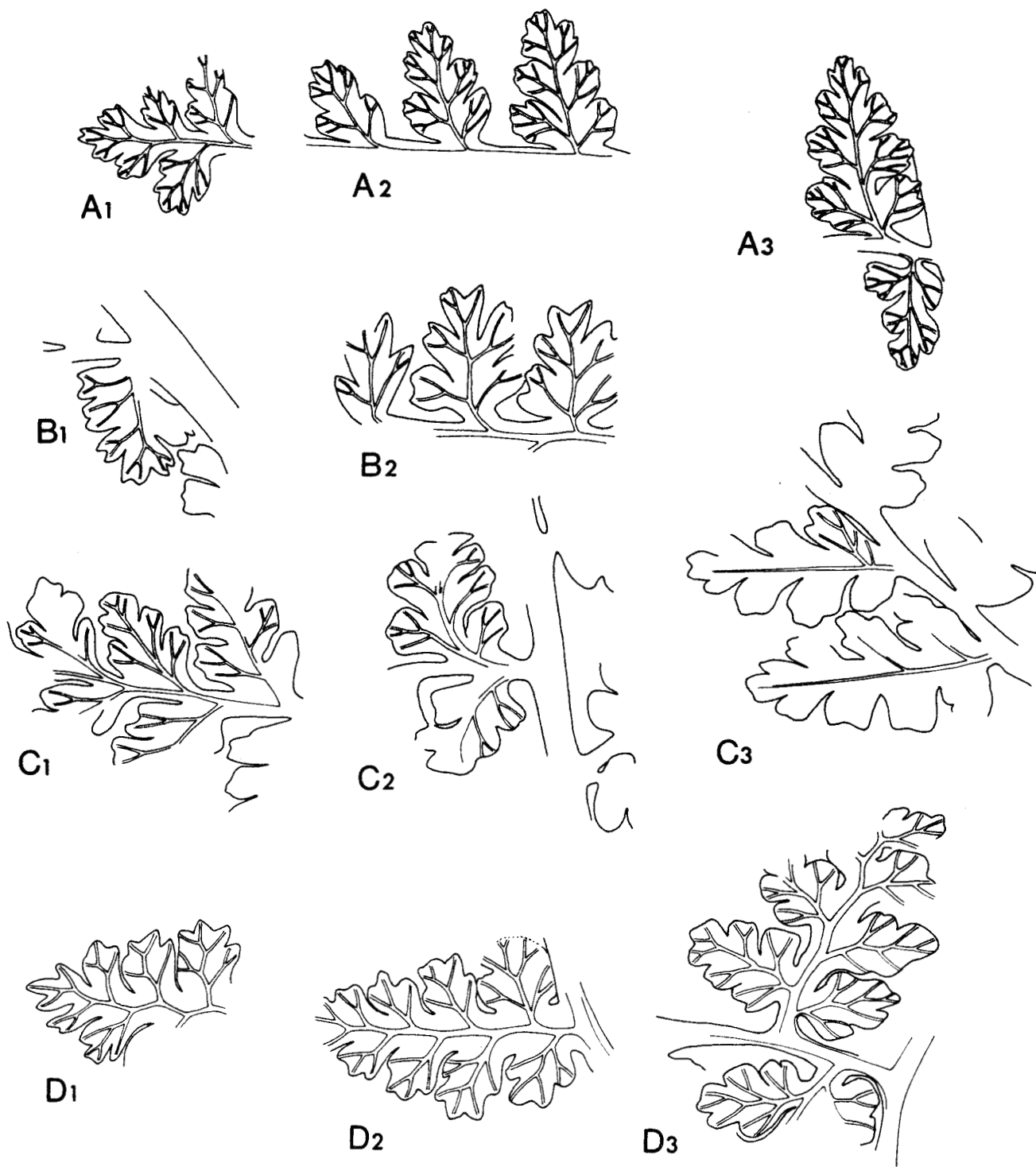
Ronds, flexueux et non décurrents, ils font entre eux des angles variant de 70 à 85° et sont couverts d'une fine striation longitudinale. Le rachis n-3 est marqué d'un "cordon" longitudinal et de quelques rares ponctuations. Les rachis de dernier ordre sont très largement ailés. Je n'ai pas observé d'aphlébies.

b.- pennes :

Aucune penne du matériel sarro-lorrain n'est conservée sur toute sa longueur. On constate un léger recouvrement des différents segments et il semble que les pennes basales catadromes soient un peu moins développées que leurs équivalentes anadromes.

c.- pinnules :

La texte-fig. 41 résume la façon dont se différencie le limbe. La pinnule à peine individualisée est triangulaire, inclinée sur le rachis (45° environ), son apex est mousse et son bord catadrome très décurrent. La différenciation est apicale avec individualisation alterne des lobes à dominance catadrome. Simultanément à la formation du 2ème lobe anadrome, les nervules irriguant les lobes basaux se dichotomisent alors que ceux-ci sont toujours entiers (texte-fig. 41, D3). L'incision des premiers éléments formés coïncide avec l'apparition de la 3ème paire de lobes. La pinnule a atteint son maximum de différenciation, elle est redressée sur le rachis, sa base s'est rétrécie considérablement. Les divisions présentent la même intensité des deux côtés des divers segments, seuls les éléments basaux catadromes montrent un léger retard de différenciation (texte-fig. 41, A2). Le limbe est aussi plus opulent côté anadrome.



2 mm

Texte-fig. 41 - Différenciation et morphologie limbaires de *Renaultia footneri* (Marrat).

A1-A3 - Fragments à des stades variés de différenciation repris des figurations originales de Kidston, 1923, pl. XXIV.

B1-B2 - Pinnules dessinées à partir d'un échantillon de la collection de Kidston non figuré par cet auteur.

C1-C3 - Quelques segments équivalents d'un échantillon lorrain non figuré.

D1-D3 - Principales étapes de la différenciation limbairé reconstituées d'après un échantillon provenant du bassin du Nord de la France et figuré en 2, pl. 37.



d.- nervation :

Toujours bien visible, elle se caractérise essentiellement par sa largeur relative. La nervure principale très zigzagante, non décurrenente, envoie une nervule dans chaque lobe laquelle se divise autant de fois qu'il est nécessaire pour irriguer les diverses indentations du limbe. L'angle d'émission des diverses ramifications est assez large et constant (= 45°) (texte-fig. 41, D1-D3).

3) Feuillage fertile :

La fertilisation n'entraîne pas de modification de la morphologie limbaire. Le développement acroscopique des fructifications n'a pas atteint les pennes basales sur l'échantillon figuré en 3, pl. 37 et on peut vérifier que leur feuillage correspond parfaitement à la description qui vient d'être donnée.

Les sporanges disposés à la face inférieure du limbe sont situés aux extrémités des ramifications nervuraires, rarement isolés, le plus souvent en petits groupes de 2 à 4. La bonne conservation du matériel rend possible l'observation de leurs parois à la loupe binoculaire : les sporanges sont dépourvus d'anneau. Cette organisation des fructifications est typique du genre *Renaultia*.

J'ai effectué plusieurs prélèvements de sporanges mais n'ai obtenu aucun résultat.

Remarques et discussion :

Les quelques échantillons lorrains que je rapporte à l'espèce *R. footneri* ne sont pas très bien conservés, mais leur limbe me paraît assez proche de celui des spécimens figurés par Kidston : comparer la penne de la figure 1a, pl. 37 avec la figure 2, pl. XXIV de Kidston. Ce fragment doit correspondre à une extrémité de fronde, son aspect gracile rappelle les pennes A-B peu évoluées de l'échantillon du Nord (pl. 37, fig. 2). L'espèce *footneri* serait donc présente en Sarre-Lorraine.

Les fructifications sont ici décrites pour la première fois ce qui nous a permis de l'attribuer au genre *Renaultia*.

Les figurations les plus complètes du limbe stérile de *Renaultia footneri* sont celles de Kidston. J'en ai observé les originaux, ils sont tout à fait conformes au matériel de Marrat conservé à l'Institute of Geological Sciences de Londres et au Merseyside County Museum de Liverpool. Les rectifications de Kidston (1923, p. 119) et Danzé (1956, p. 447) relatives à certaines déterminations de Zalesky (1907) concernant *Sphenopteris rutaefolia* Gutbier me paraissent tout à fait fondées.

Le feuillage de *Renaultia footneri* (Marrat) est très caractérisé par ses rachis ronds et flexueux, par le mode de différenciation du limbe et par l'aspect de la nervation. La texte-fig. 41 résume l'essentiel de ces caractères ; on pourra vérifier d'ailleurs qu'elle correspond aux dessins réalisés par Kidston (pl. XXIV, fig. 1ab) à partir du lectotype. Aucune autre espèce sphénoptéridienne ne semble présenter ce type de différenciation.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :

- Puits de *Wendel*, veine 2, au-dessus de T280, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433661).

- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :

- Siège de *St-Ingbert*, veine 11 Sud, sommet du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433655-433659).

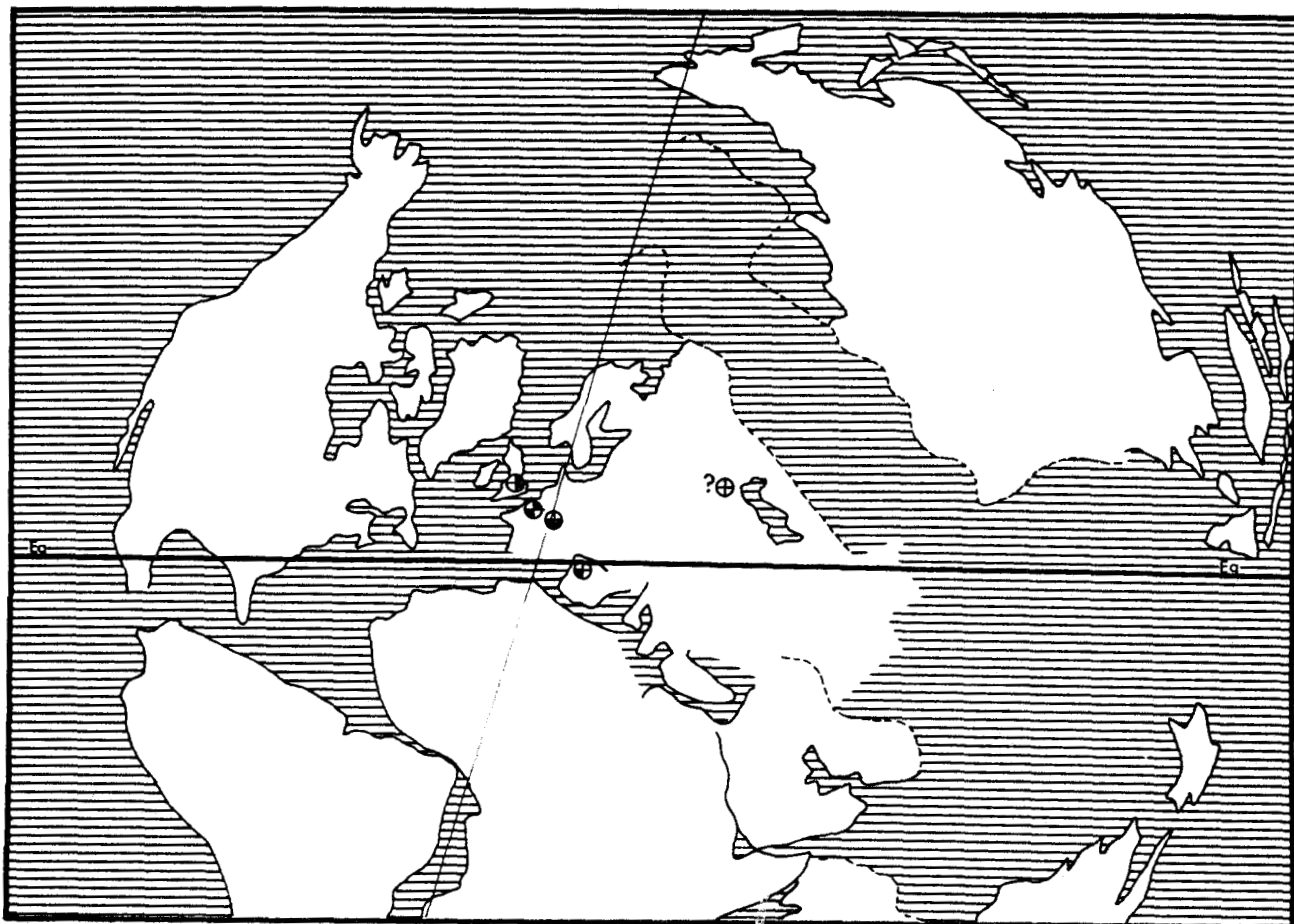
- Autres gisements :

- Groupe *von der Heydt*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

- Siège de *Ste-Fontaine*, à 36 m au toit de la veine J, sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433660).

Renaultia footneri est donc peu abondant dans le bassin sarro-lorrain ; son extension semble y être limitée au Westphalien B supérieur-Westphalien C moyen.

Répartition générale :



Texte-fig. 42 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Renaultia footneri* (Marrat).

RENAULTIA GRACILIS (Brongniart)

Planches 38-39

Holotype :

- . Echantillon figuré par Brongniart 1828, pl. LIV, fig. 2a, 2b, repris ici en 1, lab, pl. 38
- . Origine: Ecosse, Mines de Newcastle, sur la Tyne.
- . Collection : Brongniart, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris



- 1828 *Sphenopteris gracilis* Brongniart, p. 51
v. 1828 *Sphenopteris gracilis*, Brongniart, p. 197, pl. LIV, fig. 2a, 2b
? 1912 *Sphenopteris (Renaultia) gracilis*, Gothan, p. 248, pl. III, fig. 3-5
? 1941 *Sphenopteris (Renaultia) gracilis*, Gothan, p. 27, pl. 64, fig. 1-4
v. 1956 *Renaultia gracilis* var. *Brongniartii* Danzé, p. 212, pl. XXXIV, fig. 5, 5a, 6-7

Renaultia gracilis est une espèce dont la compréhension pose un certain nombre de problèmes, cette fois encore du fait d'une mauvaise interprétation initiale du type de l'espèce. En effet, Zeiller (1888, p. 94) a décrit sous le nom de *Sphenopteris (Renaultia) gracilis* des échantillons dont l'aspect est très éloigné du spécimen type de Brongniart (1828, p. 197) et qui en outre proviennent de niveaux différents.

Danzé (1956, p. 211), conscient de cette ambiguïté, hésite toutefois à abandonner le nom spécifique de *gracilis* largement utilisé dans la littérature et tente de résoudre les difficultés par la création de deux variétés. Il retient ainsi le nom de *Renaultia (Sph.) gracilis* forme *zeilleri* pour la variété correspondant à l'original de Zeiller et communément rencontrée dans le Westphalien A et celui de *Renaultia (Sph.) gracilis* forme *brongniartii* pour la variété conforme au type de Brongniart et fréquente dans le Westphalien C.

Nous verrons dans la discussion que seule, à mon avis, la variété *brongniartii* doit être retenue, les échantillons réunis dans la variété *zeilleri* s'avérant très hétérogènes et sans rapport avec l'espèce. C'est pourquoi j'ai choisi de décrire les deux spécimens sarro-lorrains conformes au type de Brongniart sous le nom de *Renaultia gracilis*. L'un des échantillons partiellement fertile était suffisamment charbonneux pour qu'un transfert ait pu être effectué. Il apporte de précieuses informations sur les fructifications puisque les échantillons que Danzé rapporte à la variété *brongniartii* sont tous stériles. Malheureusement les prélèvements de spores n'ont donné que des résultats très médiocres.

Diagnose :

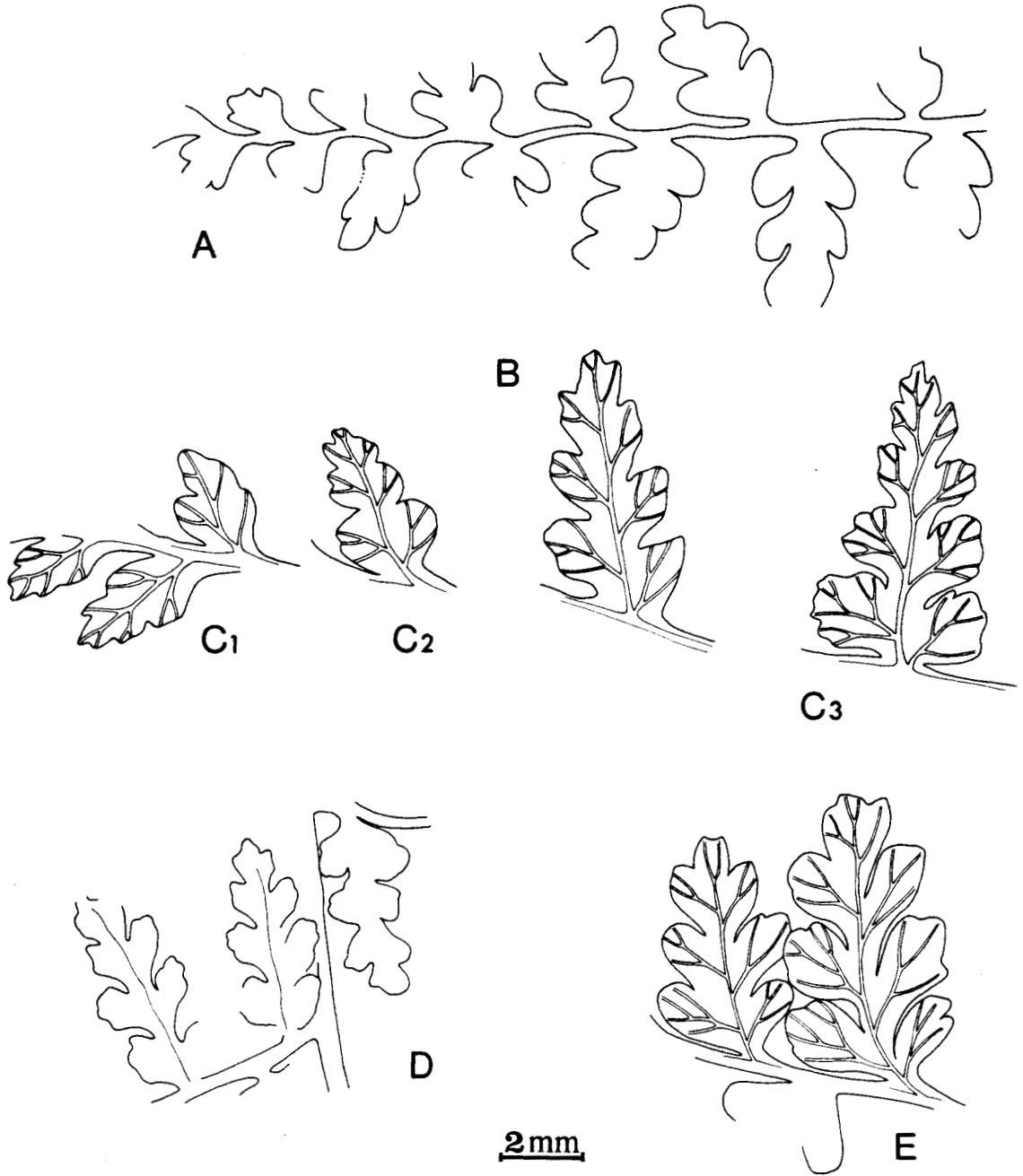
- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : de densité variable selon la position dans la fronde, extrémités particulièrement aérées et graciles ; rachis ronds, sinueux, non décurrents, apparemment dépourvus d'ornementation, rachis de dernier ordre très faiblement ailés à leurs extrémités ; aucun élément aplané ;
pennes non recouvrantes ;
pinnules de taille inférieure à 5 mm, maximum de différenciation : 3 paires de lobes ; les premiers lobes formés se divisent rapidement et sont généralement tridentés ; intensité de division apparemment identique des deux côtés de la pinnule ;
nervation fine et bien marquée, nervure principale droite, non décurrente, envoyant dans chaque lobe une nervule deux fois divisée.
- Feuillage fertile : identique au limbe stérile ; développement basiscopique des fructifications de type *Renaultia* : sporanges isolés, dépourvus d'anneau, situés à la face inférieure du limbe sur le trajet des nervules ;
spores (très immatures!) trilètes et apparemment lisses.

Description :

Renaultia gracilis est une espèce peu abondante dans le bassin sarro-lorrain et je ne dispose que de deux échantillons très fragmentaires. Le spécimen stérile est toutefois intéressant car son limbe rappelle assez bien celui du type de Brongniart. Il permet en outre de faire le lien avec les échantillons figurés par Danzé sous le nom variétal *brongniartii*.

1) Organisation de la fronde :

L'échantillon que Danzé figure partiellement en 5, 5a, pl. XXXIV, est reproduit ici intégralement (pl. 38, fig. 5). Il montre que l'organisation de la fronde est au moins tripinnatifide et de construction catadrome.



Texte-fig. 43 - Différenciation limbair de *Renaultia gracilis* (Brongniart). Comparaison avec les spécimens rapportés à l'espèce par Zeiller, non conformes à l'holotype.
A - Penne de dernier ordre dessinée d'après l'holotype de Brongniart (1828, pl. 54, fig. 2, 2a), repris ici en 1, pl. 38. Cet échantillon définit d'après Danzé la variété *brongniartii* de l'espèce *gracilis*.
B, C1-C3 - Quelques stades de différenciation des échantillons figurés par Zeiller (1886, pl. IV, fig. 2, 3) définissant d'après Danzé la variété *zeilleri*. Ces spécimens sont repris en 2, 3, pl. 38.
D - Quelques segments de l'échantillon lorrain figuré en 3, pl. 39, conforme au type de Brongniart.
E - Echantillon de la collection Brongniart déterminé *Renaultia gracilis*, non figuré par l'auteur, non conforme au type de l'espèce.



2) Feuillage stérile :

La petite taille des spécimens lorrains limite bien sûr les possibilités de description. Je prierais donc le lecteur de bien vouloir se reporter à la description proposée par Danzé (1956, p. 213). La texte-fig. 43D illustre en partie la façon dont se divise le limbe. Les pennes de dernier ordre très peu évoluées montrent quelques stades de différenciation des pinnules et la priorité de division côté catadrome. Malheureusement le schiste est assez grossier et l'extrémité des pennes n'a pu être dessinée. Les lobes apparaissent nettement tridentés mais leur contour demeure flou.

3) Feuillage fertile :

L'apparition des fructifications n'entraîne pas de modification de la morphologie limbaire. L'échantillon fertile, bien qu'incomplet, peut toutefois être orienté (pl. 39, fig. 1, la-g). La priorité de différenciation catadrome permet en effet de déterminer que le développement des fructifications est basiscopique. Leur organisation est typique du genre *Renaultia* : sporanges isolés, dépourvus d'anneau, situés à la face inférieure du limbe sur le trajet des nervules. Une pinnule bien fructifiée porte généralement autant de sporanges qu'il y a de ramifications nervuraires, le nombre maximal observé étant de 5 pour le lobe basal anadrome (pl. 39, fig. 1g).

Les prélèvements se sont malheureusement révélés peu fructueux. Une seule masse de spores très immatures a été recueillie (pl. 39, fig. 1h). Autant qu'on puisse en juger dans un tel amas, elles seraient trilètes et apparemment dépourvues d'ornementation tout au moins à l'observation optique. Leur taille est difficilement déterminable.

Remarques et discussion :

Le limbe particulièrement gracile des deux spécimens sarro-lorrains correspond tout à fait au type de l'espèce *gracilis*. La comparaison de la texte-fig. 43D avec le dessin 2b (pl. 54) proposé par Brongniart permet de vérifier que le mode de différenciation du limbe est identique même si le degré de division est légèrement plus intense sur notre spécimen. En outre l'organisation des fructifications est typique du genre *Renaultia*. Nos deux spécimens correspondent bien au type de *Renaultia gracilis* (Brongniart).

La position de Danzé qui consiste à créer deux variétés pour rendre compte de l'hétérogénéité des déterminations antérieures ne me paraît guère défendable. La comparaison des figures 1-3a de la planche 38, correspondant aux originaux de Zeiller et de Brongniart révèle combien la taille, la forme et le mode de croissance des pinnules sont différents (texte-fig. 43). Sur le type de Brongniart, la croissance en longueur prédomine avec des pinnules allongées, très étroites à la base alors que sur les spécimens figurés par Zeiller, la croissance en largeur est beaucoup plus accentuée et conduit à un développement anormal du lobe basal catadrome ("en oreille d'éléphant", Danzé, p. 218).

En outre la révision du matériel figuré par Danzé (pl. XXXIII, fig. 4, 4a ; pl. XXXIV) suscite quelques réflexions :

- Deux échantillons (pl. XXXIV, fig. 5, 5ab, 6 = 7) sont décrits sous le nom de variété *brongniartii*. Leur limbe apparaît particulièrement fourni comparé au type de l'espèce et à nos spécimens lorrains. Mais ces deux derniers sont tellement fragmentaires qu'ils ne permettent pas de juger de la variabilité morphologique de l'espèce. Les figurations 6 = 7 (pl. XXXIV) de Danzé ne représentent qu'un des deux fragments conservés sur l'échantillon. Le second, constitué de trois bases de pennes insérées sur un rachis n-1 est pourtant très intéressant car les pinnules de l'une d'elles, composées de lobes tridentés, sont tout à fait comparables en taille et en forme à celles du type de Brongniart. Elles sont en outre assez espacées donnant au limbe un aspect très aéré. Les deux fragments conservés sur l'échantillon appartiennent incontestablement à la même plante, les flèches indiquent sur la figure 4, pl. 38 comment leur raccord peut être effectué. Par conséquent ce spécimen appartient bien à *Renaultia gracilis*. Le second échantillon lui aussi figuré partiellement par Danzé en 5, 5a, pl. XXXIV devait occuper une position différente dans la fronde. Il est reproduit ici intégralement (pl. 38, fig. 5) ; on constatera qu'il est possible, malgré son état de différenciation plus avancé, de retrouver en certains endroits (flèches) un degré de division comparable à celui de l'échantillon précédent. Il se rapporte donc également à l'espèce *gracilis*.

- Par contre, les spécimens figurés sous le nom variétal *zeilleri* constituent un ensemble assez hétérogène dont aucun élément n'a de rapport avec l'espèce de Brongniart :

. L'échantillon présenté en 3, 3a (pl. XXXIV) est effectivement très voisin des originaux de Zeiller. Son étude me conforte dans l'opinion que ces divers fragments doivent vraisemblablement appartenir à une Ptéridospermée. Le limbe assez épais, le mode d'insertion des pinnules, les lobes basilaires très développés en particulier du côté catadrome rappellent ce que l'on observe chez de nombreuses espèces d'*Eusphenopteris*. Les dessins de la texte-fig. 16 (p. 218) de Danzé me paraissent d'ailleurs assez éloignés de la réalité de l'échantillon.

. Les extrémités de pennes légèrement fructifiées des figures 4, 4a, pl. XXXIII, 4, 4a, pl. XXXIV, portent des fructifications de type *Renaultia*. Ces spécimens sont vraiment trop fragmentaires pour que leur attribution spécifique soit déterminée. Ils pourraient tout aussi bien être rapportés à *Renaultia footneri* (Marrat) que j'ai évoqué p. 154.

. Le spécimen figuré en 2, 2a (pl. XXXIV) est aussi fragmentaire et mal conservé ; la découpe de son limbe ne correspond pas aux originaux de Zeiller. La différenciation y est beaucoup plus rapide et les lobes plus profondément incisés sont plutôt en forme de languettes légèrement spatulées.

Carpentier et Depape (1914, p. 315, pl. IV, fig. 11 ; pl. V, fig. 3, 4, 5) figurent quelques échantillons fertiles sous l'intitulé : cf. *Sphenopteris (Renaultia) gracilis*. Ces spécimens appartiennent sans aucun doute au genre *Renaultia* mais il me semble que l'aspect du limbe correspond davantage au feuillage des spécimens décrits ici sous le nom de *Renaultia footneri* (Marrat). Comparer la figure 3, pl. V de Carpentier et Depape avec la figure 2, pl. 37 représentant également un spécimen récolté dans le bassin du Nord de la France.

Je considère par conséquent que pour ce qui est du Nord de la France, seuls les échantillons décrits par Danzé sous le nom de variété *brongniartii* correspondent à la conception originale de l'espèce *gracilis*.

Danzé assimile les spécimens figurés par Kidston (1923, pl. LXXIX, fig. 1, 3, 4) sous le nom de *Renaultia gracilis* à sa variété *zeilleri*. Il n'émet pas d'avis concernant les figures 2, 2a et rapporte les figures 5, 5a à *Renaultia crepinii* (Stur). Je n'ai retrouvé à l'Institute of Geological Sciences de Londres que les originaux des figures 2, 3 et 4 mais il ne me semble pas y avoir de différences majeures entre ces divers spécimens dont la taille et la forme des pinnules rappellent *Renaultia crepinii* que j'ai évoqué précédemment (p. 140).

Kidston figure également à deux reprises (1889, p. 26, pl. II, fig. 25a-c ; 1901, p. 193, pl. XXVIII, fig. 4) les fructifications d'un *Renaultia (Sphenopteris) microcarpa* Lesquereux qu'il attribue par la suite à *Renaultia gracilis*. En fait, les figurations de Lesquereux (1880, p. 280, pl. XLVII, fig. 2, 2ab) sont tellement médiocres qu'il est difficile d'émettre une quelconque opinion à leur sujet.

Danzé rapporte également à sa variété *zeilleri* les échantillons figurés par Gothan (1912, p. 248, pl. III, fig. 3-5 ; 1941, p. 27, pl. 64, fig. 1-4). La qualité de la reproduction photographique ne permet pas de se prononcer avec certitude sur leur attribution spécifique ; ils ne me semblent effectivement pas très éloignés du type de Brongniart et je les ai attribués avec réserves à l'espèce *gracilis*.

Les dessins de Zalesky et Tchirkova (1938, texte-fig. 16, 17) représentant *Sphenopteris (Renaultia) gracilis* ne sont guère différents de ceux que ces mêmes auteurs proposent pour *Sphenopteris laurentii* (texte-fig. 11, 12) et pourraient tout aussi bien correspondre à *Renaultia footneri*.

Quant aux figurations de Stockmans et Willièrre (1953, p. 215, pl. III, fig. 5, 5a, 6 ; pl. XXXIV, fig. 7, 7a ; pl. XLI, fig. 1, 1a ; pl. XLII, fig. 4, 4a), elles sont très différentes les unes des autres et aucune n'est conforme au type de l'espèce.

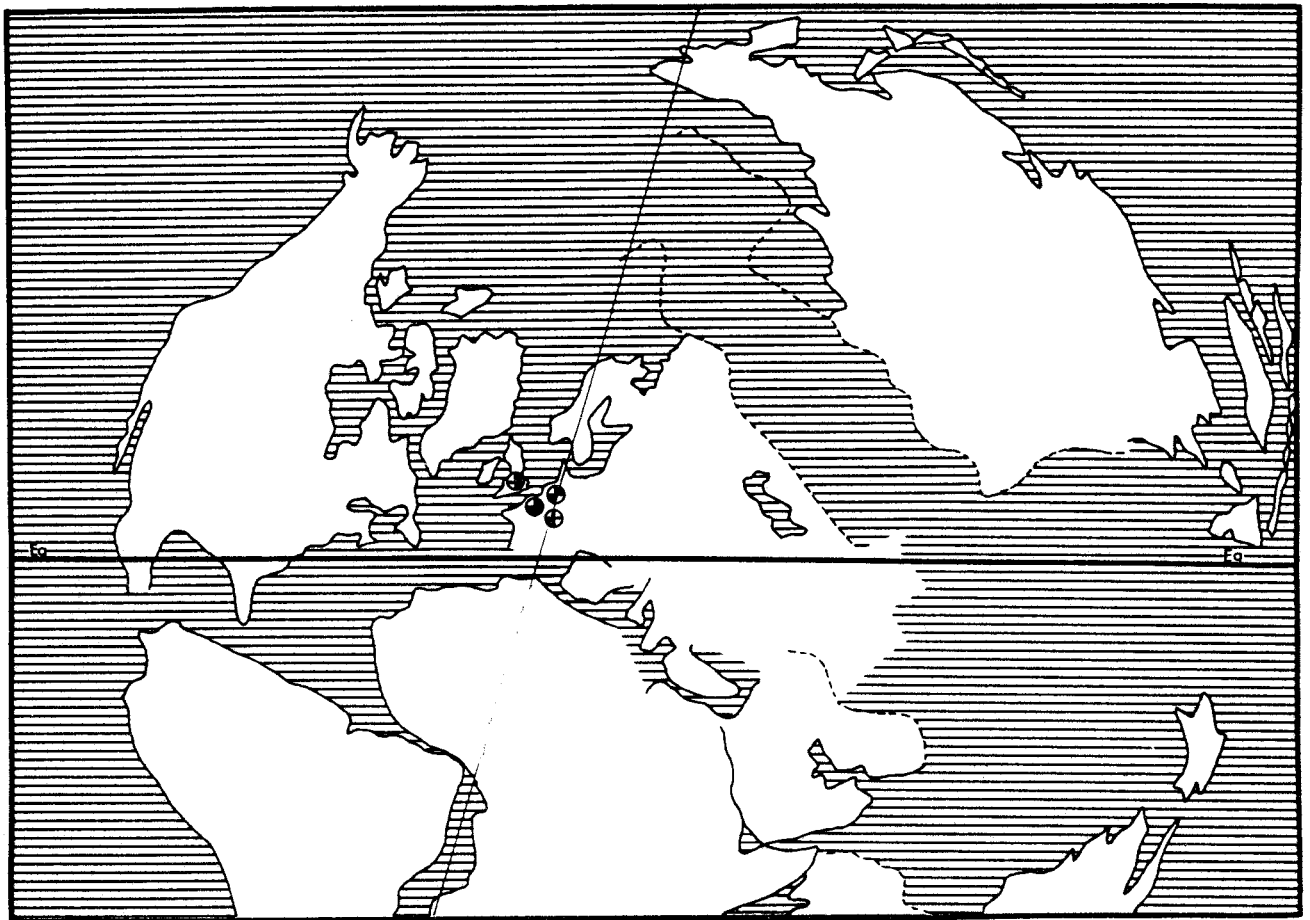
Enfin la seule citation de l'espèce de Brongniart dans le bassin houiller sarro-lorrain était jusqu'ici celle d'Alvarez Ramis et al. (1978, p. 9, pl. 3, fig. 7, 8). Deux spécimens sont décrits comme présentant des affinités avec l'espèce *gracilis* mais leur aspect est très éloigné de l'échantillon type de Brongniart.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Elle est limitée aux deux échantillons récoltés :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de *Marienau 2* à 1142,35 m, 69 m au-dessus de T200, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433801).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Simon Gras* à 714,00 m, à 120 m au-dessus de T300, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433802).

Répartition générale :



Texte-fig. 44 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Renaultia gracilis* (Bronniart).



RENAULTIA HEMINGWAYI Kidston

Planche 40, fig. 1

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Kidston 1923, pl. LXXXII, fig. 1, la-c, repris ici en 1, la-c, pl. 40
- . Origine : Angleterre, Bradford Colliery, Manchester, groupe Blackband, Westphalien C supérieur
- . Collection : Institute of Geological Sciences de Londres.

v. 1904 *Sphenopteris* cf. *Aschenborni*, Hemingway in Gerrard, p. 561, pl. III, fig. 2
v. (pars) 1923 *Renaultia Hemingwayi* Kidston, p. 322, pl. LXXXII

Cette espèce très rare a été créée par Kidston (1923, p. 322) pour deux spécimens dont le moins fertile avait été déterminé *Sph.* cf. *aschenbornii* par Hemingway (1904, p. 561). De ces deux échantillons, seul celui d'Hemingway est conservé à l'Institute of Geological Sciences de Londres. J'ai pu en observer les fructifications qui sont effectivement typiques du genre *Renaultia* avec des sporanges dépourvus d'anneau et disposés par petits groupes à l'extrémité des nervures. Les prélèvements ont fourni des masses de spores très immatures de type *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp dont le diamètre est compris entre 20 et 23 μ (pl. 40, fig. 1, la-g).

Kidston ne donne pas de diagnose pour cette nouvelle espèce mais une description détaillée dont je ne retiendrai que l'essentiel :

"Rachis larges (2,5 mm ou plus), couverts de petits apicules"... "aphlébies à la base des penes primaires"... "rachis de dernier ordre ailés"... "pinnules alternes, étroitement serrées, très petites (longueur 1 à 2 mm), décurrentes, ovales, divisées en 4 ou 6 lobes arrondis ou tronqués au sommet, séparés par des sinus profonds"... "nervation peu distincte avec une nervure centrale envoyant une ramification vers chaque lobe ou dent"... "sporangies situés par petits groupes aux extrémités des lobes, non annelés, dont le diamètre est de l'ordre de 0,25 mm" (traduction de l'anglais).

Nos collections renferment deux échantillons stériles qui répondent à cette description.

RENAULTIA HEMINGWAYI ? Kidston

Planche 40, fig. 2,3

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le spécimen le plus différencié porte d'une part un rachis d'ordre n-3 large et plat sur lequel est inséré un fragment très incomplet de penne d'ordre n-2 (pl. 40, fig. 2) et d'autre part une penne de même ordre beaucoup mieux conservée dans un plan différent (pl. 40, fig. 2a). L'organisation de la fronde est donc au moins quadripinnatifide, de construction nettement catadrome.

Des aphyllies dichotomes sont en outre présentes 1/ dans l'angle catadrome (?) formé par les rachis d'ordres n-3 et n-2 ; 2/ à l'aisselle (côté catadrome) des penes d'or-

dre n-1 les plus basales du même fragment. Aucune aphilébie n'est visible à la base des pen-
nes d'ordre n-1 de l'autre partie de l'échantillon.

Le second spécimen ne montre qu'un petit morceau d'une penne d'ordre n-1 sans
aphilébie.

Quelques dimensions : échantillon figuré en 2, pl. 40 :

- 1er fragment :

- . largeur maximale du rachis d'ordre n-3 = 4,5 mm
- . largeur d'un rachis d'ordre n-2 = maximum : 1,7 mm
- . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 0,4 mm
- . longueur des pennes d'ordre n-1 = 26 mm
- . longueur d'une penne basale de dernier ordre = 7,5 mm

- 2ème fragment :

- . largeur maximale du rachis d'ordre n-2 = 1,7 mm
- . largeur maximale d'un rachis d'ordre n-1 = 0,4 mm
- . longueur des pennes d'ordre n-1 = 32 mm
- . longueur d'une penne basale de dernier ordre = 9 mm

2) Feuillage stérile :

Il se caractérise par la très petite taille des pinnules pourtant profondément
découpées.

a.- rachis :

Les rachis d'ordres n-2 et n-3 larges et plats sont couverts de pe-
tits apicules densément répartis correspondant sans doute à des bases d'appendices plus ou
moins épineux. Les rachis d'ordre n-1 semblent plutôt ronds, ceux de dernier ordre sont tou-
jours ailés. Les rachis d'ordre n-1 non décurrents font un angle de 80° environ avec les ra-
chis n-2 qui sont au contraire très décurrents.

b.- penne :

Les pennes de dernier ordre présentent un léger recouvrement qui
n'existe pas chez les pennes d'ordre antérieur. Les pennes basales catadromes sont transfor-
mées en pseudo-aphilébies dans la partie la plus différenciée de l'échantillon figuré en 2,
pl. 40. La différenciation limbair est apparemment assez rapide et les pennes ont une forme
régulièrement triangulaire.

c.- pinnule :

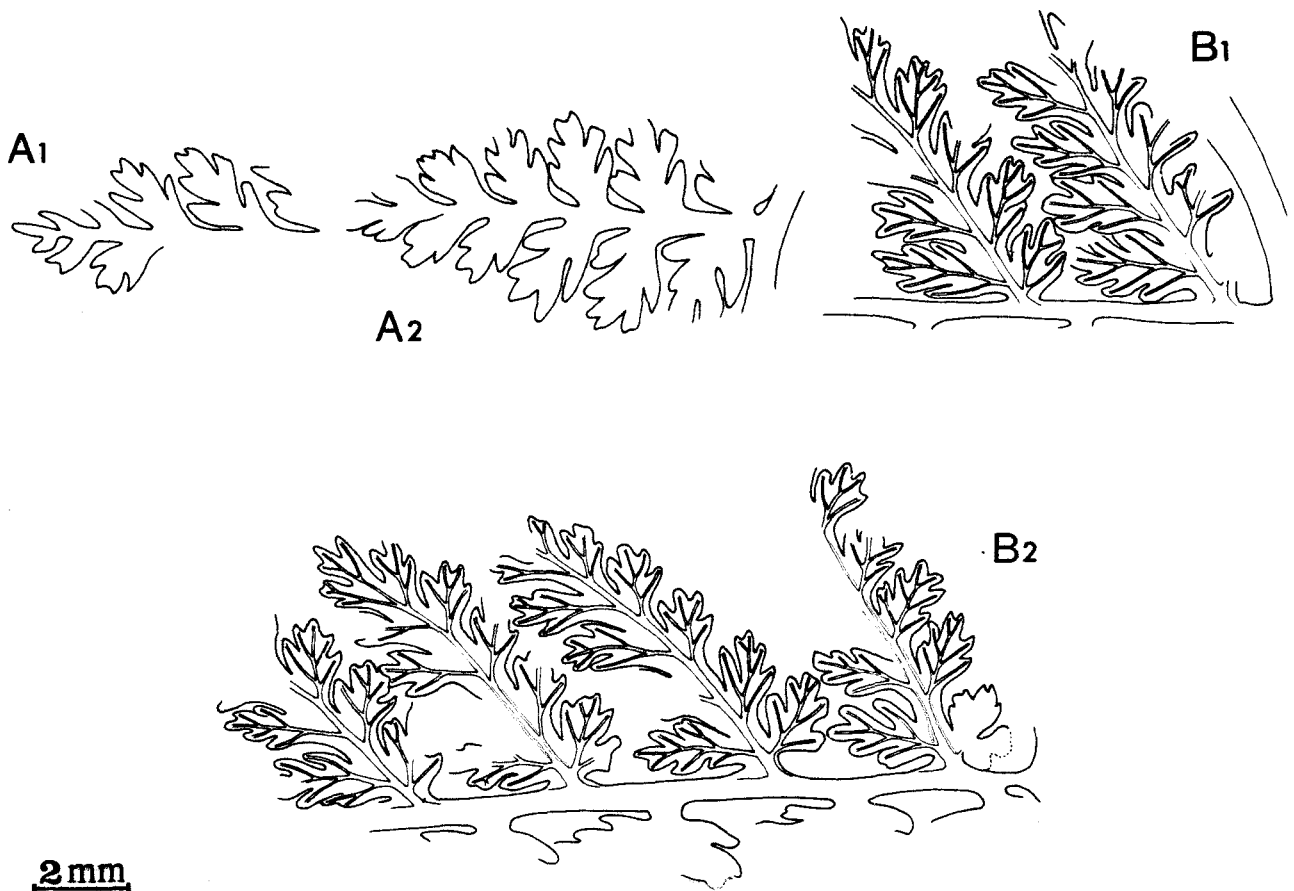
La pinnule à peine différenciée (ou lobe) est inclinée à 40° sur le
rachis et se présente sous forme d'une languette d'à peine 1 mm de long, au sommet arrondi
et dont le bord catadrome est décurrent (texte-fig. 45, B2). L'individualisation des premiers
lobes est précoce et la pinnule croît régulièrement en longueur et en largeur tout en se re-
dressant sur le rachis. Très vite une deuxième paire de lobes en forme de languettes aux
sommets mousses se différencie. Le bord catadrome de la pinnule est toujours très décurrent
et la disposition des lobes reste fasciculée. L'incision du lobe basal anadrome est contem-
poraine de l'apparition de la troisième paire de lobes. La pinnule mesure alors 2,5 mm en
longueur.

Plusieurs remarques méritent d'être faites sur cette différenciation limbair :

- . on constate un très léger retard de division côté catadrome mais ceci est fré-
quent chez les espèces sphénoptéridiennes ;
- . le bord catadrome des pinnules, toujours très décurrent, se redresse très for-
tement par rapport au rachis de dernier ordre (pl. 40, fig. 1a, 1b), lui devient orthogonal
ou dépasse même cette position ;
- . alors que la pinnule basale anadrome a plutôt tendance à croître en longueur
avec des lobes bien fasciculés, la pinnule catadrome croît préférentiellement en largeur
(texte-fig. 45, B2), les lobes s'écartant davantage les uns des autres (annonce d'une modifi-
cation limbair plus marquée à la base de segments mieux différenciés ?).

d.- nervation :

La nervation toujours très fine est bien visible et constituée d'une
nervure médiane non décurrente émettant vers chaque lobe une nervule généralement indivise
(texte-fig. 45).



Texte-fig. 45 - Différenciation et morphologie limbaires de *Renaultia hemingwayi* Kidston.

A1-A2 - Fragments de pennes de dernier ordre dessinés d'après le lectotype figuré par Kidston (1923, pl. LXXXII, fig. 1, 1a-c), repris ici en 1, pl. 40.

B1-B2 - Pennes de dernier ordre un peu plus différenciées de l'échantillon lorrain figuré en 2, pl. 40.

Remarques et discussion :

On retrouve dans cette description des deux échantillons lorrains l'essentiel des caractères qui ont été retenus du texte original de Kidston : rachis larges couverts de nombreux apicules, présence d'aphlébies, même mode de différenciation limbinaire, taille réduite des pinnules. Par conséquent, il semble logique de les avoir rapprochés de *Renaultia hemingwayi*.

Un doute demeure toutefois sur cette détermination car le plus grand des échantillons est aussi très proche du spécimen d'*Hapalopteris bella* (= *Sturia amoena*) (voir p. 274) figuré par Stur (1885, pl. XLII, fig. 1). Comme ce dernier est aussi stérile, le problème reste insoluble. On peut très bien se trouver en présence de deux espèces *R. hemingwayi* et *Sturia amoena* identiques à l'état stérile mais portant des fructifications très différentes comme il est possible que l'échantillon de Stur soit en fait un représentant de *R. hemingwayi*. Devant cette indétermination il fallait tout de même attribuer un nom au matériel lorrain. Je l'ai rapproché de *R. hemingwayi* pour deux raisons :

- d'une part parce que les pinnules sont un peu plus serrées que sur le matériel de Stur cité plus haut ;

- d'autre part parce que les autres échantillons stériles de *Sturia amoena* figurés par Stur sont tout de même assez différents : limbe beaucoup plus aéré avec des lobes moins fasciculés et plus tronqués à leur sommet.

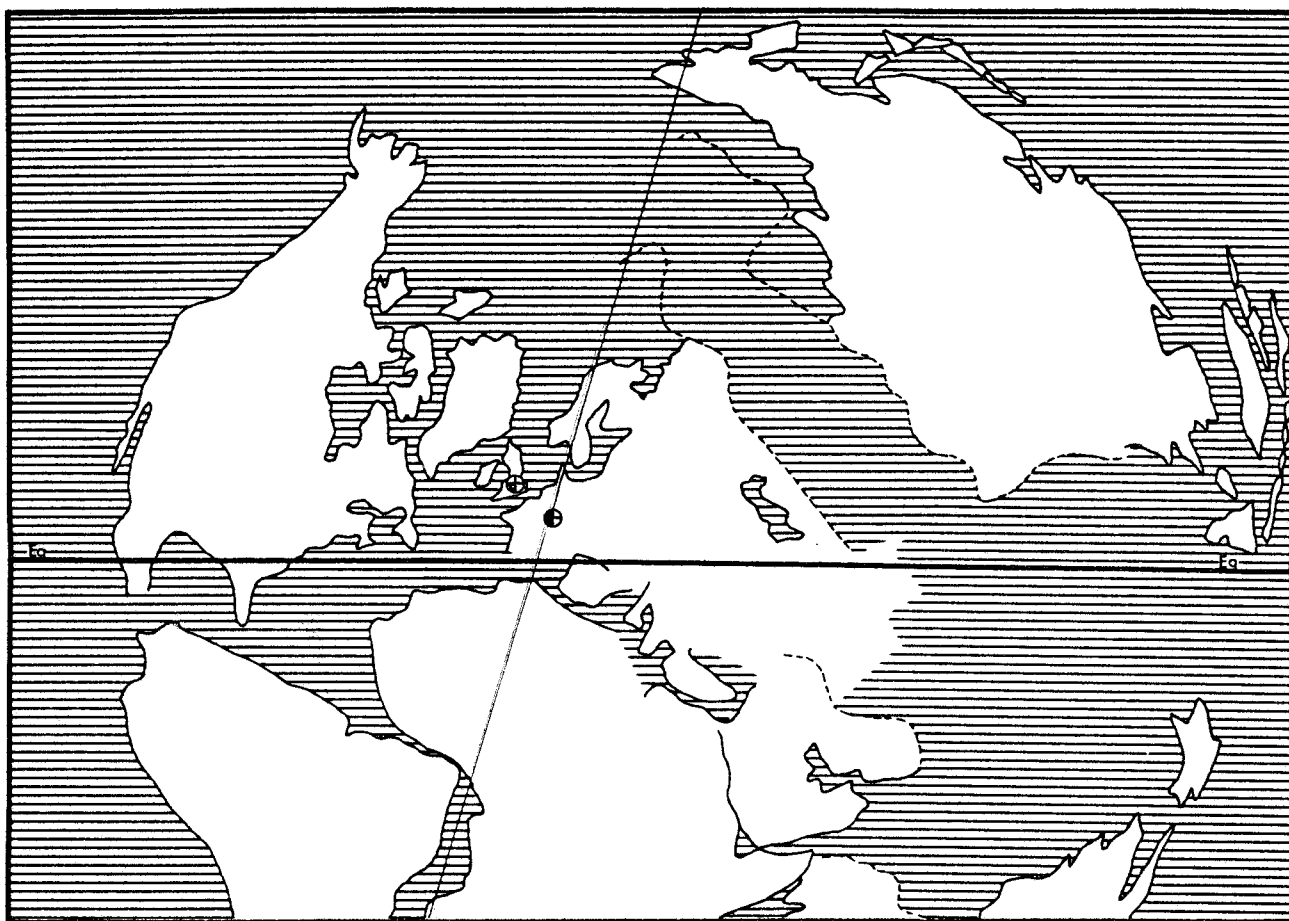
Il n'en reste pas moins qu'une convergence morphologique assez remarquable existe entre les matériels originaux de *R. hemingwayi* (Kidston, 1923, pl. LXXXII, fig. 1) et de *Sturia amoena* (Stur, 1885, pl. XLII, fig. 1) comme en témoignent d'ailleurs les croquis respectifs de ces deux auteurs.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Le plus grand spécimen provient du sondage des *Chasseurs* où il a été récolté à 761,40 m de profondeur, soit dans le stérile de Geisheck = Westphalien C supérieur. Le second a été recueilli dans le sondage de *Cocheren 4* à 1072,80 m, soit à la base du faisceau de Laudrefang = Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434301-434302).

Les échantillons de Kidston proviennent du groupe *Blackband* (bassin du Lancashire, Angleterre) équivalent du stérile de Geisheck = Westphalien C supérieur.

Répartition générale :



Texte-fig. 46 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Renaultia hemingwayi* Kidston.

RENAULTIA LEBACHENSIS (Weiss)

Planches 41-42

Néotype :

- . Echantillon figuré par Weiss (1869, pl. IX, fig. 3, 4) sous le nom de *Sphenopteris* (*Hymenophyllites*) *sarana*, repris ici en 1, lab, pl. 41
- . Origine : Bassin de la Sarre, groupe de Kronprinz, partie inférieure des couches d'Ottweiler, niveaux inférieurs du Stéphanien
- . Collection : Museum für Naturkunde de Berlin

- 1869 *Sphenopteris* (*Hymenopteris*) *Lebachensis* Weiss, p. 51, pl. VIII, fig. 3
- 1869 *Sphenopteris* (*Hymenopteris*) *sarana* Weiss, p. 51, pl. IX, fig. 3, 4
- 1874 *Sphenopteris* (*Dicksonites*) *sarana*, Schimper, p. 463
- 1874 *Sphenopteris* (*Hymenopteris*) *Lebachensis*, Schimper, p. 464
- 1877 *Oligocarpia* (*Sphenopteris*) *Lebachensis*, Stur, p. 199, 200
- 1879 *Sphenopteris* *Lebachensis*, Weiss, p. 28, pl. 3, fig. 9
- 1965 *Sphenopteris* *Lebachensis*, Alvarez Ramis, p. 24, pl. XII, fig. 1, la-c ; texte-fig. 15

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : très polymorphe ; rachis ornés d'une fine striation longitudinale, faisant entre eux des angles variant de 60 à 80° ; rachis de dernier ordre ailés ; rachis d'ordres antérieurs parcourus par deux sillons longitudinaux ; pennes rubanées, légèrement recouvrantes à partir de l'ordre n-1 ; segments peu différenciés situés en extrémités de frondes caractérisés par un limbe très échancré, constitué de pinnules insérées par toute leur base et pourvues de dents aiguës ; pinnules à bord catadrome décurrent et à bord anadrome très contracté à la base ; indentations du limbe pouvant disparaître dans le schiste, donnant au limbe un aspect très différent, les lobes paraissant arrondis ; segments en position moyenne dans la fronde constitués de pinnules aux lobes plus mousses ; pinnules évoluées presque symétriques avec un lobe basal catadrome souvent un peu moins développé que son équivalent anadrome ; éléments basaux catadromes des pennes d'ordres n et n-1 herpertrophiés transversalement et bipartites, la partie catadrome se rebroussant en direction du rachis d'ordre antérieur ; nervation fine constituée d'une nervure médiane rectiligne, non décurrente, émettant une ramification vers chaque indentation du limbe.
- Feuillage fertile : identique au feuillage stérile ; fructifications de type *Renaultia* : sporanges isolés ou réunis en groupes de 3-5, situés en bordure du limbe à l'extrémité des ramifications nervuraires ; spores inconnues.

Description :

L'abondant matériel sarro-lorrain conservé dans nos collections a permis de mettre en évidence l'extrême variabilité morphologique de l'espèce et de démontrer la synonymie du *Sph. sarana* également créé par Weiss avec *Sph. lebachensis*. Ce matériel étant uniquement stérile, la description des fructifications sera reprise du travail d'Alvarez Ramis (1965) qui les a observées pour la première fois.

1) Organisation de la fronde :

Le spécimen le plus différencié (pl. 42, fig. 1) représente un fragment de penne d'ordre n-2 très évoluée, sur le point de passer au rang n-3 et son rachis principal mesure

3 mm dans sa plus grande largeur. La fronde de construction catadrome est donc au moins tri- (ou quadri-) pinnée.

Quelques dimensions :

- . largeur à la base des rachis d'ordre n-1 (n-2 ?) = 1,5 mm
- . longueur des pennes d'ordre n-1 (ou n-2 ?) = supérieure à 130 mm
- . distance entre les insertions des pennes d'ordre n-1 (ou n-2 ?) = 30 mm
- . largeur des rachis d'ordre n (ou n-1) = 0,6 mm
- . longueur d'une penne d'ordre n très évoluée = 21 mm
- . longueur d'une pinnule très évoluée = 5,5 mm

On constate en outre une légère transformation des éléments basaux catadromes chez qui la croissance en largeur semble prédominante. Plus courts et plus opulents que les segments suivants, ils comprennent une partie catadrome anormalement développée et nettement séparée du reste du limbe mais ne prenant jamais l'aspect d'une aphiébie laciniée (texte-fig. 47B, D).

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis ornés d'une fine striation longitudinale font entre eux des angles variant de 60 à 80° selon la position des fragments par rapport à l'ensemble de la fronde. Les rachis n-1, n-2, n-3 sont parcourus par deux sillons longitudinaux, ceux de dernier ordre sont largement ailés du fait de la décurrence des pinnules.

b.- pennes :

La différenciation limbaire très lente donne aux pennes un aspect rubané. On ne constate de recouvrement que pour les pennes d'ordre antérieur ou égal à n-1.

c.- pinnules :

Les texte-fig. 47, 48 rassemblent les croquis représentant les étapes successives de la différenciation limbaire. On y observe :

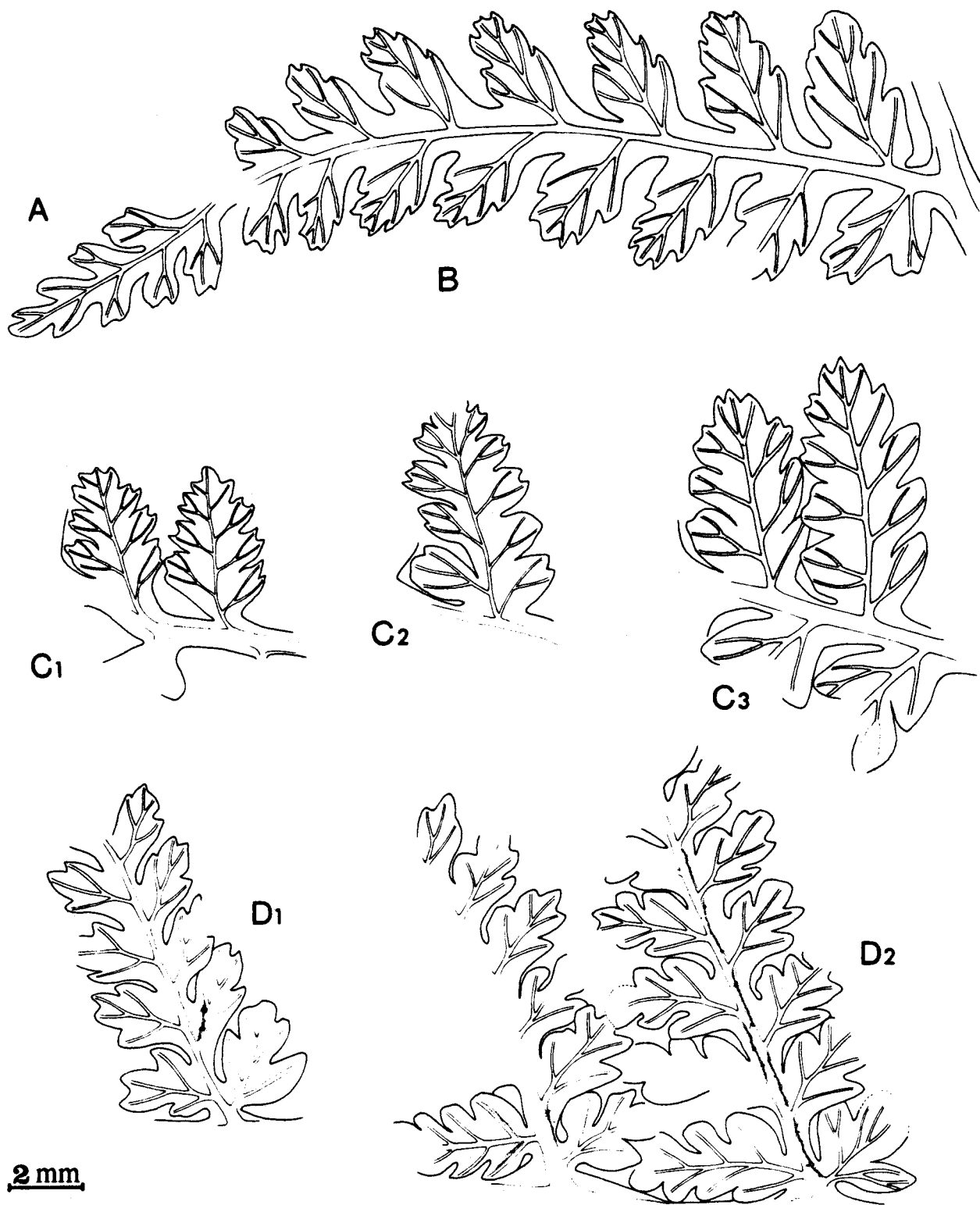
- les pinnules peu évoluées au limbe très échancré, insérées par toute leur base, dont le bord catadrome est décurrent et le bord anadrome très contracté à la base (texte-fig. 47A ; 48, B1) ;
- les pinnules très évoluées presque symétriques bien que leur lobe basal catadrome soit souvent un peu moins opulent et moins divisé que son équivalent anadrome (texte-fig. 47B, C1) ;
- les modifications que peut apporter dans l'aspect du feuillage la mauvaise conservation des échantillons : quand les indentations du limbe restent plus ou moins enroulées dans le schiste, les lobes apparaissent presque arrondis ; sur un même échantillon l'allure du feuillage peut donc beaucoup varier (texte-fig. 48, A1, A2) ;
- le passage progressif de formes au limbe très découpé à des formes aux lobes beaucoup plus mousses au fur et à mesure que le degré de différenciation atteint par les divers segments augmente ;
- les transformations qui affectent les segments catadromes à la base des pennes = leur limbe bipartite très développé transversalement montre une hypertrophie de la partie catadrome qui, à la base des pennes d'avant-dernier ordre, vient au contact du rachis d'ordre n-2 (texte-fig. 47B, D2).

d.- nervation :

Elle est toujours très fine et constituée d'une nervure médiane rectiligne, non décurrente, émettant une ramification nervuraire vers chaque indentation du limbe. Dans les éléments basaux transformés, la première ramification catadrome s'individualise très tôt, au moment où la nervure médiane se sépare du rachis de dernier ordre (texte-fig. 47B).

3) Feuillage fertile :

D'après la texte-fig. 15 (p. 24) d'Alvarez Ramis (1965) l'apparition des fructifications n'altère pas la morphologie limbaire. Les sporanges cylindriques à piriformes, isolés ou réunis par petits groupes de 3-5 sont situés en bordure du limbe, aux extrémités des ramifications nervuraires ; ils pourraient être légèrement soudés entre eux par leur base. Alvarez Ramis ne donne aucune indication concernant les spores.

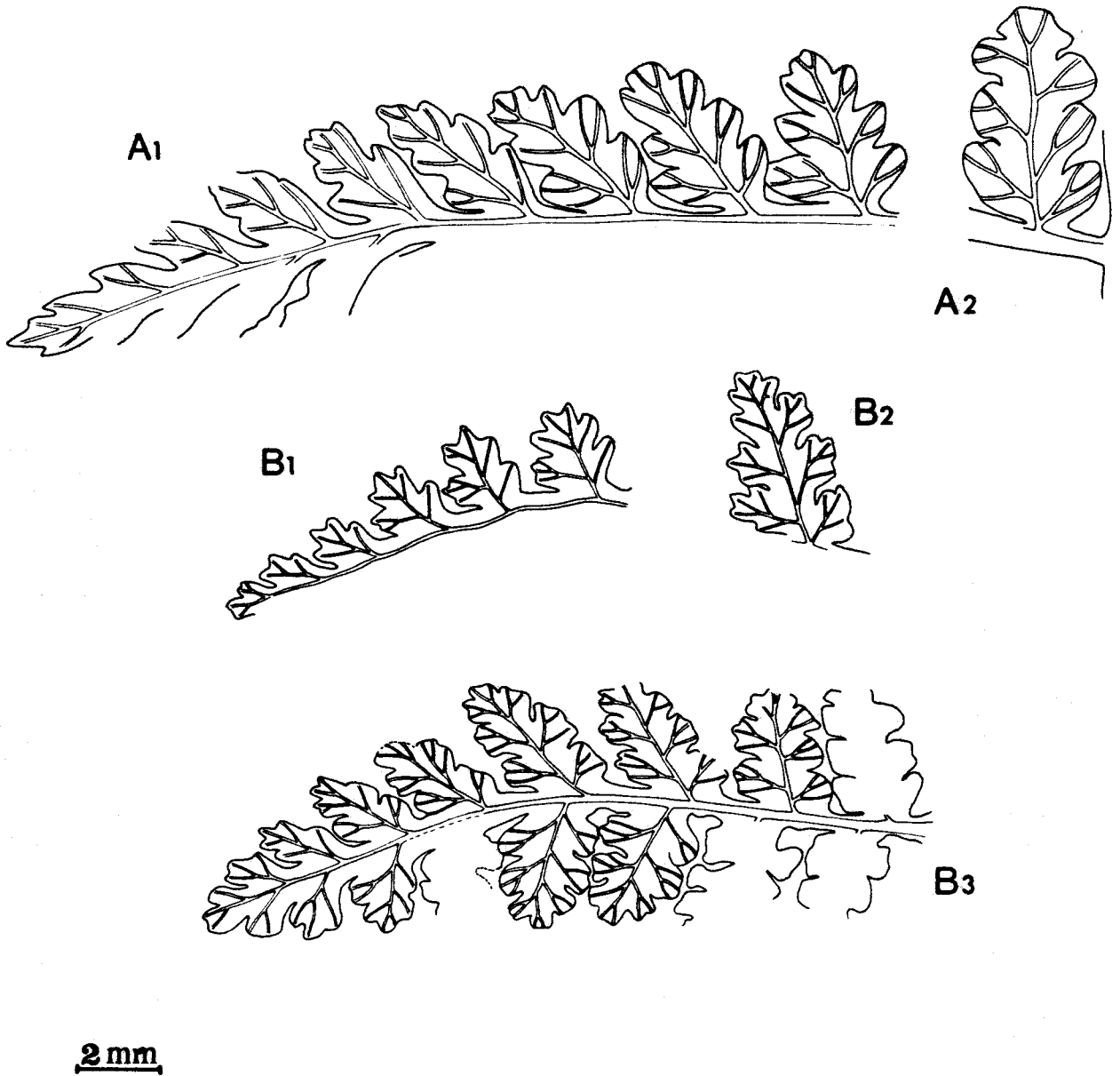


Texte-fig. 47 - Différenciation limbairé et variabilité morphologique de *Renaultia lebachensis* (Weiss).
A, B - Premières étapes de la différenciation limbairé, d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 41. Remarquer la pinnule basale catadrome bipartite.

C1-C3 - Pinnules très évoluées, passage au rang de pennes de dernier ordre d'après un échantillon non figuré.

D1-D2 - Pennes de dernier ordre au limbe beaucoup moins échanré et avec des pinnules basales catadromes légèrement modifiées, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 42.





Texte-fig. 48 - Quelques aspects particuliers de *Renaultia lebaohensis* (Weiss).

A1-A2 - Morphe au limbe d'aspect pécoptéridien ; les lobes apparaissent beaucoup plus arrondis car les indentations du limbe restent englobées dans le schiste, d'après un échantillon non figuré.

B1-B3 - Morphe au limbe gracile et très échancré correspondant sans doute à des fragments situés en extrémités de frondes, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 42.



Remarques et discussion :

Weiss en 1869 crée simultanément les espèces *Sphenopteris lebachensis* (p. 51, pl. VIII, fig. 3) et *Sphenopteris sarana* (p. 51, pl. IX, fig. 3-4) dont il reconnaît (p. 52) qu'elles présentent de fortes ressemblances. Il considère toutefois que *Sph. sarana* montre un aspect généralement plus robuste que celui de *Sph. lebachensis* et estime que la disposition respective des lobes des deux formes est trop différente pour qu'on soit autorisé à les rassembler dans une même unité taxonomique. Mais si les schémas d'ensemble proposés pour les deux espèces sont légèrement différents, les agrandissements sont presque identiques !

Je n'ai retrouvé dans les collections du Museum für Naturkunde de Berlin que l'échantillon-type de *Sph. sarana* (pl. 41, fig. 1, lab) qui provient du groupe *Schwalbach* des environs de Sarrelouis. Son état de conservation est médiocre mais le mode de différenciation de ses pinnules est tout à fait identique à celui des échantillons lorrains dont sont tirés les dessins de la texte-fig. 47. En outre les pinnules basales catadromes certes endommagées montrent un développement transverse anormal. Par conséquent les spécimens lorrains aux lobes très échancrés répondent parfaitement à la définition de *Sph. sarana*.

Les échantillons aux lobes mousses correspondent par contre très bien à la représentation originale de la vue d'ensemble de *Sph. lebachensis*. Il suffit de comparer les croquis de Weiss aux dessins de la texte-fig. 47, D2 pour voir combien les ressemblances sont étroites dans l'allure générale et la découpe des pinnules. Certes on pourrait objecter que sur les croquis de Weiss les éléments basaux catadromes ne présentent pas de transformations particulières mais ceci est aussi vrai pour les dessins représentant *Sph. sarana* dont l'échantillon-type montre pourtant des pinnules basales élargies transversalement.

L'abondant matériel sarro-lorrain ayant montré qu'il existe toute une série de formes intermédiaires entre l'habitus au limbe échancré de type *sarana* et celui aux lobes arrondis de type *lebachensis* ceci implique que les deux espèces de Weiss sont synonymes. On a affaire à une espèce très polymorphe dont l'aspect du feuillage varie beaucoup selon le degré de différenciation atteint et la position des fragments par rapport à l'ensemble de la fronde.

Alvarez Ramis (1965, p. 24) décrit un échantillon partiellement fructifié qu'elle attribue à *Sph. lebachensis* et dont l'organisation des fructifications est de type *Renaultia*. L'illustration photographique ayant beaucoup perdu à l'impression, le dessin de la texte-fig. 15 constitue le seul document valable auquel on puisse se référer. Or son aspect correspond très bien à celui de nos échantillons aux lobes échancrés et on y retrouve la pinnule basale catadrome hypertrophiée et bipartite. La détermination d'Alvarez Ramis paraît par conséquent tout à fait justifiée. C'est la raison pour laquelle j'ai attribué le matériel lorrain au genre *Renaultia* et que j'ai préféré le nom spécifique de *lebachensis*.

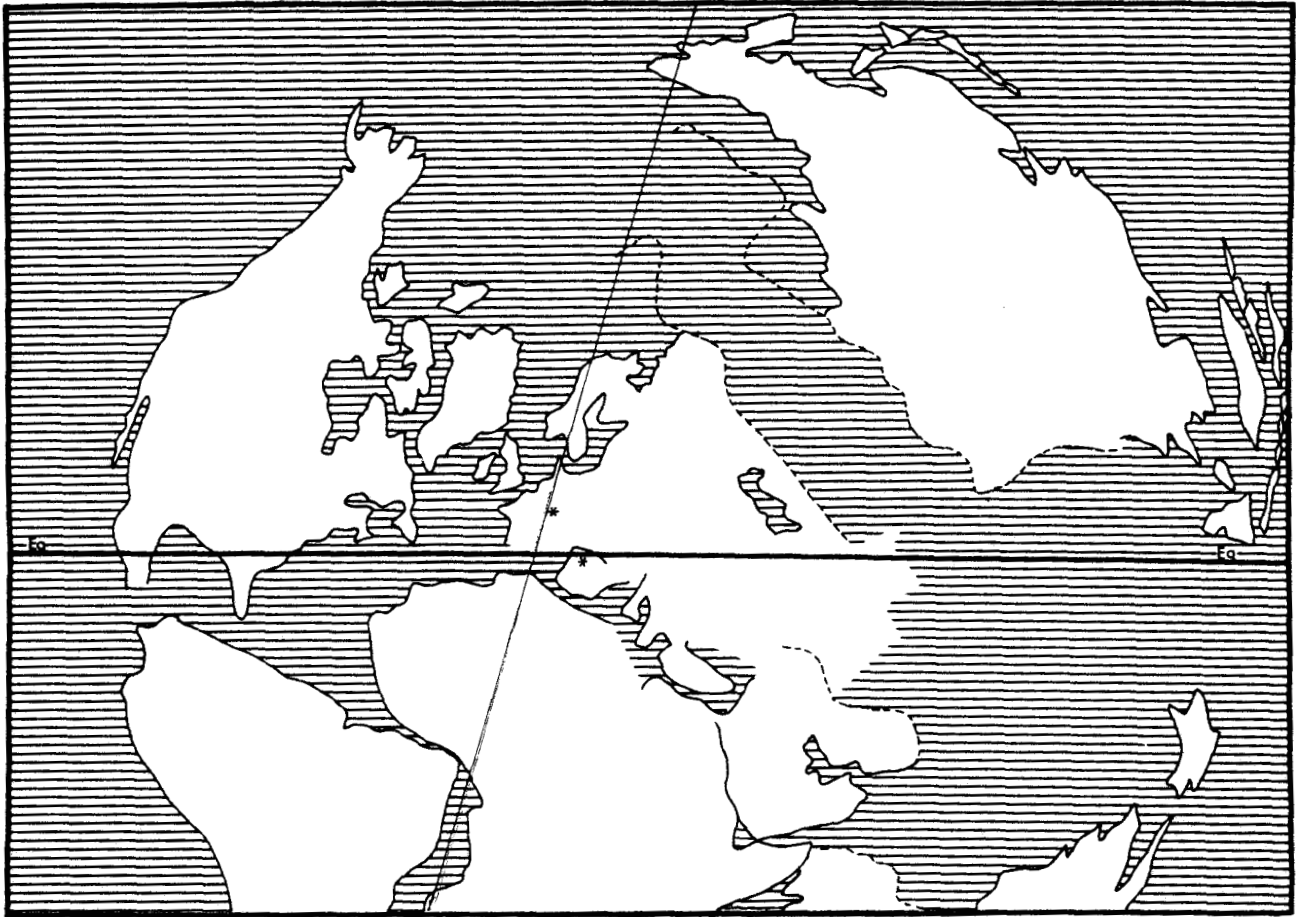
Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Quelques échantillons seulement ont une origine précise :

- Siège de *la Houve*, puits III, veine 1 et veine Robert, couches d'Ottweiler inférieures, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433901-433903).
- Les autres proviennent des terris d'*Hostenbach* (Coll. Haas n° 343, 350, 378, 379-382, 384, 386-392 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433909-433925) et de *la Houve* (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433904-433908) où sont déversés des stériles d'âge Stéphanien pour le premier, d'âge Westphalien supérieur et Stéphanien pour le second.

Renaultia lebachensis semble donc relativement abondant dans les niveaux inférieurs du Stéphanien du bassin sarro-lorrain.

Répartition générale :



Texte-fig. 49 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Renaultia lebachensis* (Weiss).

RENAULTIA ROTUNDIFOLIA (Andrae)

Planche 43

Néotype :

- . Echantillon figuré ici en 8, 8a, pl. 43
- . Origine : Bassin de la Ruhr, siège d'Eischweiler, 20e couche, Westphalien A supérieur
- . Collection : Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon

- 1862 *Sphenopteris marginata* Dawson, p. 321, pl. XV, fig. 38a, b
- 1865 *Sphenopteris rotundifolia* Andrae, p. 37, pl. XII, fig. 1, 1a, 2, 2a
- 1871 *Sphenopteris marginata*, Dawson, p. 52, pl. XVI, fig. 184
- v. (pars) 1885 *Haplopteris rotundifolia*, Stur, p. 31, pl. XLIV, fig. 1-5
- 1888 *Sphenopteris marginata*, Dawson, fig. 23D
- 1899 *Renaultia rotundifolia*, Zeiller, p. 17
- 1914 *Sphenopteris marginata*, Stopes, p. 32, pl. VIII, fig. 18-20 ; texte-fig. 1



- 1916 *Sphenopteris (Renaultia) Schwerini*, Arber, p. 142, pl. 2, fig. 1, 5 ; texte-fig. 1
v. (pars) 1923 *Renaultia rotundifolia*, Kidston, p. 317, pl. LXXX, fig. 1-6b
v. (pars) 1923 *Sphenopteris Laurenti*, Kidston, p. 69, pl. IX, fig. 1, lab. 2 ; pl. X, fig. 1-3
1928 *Sphenopteris rotundifolia*, Susta, pl. XXII, fig. 9
1944 *Sphenopteris (Renaultia) rotundifolia*, Bell, p. 71, pl. XIX ; pl. XX, fig. 5
1955a *Renaultia rotundifolia*, Danzé, p. 1566
1955b *Renaultia rotundifolia*, Danzé, p. 89, pl. V, fig. 2 ; texte-fig. 2a-e
v. 1956 *Renaultia rotundifolia*, Danzé (pars), p. 199, pl. XXXII, fig. 1, la, 2, 2a, 3 ?,
4, 4ab ; pl. XXXIII, fig. 2 non 1, lab
1962a *Sphenopteris rotundifolia*, R.H. Wagner, p. 85, pl. 3-5, fig. 6-8
1977 *Sphenopteris Laurenti*, Alvarez Ramis, p. 147, pl. III, fig. 2-3a

Diagnose :

(d'après Danzé, 1956, p. 200)* :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : assez opulent ; rachis nus, ronds, fins, droits ou légèrement flexueux, faisant entre eux des angles de l'ordre de 80° ;
pennes triangulaires, assez étroites, parfois largement recouvrantes ;
pinnules peu évoluées à contour entier, fixées par toute leur largeur sur le rachis ;
individualisation presque simultanée des deux lobes d'une même paire ; lobes très arrondis, massifs, très peu décurrents sur la nervure principale ; croissance apicale prédominante ; maximum de différenciation des pinnules correspondant à l'apparition de la quatrième paire de lobes ;
nervation ténue avec une nervure principale fine, sinueuse, envoyant dans chaque lobe une nervure secondaire plusieurs fois divisée.
- Feuillage fertile : identique au limbe stérile ; fructifications de type *Renaultia* composées de sporanges dépourvus d'anneau, isolés ou en petits groupes de 2-3 situés à l'extrémité des nervures secondaires ;
spores inconnues.

Description :

L'espèce ne semble pas très fréquente dans le bassin sarro-lorrain car nos collections n'en renferment que trois échantillons stériles. Les autres spécimens lorrains observés, eux aussi stériles, sont conservés dans la typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon et dans les collections du Museum für Naturkunde de Berlin. Leur description n'apportant aucun élément nouveau à la connaissance de l'espèce, je la limiterai aux quelques points ayant permis leur identification.

1) Organisation de la fronde :

Le spécimen lorrain le plus complet correspond à un fragment de penna d'ordre n-2 dont le rachis principal sinueux mesure 1 mm de large (pl. 43, fig. 8). Son stade de différenciation est donc inférieur d'un degré à celui de l'échantillon figuré par Andrae (pl. XII, fig. 2) mais les segments homologues sont de mêmes dimensions. La construction de la fronde est nettement catadrome.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Quel que soit leur ordre les rachis sont étroits, ronds, dépourvus d'ornementation et flexueux.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre sont triangulaires, étroites et non recouvrantes.

* Quelques modifications sont apportées au détail de l'organisation des fructifications pour les raisons invoquées p. 177

c.- pinnules :

Les pinnules peu évoluées sont entières, de contour ovale avec un bord anadrome très légèrement contracté à la base. Les lobes d'une même paire s'individualisent presque simultanément aussi les pinnules sont-elles à peu près symétriques. La différenciation des lobes s'accompagne d'un fort rétrécissement à la base de la pinnule. La croissance apicale prédominant nettement, la pinnule s'inscrit dans un triangle isocèle élevé (texte-fig. 50B).

d.- nervation :

Elle est très fine et constituée d'une nervure médiane sinueuse non décurrenente émettant vers chaque lobe une nervure secondaire une fois dichotome. Les ramifications nervuraires adoptent une disposition en éventail à l'intérieur de chaque lobe de façon à irriguer toute la surface limbaire (texte-fig. 50, A1).

Remarques et discussion :

Si tous les auteurs admettent l'identité de *Sphenopteris marginata* Dawson (1862) et de *R. rotundifolia* Andrae (1865) et acceptent volontiers l'entorse à la règle d'antériorité qu'implique la conservation du nom de *rotundifolia*, étant donné l'insuffisance de la description originale de Dawson, les avis sont très partagés en ce qui concerne les relations entre *R. rotundifolia* et *Sph. laurentii* Andrae (1865). Et il convient de les résumer ici pour expliquer le choix de la détermination retenue pour les spécimens lorrains.

Bien que les matériels originaux d'Andrae aient été récoltés dans les mêmes niveaux : Eischweiler, Ruhr, Westphalien A supérieur, certains auteurs : Kidston (1923, p. 318) ou Zeiller (1899, p. 17) considèrent *Sph. laurentii* et *R. rotundifolia* comme deux espèces distinctes et respectivement caractéristiques du Westphalien A et du Westphalien C.

Le léger recouvrement de leurs zones d'extension (Westphalien B) et leurs ressemblances morphologiques incitent au contraire P. Bertrand (1913, p. 325) à les rassembler dans une seule unité taxonomique qui aurait évolué au cours du temps.

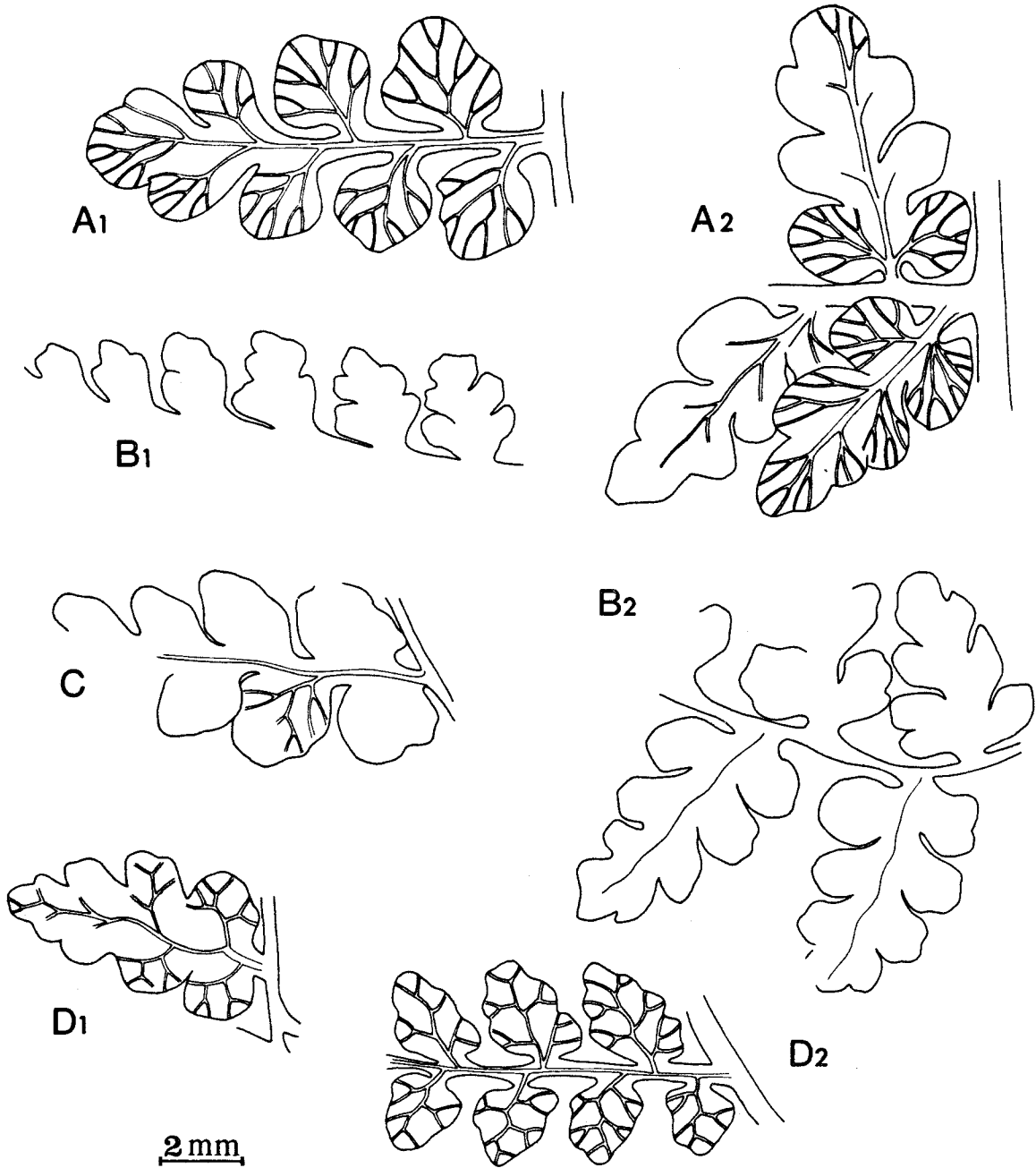
Danzé enfin (1956), bien que les décrivant séparément, serait prêt à se conformer à l'avis de P. Bertrand malgré les quelques différences qu'il relève (p. 205).

La diversité de ces interprétations résulte une fois encore de l'insuffisance des définitions originales et surtout de la perte des échantillons-types. Les seuls documents qui nous restent sont les figurations d'Andrae à propos desquelles quelques remarques s'imposent. Si le limbe de *Sph. rotundifolia* paraît plus opulent sur les schémas d'ensemble (pl. XII, fig. 1, 2) que celui de *Sph. laurentii* (pl. XIII, fig. 1, 2, 3), on ne constate aucune différence majeure entre les agrandissements 1a et 3a proposés respectivement pour les deux espèces par Andrae. Il est par conséquent très difficile dans ces conditions de se faire une opinion sur leur valeur spécifique.

Les auteurs précédents ont d'ailleurs vraisemblablement ressenti les mêmes difficultés de détermination. Ainsi l'échantillon déterminé *Sph. laurentii* par Zeiller (1886, pl. IX, fig. 4, 4ab) montre un limbe très opulent beaucoup plus proche des figurations originales de *Sph. rotundifolia*. Danzé rejette de la liste de synonymie de cette dernière espèce les figures 2-4, pl. XLIV de Stur (1885) pour les attribuer à *Sph. laurentii*. Pourtant le limbe de ces échantillons, conservés au Geologische Bundesanstalt de Vienne, est aussi très opulent et me paraît très bien correspondre aux figurations de *Sph. rotundifolia* par Kidston que Danzé accepte sans discussion ! Le spécimen déterminé *Sph. laurentii* et figuré par Kidston (pl. IX, fig. 1, lab) ne me paraît guère différent des échantillons figurés par ce même auteur sous le nom de *Sph. rotundifolia* (pl. LXXX, fig. 2-3). Enfin les échantillons figurés par Alvarez Ramis (1977, pl. III, fig. 2-3a) sous le nom de *Sph. laurentii*, avec leurs pinnules aux lobes largement arrondis me semblent tout aussi bien pouvoir être rapportés à l'espèce *rotundifolia*. Toutes ces contradictions soulignent l'ampleur du travail qui reste à accomplir sur ces différentes formes et tendraient à prouver leur synonymie.

Toutefois, faute de preuves et de références précises, j'ai décidé, après bien des hésitations, de maintenir les deux espèces séparées et de rapporter les échantillons lorrains à *Sph. rotundifolia* pour les raisons suivantes :

1/ Le limbe des spécimens lorrains est toujours très opulent et correspond davantage aux figurations originales de *Sph. rotundifolia* (texte-fig. 50A, B, C).



Texte-fig. 50 - Morphologie limbare de *Renaultia rotundifolia* (Andrae). Comparaison avec *Sphenopteris laurentii* Andrae.

A1-A2 - Reprise des dessins originaux d'Andrae représentant *Sphenopteris rotundifolia* (1865, pl. XII, fig. 1a, 2a).

B1-B2 - Quelques étapes de la différenciation limbare de l'échantillon lorrain figuré en 9, pl. 43.

C - Base d'une penne de dernier ordre, d'après l'échantillon figuré en 10, pl. 43.

D1-D2 - Reprise des dessins originaux d'Andrae représentant *Sphenopteris laurentii* (1865, pl. XIII, fig. 2b, 3a).



2/ *Sph. laurentii* a souvent été cité dans le bassin du Nord de la France et nos collections renferment un abondant matériel déterminé sous ce nom qui constitue un ensemble relativement homogène caractérisé par des pinnules triangulaires, un peu coriacées et de taille nettement plus petite que celle des échantillons lorrains.

3/ Les spécimens lorrains proviennent de niveaux datés Westphalien B moyen et supérieur, niveaux où il est plus fréquent de rencontrer *Sph. rotundifolia* d'après les partisans de la différenciation des deux espèces.

Aucune de ces raisons, prise séparément, n'est satisfaisante et il faudrait pouvoir disposer d'un matériel abondant provenant de niveaux allant du Westphalien A au Westphalien C pour espérer résoudre le problème de l'éventuelle synonymie des deux espèces. La position adoptée ici ne constitue qu'une solution d'attente.

L'attribution générique de *Sph. rotundifolia* (= ? *Sph. laurentii*) semble par contre à peu près certaine.

L'espèce *rotundifolia* a été rapportée pour la première fois au genre *Renaultia* par Zeiller (1899, p. 17) justement à l'occasion de l'étude de *Sph. laurentii*, mais aucune justification n'est donnée à cette attribution. Et quand Zeiller affirme que le *Sph. rotundifolia* est connu à l'état fertile il se réfère en fait au seul échantillon figuré par Stur en 1885 (pl. XLI, fig. 9). C'est à partir de cet échantillon que Kidston (1923, p. 317) donne la première description des fructifications de *R. rotundifolia*.

Or comme le fait judicieusement remarquer Danzé (1956, p. 203) le spécimen de Stur n'est guère typique de l'espèce *rotundifolia* : les pinnules sont beaucoup plus petites et plus aiguës que sur les figurations originales d'Andrae ou que sur les autres spécimens stériles rapportés par Stur à l'espèce. Je n'ai malheureusement pas retrouvé cet échantillon dans les collections viennoises mais avec ses sporanges disposés sur toute la surface du limbe, il rappelle certaines formes de *Myriotheca* Zeiller.

L'échantillon partiellement fructifié que figure Danzé (1956, pl. XXXII, fig. 4, 4ab) présente par contre quelques fragments stériles dont le limbe possède les caractéristiques essentielles de *Sph. rotundifolia* : pinnules opulentes à lobes largement arrondis, rachis flexueux. Les fructifications se composent de petits groupes de sporanges dépourvus d'anneau, situés à l'extrémité des nervures secondaires et répondant à la définition du genre *Renaultia*.

Autant j'approuve cette détermination de Danzé, autant l'attribution à *R. rotundifolia* du spécimen figuré par cet auteur en l, lab, pl. XXXIII me paraît douteuse. Les fructifications y sont situées sur le bord du limbe et apparaissent plutôt constituées de groupes de sporanges disposés de façon rayonnante à partir d'un réceptacle commun. En outre, l'aspect du limbe est très différent des pinnules à lobes arrondis du type d'Andrae.

Toutes ces réflexions m'ont conduite à décrire le matériel lorrain sous le nom de *Renaultia rotundifolia*. S'il s'avérait par la suite que les espèces *laurentii* et *rotundifolia* sont synonymes, le nom de *rotundifolia* serait vraisemblablement retenu puisque les premières descriptions des fructifications ont été données sous ce nom et qu'aucune priorité n'existe entre espèces créées dans une même publication.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

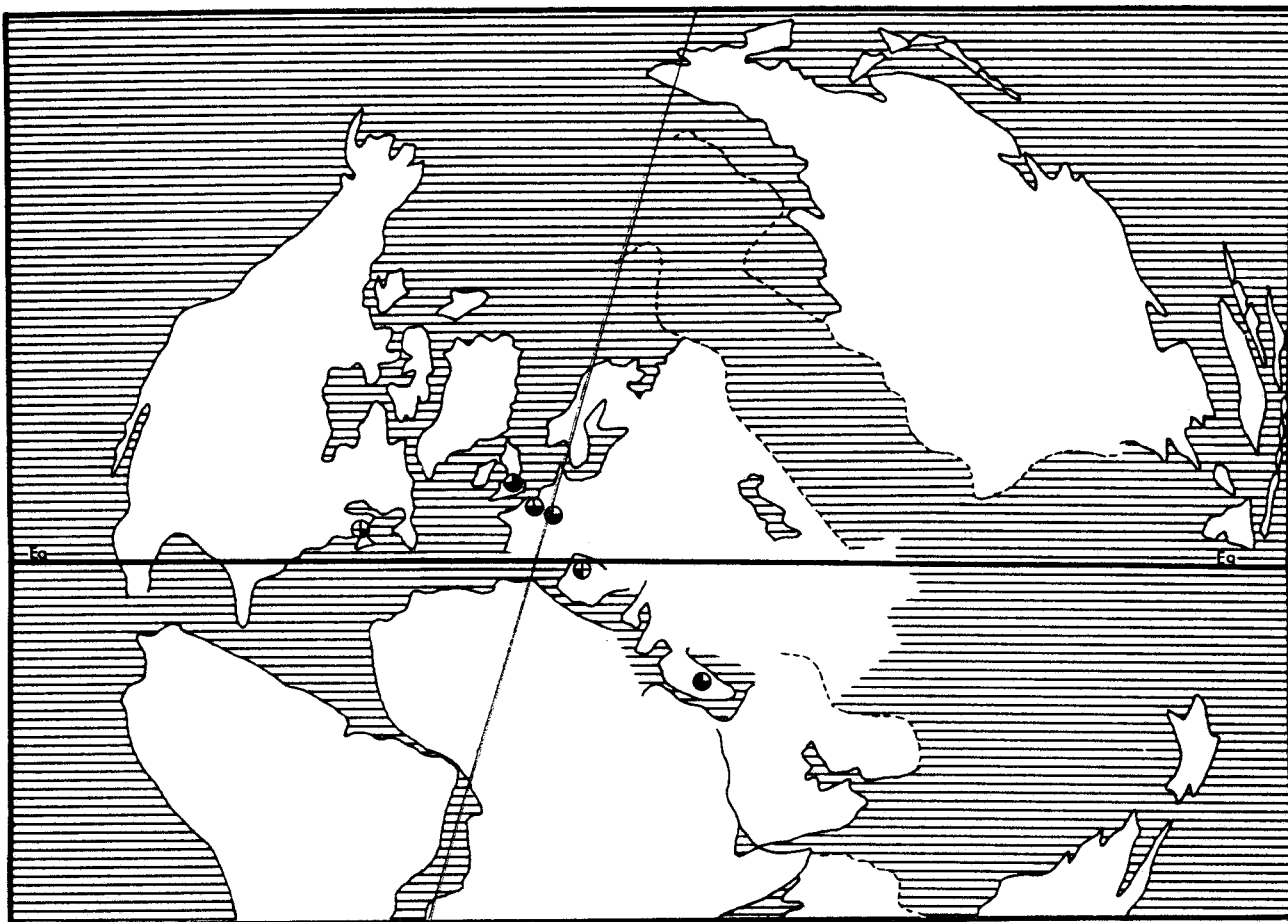
- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de Marienau 1 à 971,61 m, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434003).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de Hombourg 2/5 à 913,68 et 913,70 m, à 56 m sous T600, sommet du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434001-434002).
- Autres gisements :
 - Groupe d'Eischweiler, 20e couche, Westphalien A supérieur (Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).

- Groupe de *St-Ingbert*, sans autre précision, Westphalien B (Coll. Museum für Naturkunde de Berlin).
- Puits de *Wendel*, n° 11, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434004).

Renaultia rotundifolia est donc une espèce peu abondante dans le bassin sarro-lorrain mais sa répartition y est très vaste allant du sommet du faisceau de Rothell (Westphalien B supérieur) au 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang (Westphalien D inférieur).

Répartition générale :

Tant que le problème de l'éventuelle synonymie de *Sph. laurentii* et de *R. rotundifolia* n'aura pas été résolu, ce chapitre ne pourra être traité correctement. On considère pour l'instant que l'espèce *R. rotundifolia* est peu abondante dans le Westphalien B et qu'elle caractérise le Westphalien C. Elle serait présente en Belgique (Stur, 1885, p. 32), en Grande-Bretagne (Kidston, 1923, p. 319), en Espagne (R.H. Wagner, 1962a, p. 86 ; Alvarez Ramis, 1977, p. 147), en Turquie (Susta, 1928, pl. XXII, fig. 9) et au Canada (Bell, 1944, p. 71).



Texte-fig. 51 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Renaultia rotundifolia* (Andrae).

RENAULTIA SCHATZLARENSIS (Stur)

Planches 44-46

Remarque préliminaire :

Avant d'aborder l'étude de cette espèce, une mise au point très importante s'impose à propos de sa définition. *Hapalopteris schatzlarensis* fut créé par Stur (1885, p. 58, pl. XXXIX, fig. 7, 7a ; pl. XL, fig. 2-6) à partir d'un matériel provenant de Silésie et sa compréhension semblait n'avoir posé aucun problème ; les types étant bien conservés, l'espèce était facilement identifiable.

Les difficultés ressenties ici ont été indirectement provoquées par l'étude de *Zeilleria delicatula*. Le bassin sarro-lorrain ayant fourni quelques échantillons conformes à la plupart des figurations de cette dernière espèce, j'ai demandé à Monsieur le Conservateur du Musée de Prague * de bien vouloir m'envoyer quelques photographies de l'échantillon à partir duquel Sternberg (1825) avait défini l'espèce *Sph. delicatula*. L'étude de ces documents (pl. 44, fig. 5, 5a) amène les réflexions suivantes :

- 1/ Le dessin original de Sternberg (pl. XXVI, fig. 5) ne reflète pas parfaitement l'aspect réel du feuillage de l'échantillon : le limbe un peu stylisé y apparaît beaucoup plus gracieux et aéré.
- 2/ Le type de l'espèce *delicatula* est en fait très comparable par le développement et le mode de différenciation de son limbe au matériel à partir duquel Stur a défini *Renaultia (Hapalopteris) schatzlarensis* (pl. XL, fig. 2, 5). On y observe même une tendance des éléments basaux catadromes des penes d'ordre n-1 à devenir laciniés, transformation que l'on retrouve chez les formes typiques de *Renaultia schatzlarensis*.
- 3/ De ce fait, il apparaît que tous les échantillons figurés après 1825 sous le nom spécifique de *delicatula* ne sont pas conformes au type de Sternberg. C'est le cas en particulier du matériel très bien conservé décrit par Kidston (1884, 1924), matériel qui vraisemblablement a servi de référence à la plupart des auteurs, étant donné le peu d'informations que l'on pouvait tirer du dessin original de Sternberg. Ainsi donc :
 1. Une première erreur a été commise par Stur qui aurait dû déterminer son matériel *Hapalopteris delicatula* et non pas créer l'espèce nouvelle *schatzlarensis*.
 2. Kidston n'ayant sans doute pas eu la possibilité d'étudier le type de l'espèce *delicatula* s'est référé au seul dessin de Sternberg et a déterminé sous ce nom des spécimens différents du type.

Dans ces conditions, la solution théorique et conforme aux règles de nomenclature consisterait : 1/ à appeler *Renaultia delicatula* (Sternberg) tous les matériels décrits comme *Renaultia schatzlarensis* (Stur) ; 2/ à créer un taxon nouveau pour toutes les formes ayant été attribuées à tort à l'espèce *delicatula*. Mais en outre, l'espèce-type du genre *Zeilleria* défini par Kidston étant justement *Zeilleria delicatula*, cela entraînerait l'invalidation du genre *Zeilleria* avec toutes ses conséquences.

On voit donc combien la solution proposée provoquerait de bouleversements nomenclatureux et de risques de confusions. Et il me paraît beaucoup plus sage, même si ceci n'est pas très "réglementaire" de maintenir les choses en l'état en excluant de la synonymie de *Z. delicatula* l'échantillon de Sternberg et de choisir dans le matériel type de Kidston un nouveau type de cette espèce, en la désignant par *Z. delicatula* Kidston. Il sera demandé un *nominum conservandum* aux instances compétentes pour résoudre définitivement cette question.

* Je tiens à remercier vivement M. le Docteur Benès, Chef du Département de Paléontologie du Musée de Prague de m'avoir procuré aussi rapidement ces précieux documents d'excellente qualité.

Les échantillons décrits ici sous le nom de *Renaultia schatzlarensis* sont donc identiques aux types de Stur (et bien sûr à l'échantillon *Sph. delicatula* de Sternberg), ceux décrits sous le nom de *Zeillaria delicatula* Kidston (p.199) correspondent au matériel conforme à celui de Kidston.

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Stur 1885, pl. XL, fig. 4, repris ici en 1, 1a, pl. 44
- . Origine : Basse Silésie, *Neurode*, couches de Schatzlar, Westphalien A-C
- . Collection : Geologische Bundesanstalt de Vienne

- v. 1825 *Sphaenopteris delicatula* Sternberg, fasc. II, p. 30, pl. XXVI, fig. 5 ; fasc. IV, p. XVI ; fasc. V-VI, p. 60
- ? 1828 *Sphenopteris delicatula* ? Brongniart, p. 185, pl. 58, fig. 4
- ? 1848 *Sphenopteris delicatula*, Sauveur, pl. XXIII, fig. 5
- ? 1868 *Trichomanoides delicatulus*, Roehl, p. 68, pl. XVI, fig. 6B, 6Bb
- v. 1885 *Hapalopteris Schatzlarensis* Stur, p. 58, pl. XXXIX, fig. 7, 7a ; pl. XL, fig. 2-6 ; texte-fig. 11
- v. 1885 *Hapalopteris Aschenborni* Stur, p. 63, pl. XXXIX, fig. 6 ; texte-fig. 12ab
- 1899 *Sphenopteris (Renaultia) schatzlarensis*, Zeiller, p. 15, pl. I, fig. 11
- 1908 *Ovopteridium Schatzlarensis*, Behrend, p. 37
- 1910 *Sphenopteris (Renaultia) Schatzlarensis*, Deltenre in Renier, pl. 63
- v. 1913 *Sphenopteris* (? *Renaultia*, ? *Boweria*) *schatzlarensis*, Gothan, p. 139, pl. 28, fig. 5, 5a (= *Hapalopteris Aschenborni* Stur) ; pl. 29, fig. 1-4
- v. 1923 *Sphenopteris* (? *Renaultia*) *Schatzlarensis*, Kidston, p. 123, pl. XXIX, fig. 4 ; pl. XXX, fig. 1, 1a
- v. 1923 *Sph. (Renaultia) Schatzlarensis*, Gothan, p. 46, pl. 10a, fig. 1, 2
- v. 1941 *Sphenopteris (Renaultia) schatzlarensis*, Gothan, p. 25, pl. 56, fig. 1, 1a, 2, 2a, 3
- 1952 *Renaultia schatzlarensis*, Novik, p. 87, pl. IX, fig. 4
- 1955 *Sphenopteris schatzlarensis*, Daber, p. 9, pl. VIII, fig. 1, 1a
- v. 1956 *Renaultia schatzlarensis*, Danzé, p. 175, pl. XXVI ; texte-fig. 9
- 1957 *Renaultia schatzlarensis*, Stopa, p. 67, pl. XXI, fig. 1-4
- 1958 *Renaultia schatzlarensis*, Aderca et al., pl. V, fig. 6, 6ab, 7
- v. 1959 *Sphenopteris schatzlarensis*, W. Remy et R. Remy, texte-fig. 98
- 1966c *Sphenopteris schatzlarensis*, R.H. Wagner, p. 119, pl. 24, fig. 49, 49a
- 1972 *Renaultia schatzlarensis*, Migier, pl. IX, fig. 4 ?, 6
- v. 1978 *Sphenopteris (Renaultia) schatzlarensis*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 24, pl. 11, fig. 4, 5 ; texte-fig. 39

La morphologie limbaire de *Renaultia schatzlarensis* est susceptible de beaucoup varier en fonction du degré de différenciation atteint et de la position relative des échantillons par rapport à l'ensemble de la fronde. Des segments de même taille peuvent présenter un feuillage très aéré et relativement peu divisé quand il s'agit d'extrémités ou au contraire un limbe fourni et profondément découpé quand on a affaire à des fragments situés vers la base de la fronde. Dans un souci de clarté la forme la plus couramment rencontrée, intermédiaire entre ces deux cas extrêmes, sera la seule retenue pour l'établissement de la diagnose. Et je prie le lecteur de bien vouloir se reporter à la description pour mieux apprécier la variabilité offerte par *Renaultia schatzlarensis*.

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : délicat, très découpé, polymorphe et dont la différenciation est très rapide ; rachis couverts d'une fine striation longitudinale et de nombreuses ponctuations (bases d'appendices plus ou moins épineux), faisant entre eux des angles variant de 70 à 80° ; rachis n et n-1 non décurrents, souples, rachis n-2 et n-3 larges et plats ; rachis de dernier ordre très légèrement ailés ; ahlébies dichotomes, de grande taille, en position anadrome, insérées dans l'angle formé par les rachis n-2 et n-3 ; aucune modification du limbe à la base des autres segments ; pennes triangulaires allongées non recouvrantes ;

pinnules à peine individualisées (ou lobes) en forme de languettes, inclinées de 30° sur le rachis, très allongées, fortement décurrentes, avec un sommet aigu ; différenciation apicale alterne des lobes très rapide : lobes allongés, aux sommets pointus, serrés les uns contre les autres en faisceau ; division du lobe basal anadrome contemporaine de l'apparition de la 3ème paire de lobes ; tous les lobes ont amorcé leur division quand se forme la 4ème paire de lobes : la pinnule passe au rang de penne ; elle atteint 4-5 mm ; élément basal anadrome souvent un peu plus divisé que son équivalent catadrome ; nervation fine mais bien visible ; nervure principale droite, non décurrente, émettant une ramification vers chaque lobe, divisée autant de fois qu'il est nécessaire pour irriguer toutes les indentations du limbe ; divisions simultanées du limbe et de la nervation.

- Feuillage fertile : identique au limbe stérile ; développement acroscopique des fructifications ; sporanges dépourvus d'anneau, situés à la face inférieure du limbe, le plus souvent groupés par 3, 4, 5 ? au sommet des lobes ; spores inconnues.

Description :

Le bassin houiller sarro-lorrain a fourni un matériel relativement abondant se rapportant à l'espèce *R. schatzlarensis*, dont un échantillon porteur d'un fragment fertile où l'organisation des fructifications apparaît nettement.

En outre, l'examen du matériel rassemblé par Gothan et conservé au Museum für Naturkunde de Berlin m'a permis d'une part de vérifier la détermination mise en doute par certains auteurs du grand spécimen figuré par Gothan (1941, pl. 56, fig. 1-2a), et d'autre part de mettre en évidence l'extrême variabilité morphologique de l'espèce.

1) Organisation de la fronde :

Les deux échantillons les mieux différenciés correspondent à des fragments de penne n-2 insérées sur des rachis n-3 conservés sur quelques centimètres (pl. 46, fig. 4, 4a). La fronde est donc au moins quadripinnatifide, sa construction s'avère catadrome.

2) Feuillage stérile :

Toujours profondément découpé, il se révèle particulièrement polymorphe.

a.- rachis :

Alors que les rachis n et n-1 fins et arrondis (sauf à leurs extrémités) apparaissent relativement souples, les rachis n-2 et n-3 larges et plats devaient au contraire être très rigides, ce qui contraste avec la délicatesse des éléments limbaires. Tous sont couverts d'une fine striation longitudinale et portent de nombreuses ponctuations, bases d'appendices plus ou moins épineux. Ils font entre eux des angles variant de 70 à 85° et seuls les rachis n-2 montrent une nette décurrence.

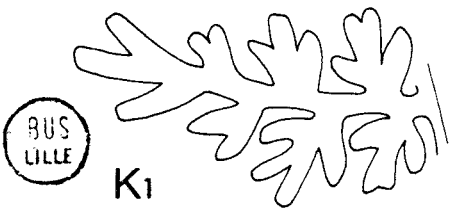
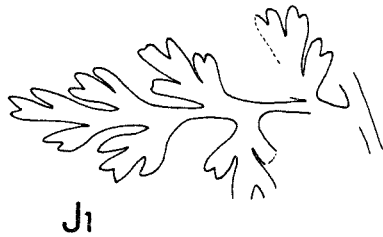
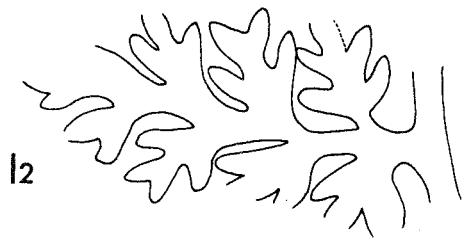
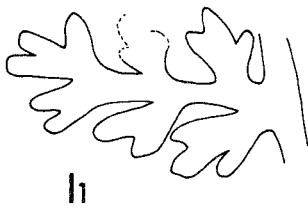
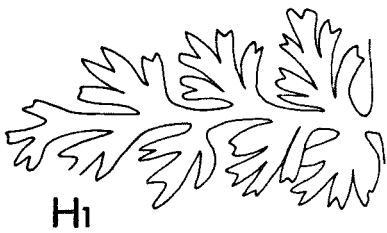
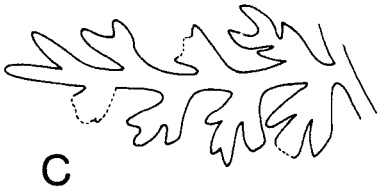
Une aphilébie dichotome de grande taille occupe l'angle anadrome formé par les rachis n-2 et n-3 et ne possède pas d'équivalent catadrome (pl. 45, fig. 1). Je n'ai observé aucune autre modification limbairé des éléments basaux des différents segments à l'exception d'une légère déformation d'une des penne basales de dernier ordre d'un de nos échantillons (pl. 44, fig. 4 ; texte-fig. 52, H2). Il doit s'agir sans doute d'une malformation locale comme il est courant d'en observer chez les fougères actuelles.

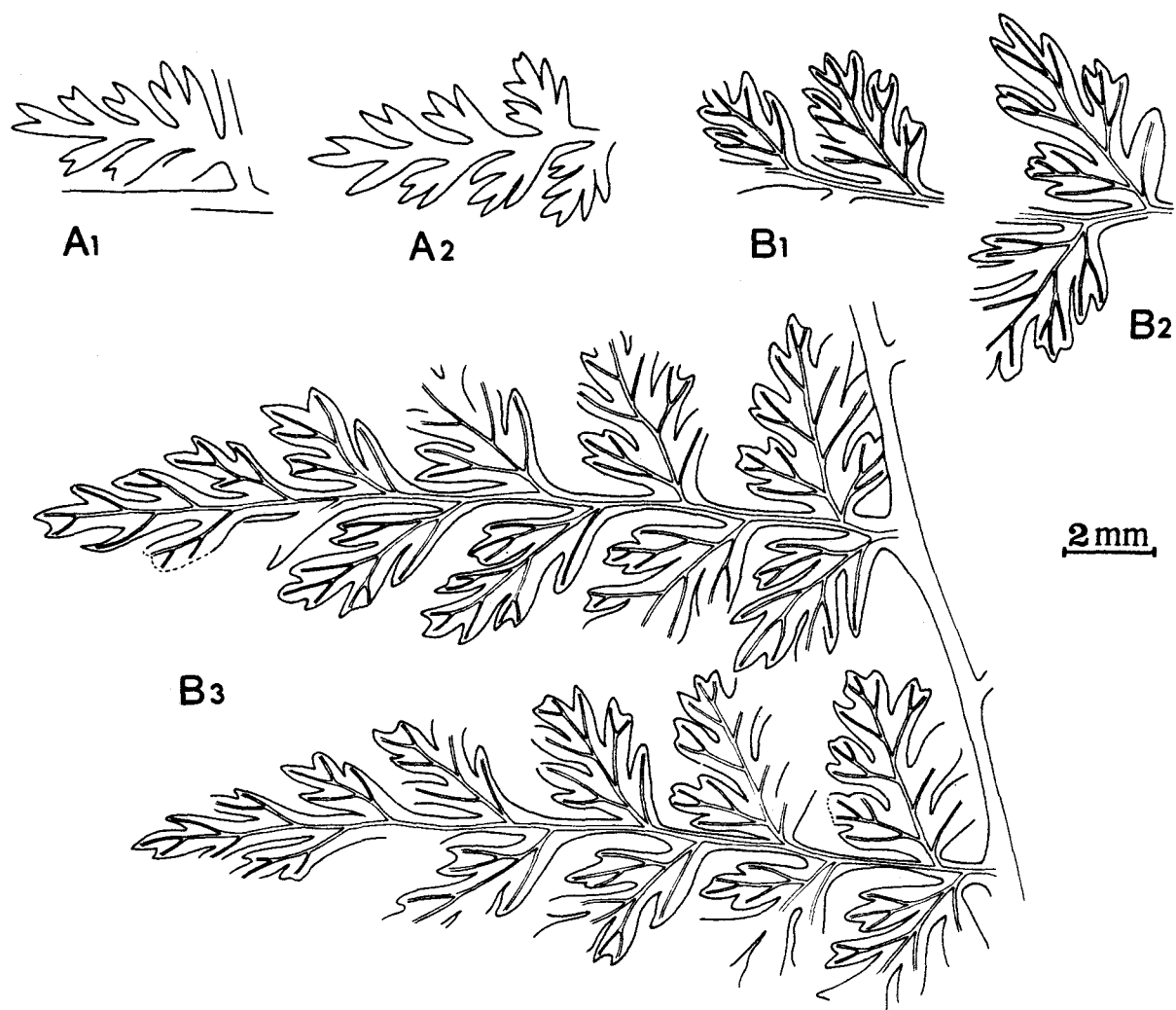
b.- penne :

Elles ne sont jamais recouvrantes quels que soient l'opulence du limbe et son degré de différenciation. Leur allure est susceptible de beaucoup varier en fonction de leur position dans la fronde. La texte-fig. 52 présente plusieurs penne de dernier ordre, de tailles équivalentes (longueur 7 ou 8 mm) et occupant une position similaire par rapport aux extrémités des penne n-1 correspondantes (5ème ou 6ème élément à partir de l'apex). Ces dessins représentés à la même échelle ont été réalisés :

- pour A d'après le type d'*Haplopteris schatzlarensis* de Stur (pl. XL, fig. 4) repris ici en 1, pl. 44,

2 mm





Texte-fig. 53 - Quelques stades de différenciation limbaire présentés par deux échantillons lorrains rapportés à *Renaultia schatzlarensis* (Stur), dont celui figuré en 1, pl. 46. Comparer avec la texte-fig. 52.

Texte-fig. 52 - Variabilité morphologique de *Renaultia schatzlarensis* (Stur). Comparaison avec *Zeilleria delicatula* Kidston non Sternberg.

Toutes les penne de cette figure occupent à peu près la même position par rapport aux extrémités : elles correspondent au 5e ou 6e segment.

A - Extrémité de penne dessinée d'après l'échantillon de Stur choisi comme lectotype (1885, pl. XL, fig. 4), repris ici en 1, pl. 44.

B - Penne d'avant-dernier ordre, d'après un échantillon déterminé *R. schatzlarensis* par Gothan et conservé à Berlin, figuré ici en 2, pl. 45.

C - Extrémité de penne d'après un échantillon déterminé *R. schatzlarensis* par Gothan et conservé à Berlin, figuré ici en 5, pl. 45.

E1-E2 - Fragments dessinés d'après l'holotype de *Sphenopteris aschenbornii* (Stur, 1885, pl. XXXIX, fig. 6), repris ici en 2, pl. 44.

D, F - Fragments dessinés à partir d'un échantillon déterminé *R. schatzlarensis* conservé dans nos collections et provenant des couches de Karwin, figuré en 3, pl. 44.

G - Penne dessinée à partir de l'échantillon figuré par Gothan, 1913, pl. 29, fig. 1, provenant de la même localité que les spécimens représentés en B et C, figuré ici en 3, pl. 45.

H1-H2 - Fragments de notre échantillon figuré en 4, pl. 44.

I1-I2 - Fragments dessinés d'après le grand spécimen figuré par Gothan, 1941, pl. 56, fig. 1-2a, repris ici en 1, pl. 45.

J1-J2 - Fragments dessinés d'après l'échantillon que Sternberg avait choisi comme holotype de *Zeilleria delicatula* (1825, pl. XXVI, fig. 5) repris ici en 5, pl. 44.

K1-K3 - Fragments dessinés d'après l'échantillon déterminé *Zeilleria delicatula* par Kidston (1923, pl. XCVII, fig. 4a-b), choisi comme néotype de cette espèce et refiguré ici en 1, pl. 48.

- pour B, C, G d'après des échantillons déterminés *R. schatzlarensis* par Gothan, conservés à Berlin et de même origine,
- pour E1, E2 d'après le type d'*Haplopteris aschenbornii* de Stur (pl. XXXIX, fig. 6) repris ici en 2, pl. 44,
- pour D, F d'après un spécimen de nos collections provenant des couches de Karwin équivalentes à celles où Stur a récolté le matériel type,
- pour H1, H2 d'après l'échantillon lorrain figuré en 4, pl. 44,
- pour I1, I2 d'après le spécimen figuré par Gothan 1941, pl. 56, fig. 1-2a repris ici en 1, pl. 45,
- pour J1, J2 d'après l'échantillon que Sternberg (1825, pl. XXVI, fig. 5) avait choisi comme holotype de *Zeilleria delicatula* repris ici en 5, pl. 44.

De toutes ces figures, les formes B, E1, G sont les plus couramment rencontrées mais elles sont loin de rendre compte de la variabilité de l'espèce. La comparaison fait ressortir :

- qu'il existe pour un même degré de différenciation des formes opulentes contrastant avec des plantes dont le limbe est au contraire plus gracile,
- que certaines extrémités se caractérisent par un limbe extrêmement réduit et peu divisé (A, C),
- que la différenciation limbairre peut être particulièrement rapide - comparer les dessins A, B, H1 représentant des segments occupant une même position par rapport à une extrémité de penne.

Renaultia schatzlarensis présente donc une importante échelle de variations morphologiques au sein de laquelle la plupart des échantillons de Stur occupent une position intermédiaire. Un seul échantillon (Stur, pl. XL, fig. 4), correspondant à une extrémité, se caractérise par un limbe réduit et peu divisé*. Je discuterai un peu plus loin de la position que devaient occuper ces divers segments par rapport à l'ensemble de la fronde. Quels que soient l'aspect du feuillage et la taille des segments, le mode de différenciation des pinnules apparaît constant.

c.- pinnules :

Elles se caractérisent par un limbe profondément découpé en lobes allongés, en forme de languettes, dont les sommets aigus restent orientés vers l'apex de la pinnule. C'est ce qu'a voulu représenter Stur sur sa figure 7a, pl. XXXIX.

La texte-fig. 53 récapitule les étapes successives de la différenciation limbairre. La pinnule peu individualisée (ou lobe) est allongée, inclinée sur le rachis (20-30°), son apex est pointu, son bord catadrome très décurrent. Une première incision se forme côté catadrome alors que la pinnule se redresse légèrement. Les lobes s'individualisent alternativement et très rapidement de part et d'autre de l'apex mais restent toujours inclinés sur la nervure médiane, constituant un faisceau dirigé vers le sommet de la pinnule (texte-fig. 53, A2). La division du lobe basal anadrome est déjà amorcée quand apparaît le 3ème lobe catadrome et parfois même dès la formation du 2ème lobe anadrome. On peut considérer que la pinnule passe au rang de penne quand se différencie la 4ème paire de lobes apicaux : les lobes précédemment formés sont déjà largement indentés, les sillons qui les séparent atteignent la nervure médiane, la base de la pinnule s'est aussi très rétrécie. Un tel segment mesure de 4 à 5 mm de long. L'intensité des divisions et l'opulence du limbe sont identiques pour les deux côtés de la pinnule sauf pour le lobe basal anadrome généralement un peu plus différencié (texte-fig. 53, B3). Une légère dissymétrie apparaît parfois, elle est due au fait que les éléments catadromes restent inclinés sur la nervure médiane alors que leurs équivalents anadromes ont tendance à s'en écarter.

d.- nervation :

Elle est fine mais bien visible. La nervure principale non décurrente est presque rectiligne. Elle envoie une ramification dans chaque lobe, laquelle se divise autant de fois qu'il est nécessaire pour irriguer toutes les indentations du limbe. Chaque nervure occupe une position médiane parfaite dans le lobe qu'elle innerve (texte-fig. 53).

* Cet échantillon a néanmoins été choisi comme lectotype puisqu'il est l'unique spécimen du matériel original de Stur encore conservé dans les collections du Geologische Bundesanstalt de Vienne.

3) Feuillage fertile :

L'échantillon fertile dont je dispose est un peu moins fructifié que celui figuré par Stur en 6, pl. XL ou que le spécimen décrit par Danzé (pl. XXVI, fig. 3, 3a). Le développement acroscopique des fructifications n'a pas atteint la totalité du limbe ce qui a permis de vérifier que la fertilisation n'en altère pas la morphologie. La nature du schiste rend difficile l'observation de la découpe du limbe laquelle n'apparaît nettement qu'en utilisant du xylène (pl. 46, fig. 1, la-c).

Les sporanges dépourvus d'anneau sont groupés par 3, 4, 5 ? aux extrémités des lobes apicaux ce qui donne à ces derniers une allure tronquée alors que les lobes basaux encore stériles n'ont subi aucune modification. Cette organisation des fructifications en petits groupes de sporanges juxtaposés aux extrémités des nervures, mais situés sur le limbe, correspond bien au genre *Renaultia*. Danzé (1956, p. 177, texte-fig. 8c) signale la présence d'un stomium constitué de 1 ou 2 cellules arrondies entourées de 4 à 6 cellules un peu plus larges que les cellules normales de la paroi. La qualité de notre matériel n'a pas permis une telle observation.

J'avais effectué un prélèvement sur le spécimen largement fructifié de Stur (pl. XL, fig. 6) ; il s'est révélé infructueux comme d'ailleurs ceux pratiqués sur l'échantillon lorrain et sur le spécimen de Danzé (pl. XXVI, fig. 3, 3a).

Remarques et discussion :

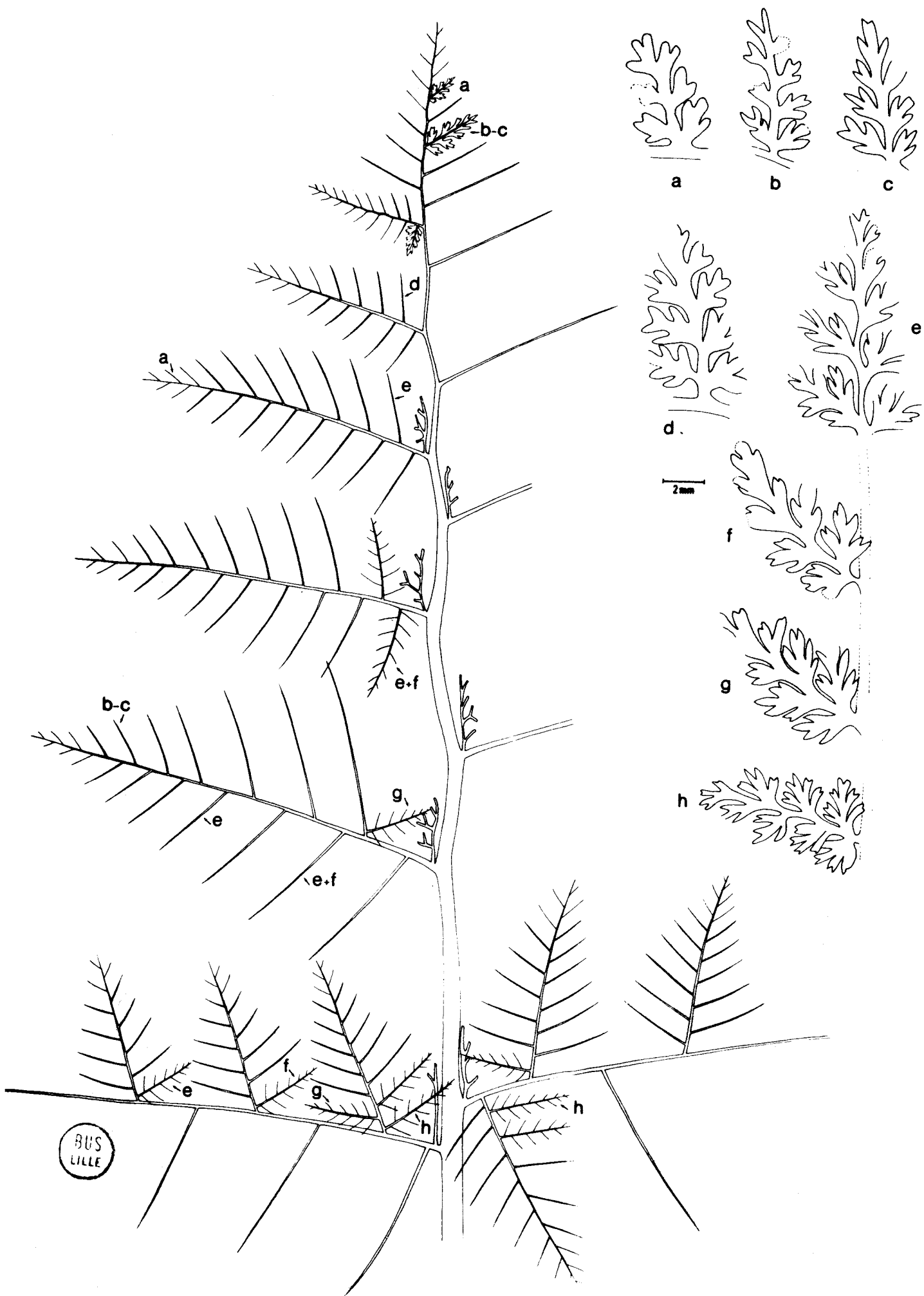
Les échantillons sarro-lorrains entrent parfaitement dans le cadre de l'échelle des variations de *Renaultia schatzlarensis* et correspondent à des formes relativement opulentes. Cette grande variabilité de l'espèce n'a pu être mise en évidence que par la révision de tous les matériels types et figurés et des échantillons conservés dans les principales collections européennes.

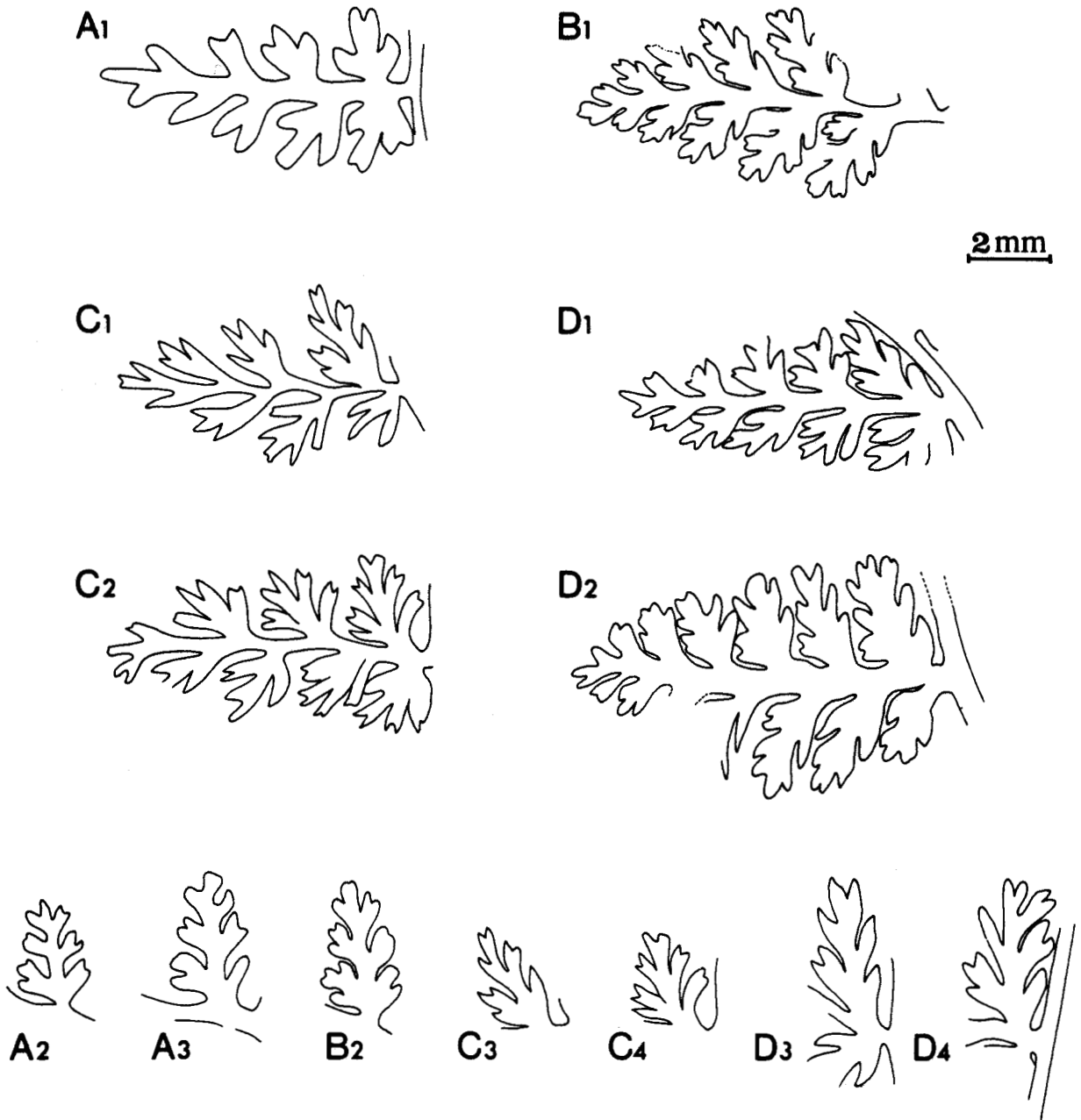
Gothan (1941, pl. 56, fig. 1, la, 2, 2a = ici pl. 45, fig. 1, la) donne plusieurs figurations de *Sphenopteris* (*Renaultia*) *schatzlarensis* à propos desquelles Danzé (1956, p. 178-179) émet un certain nombre de réserves. Il considère en effet que les figures 1, la correspondent plutôt à des fragments de *Zeilleria delicatula* (Sternberg) par la largeur du rachis et que les figures 2, 2a constituent une variété de *Renaultia schatzlarensis*. Ces remarques sont sans objet puisque les diverses figurations de Gothan se rapportent à un seul et même spécimen partiellement fructifié. Je vais démontrer que cet échantillon est bien représentatif de *Renaultia schatzlarensis* et souligner combien il est important pour la compréhension de l'organisation de la fronde et de sa reconstitution. Il se compose d'un rachis n-3 plat et large (5 mm) sur lequel s'insèrent trois pennes d'ordre n-2, une grande ahlébie dichotome occupant l'angle anadrome formé par les rachis n-2 et n-3. L'un des rachis n-2 (le plus à droite sur la figure de Gothan) porte trois pennes d'ordre n-1 au limbe découpé et gracile. Les deux autres fragments de pennes n-2 visibles respectivement à droite et à gauche de la figure ne sont attachés à aucun des rachis précédents, celui de gauche correspondant à la base de la penne partiellement fertile figurée en 2.

Les dessins I1, I2 de la texte-fig. 52 ont été réalisés d'après les segments indiqués par des flèches sur la photographie 1, pl. 45 reprenant en partie l'original de Gothan. Leur allure est tout à fait comparable à celle de la penne A (même texte-fig.) et par conséquent le limbe de l'échantillon de Gothan correspond bien à celui de *Renaultia schatzlarensis*.

A partir de l'observation de ce grand spécimen, assez exceptionnel par le nombre et la taille des rachis qu'il conserve, et des croquis de la texte-fig. 52, je propose une reconstitution de l'organisation de la fronde (texte-fig. 54) dont le degré de différenciation augmente progressivement. Chacun des échantillons figurés par Stur et Gothan y trouve sa place ainsi que le spécimen provenant des couches de Karwin et le fragment lorrain profondément découpé.

Cette reconstitution permet d'intégrer l'échantillon pour lequel Stur (1885, p. 63, pl. XXXIX, fig. 6) avait créé l'espèce *Hapalopteris aschenbornii*, qui se révèle synonyme de *Renaultia schatzlarensis*. D'ailleurs Behrend (1908, p. 37) puis Gothan (1913, p. 140) considèrent déjà ces deux espèces comme synonymes. Danzé (1956, p. 179) ne partage pas cette opinion et caractérise l'espèce *aschenbornii* par ses "lobes très accolés et obliques donnant à la pinnule une allure de faisceau" et "par la fine ponctuation de ses axes". Les dessins de la texte-fig. 52A, E réalisés à partir des types de Stur montrent l'identité morphologi-





Texte-fig. 55 - Comparaison des morphologies limbaires de *Zeilleria delicatula* Kidston non Sternberg (A1-A3), d'*Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier) (B1-B2), de *Renaultia schatzlarensis* (Stur) (C1-C4) et de *Sphenopteris bronni* Gutbier (D1-D4).

Texte-fig. 54 - Reconstitution de l'organisation de la fronde de *Renaultia schatzlarensis* (Stur). Les croquis a-h repris de la texte-fig. 52 donnent une idée de la différenciation du limbe aux endroits signalés par des flèches.

Correspondance avec la texte-fig. 52 :
a = I1 c = A e = B
b = C d = I2 f = D

g = E1
h = H1



que des éléments limbaires ultimes des deux espèces. Par ailleurs, les figurations originales de *Renaultia schatzlarensis* montrent des rachis couverts d'une très fine ponctuation. Les deux fragments de penne n-2 de "l'espèce" *H. aschenbornii* montrent un degré de division très légèrement supérieur au spécimen de *Renaultia schatzlarensis* figuré en 3, pl. XL par Stur, mais inférieur à celui de la figure 2.

En outre, cette reconstitution cadre assez bien avec le grand spécimen figuré par Stur (pl. XL, fig. 2) dont la partie sommitale est malheureusement mal conservée. La fronde de *Renaultia schatzlarensis* devait atteindre une taille importante si l'on compare la largeur des rachis n-2 de l'échantillon de Stur avec ceux de l'échantillon de Gothan.

Cette espèce très polymorphe est relativement facile à identifier quand le matériel correspond à des fragments occupant une position moyenne par rapport à l'ensemble de la fronde. Par contre, quand on a affaire à des extrémités au limbe gracile et peu divisé, certaines confusions peuvent se produire en particulier avec l'espèce *Zeilleria delicatula* Kidston non Sternberg. Les meilleures figurations de cette espèce qui se caractérise par la délicatesse de son limbe sont celles de Kidston (1924, pl. XCVII, fig. 4, 4ab, 5, 5a). Les dessins K1, K3 de la texte-fig. 52, réalisés d'après les originaux de Kidston représentent des penne de dernier ordre de mêmes dimensions que les penne qui ont servi à illustrer la variabilité morphologique de *Renaultia schatzlarensis*. La comparaison de ces divers croquis révèle que si le degré de division limbair est supérieur chez *Zeilleria delicatula* en ce qui concerne les extrémités, la vitesse d'évolution de la différenciation apparaît par contre beaucoup plus lente. On ne constate aucune augmentation flagrante de l'intensité du degré de division sur le grand spécimen de *Zeilleria delicatula* figuré par Kidston (pl. XCVII, fig. 4) alors que la rapidité de différenciation est remarquable sur l'échantillon très fragmentaire de *Renaultia schatzlarensis* figuré par Stur (pl. XL, fig. 5). Etant donné que les deux espèces ont en commun des rachis larges et plats, également ponctués, des éléments limbaires de taille équivalente et un mode de différenciation identique, la vitesse relative de division ne paraît constituer le critère le plus satisfaisant pour les différencier. Encore faut-il disposer de fragments suffisamment grands pour pouvoir l'utiliser.

Une autre espèce présente certaines ressemblances avec *Renaultia schatzlarensis*. Il s'agit de *Sphenopteris bronni* Gutbier dont Danzé fait un synonyme de *Zeilleria delicatula*. J'exposerai dans la discussion relative à cette dernière espèce les raisons pour lesquelles je réfute cette synonymie et considère l'espèce *bronni* comme une entité bien définie. J'ai retrouvé dans les collections du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris des topotypes de l'espèce de Gutbier donnant une bonne idée de la différenciation et de la morphologie limbaires. L'espèce *bronni*, qui possède également un limbe délicat, aux lobes allongés et aigus, se distingue de *Renaultia schatzlarensis* :

- par une différenciation plus lente du limbe ;
- par une disposition tout à fait caractéristique des éléments limbaires : une pinnule moyennement évoluée est rendue dissymétrique du fait que les lobes catadromes généralement indivis sont très inclinés par rapport à la nervure médiane alors que les lobes anadromes souvent bifides s'en écartent. Cette désharmonie se retrouve au niveau des penne de dernier ordre, les pinnules anadromes ayant leur bord postérieur parallèle au rachis n-1 alors que leurs équivalents catadromes au limbe généralement plus réduit sont inclinés sur le rachis n (pl. 82, fig. 1a). La texte-fig. 55 résume les différences observées au niveau des pinnules anadromes entre *Renaultia schatzlarensis*, *Zeilleria delicatula* et *Sphenopteris bronni**; chaque pinnule mesure environ 4 mm de longueur et se situe à la base d'une penne de 10 à 11 mm.

Danzé (1956, p. 178) réfute l'attribution à *Renaultia schatzlarensis* du grand spécimen figuré par Kidston (1923, pl. XXX, fig. 1, 1a). Il reconnaît que la morphologie limbair correspond à l'espèce de Stur mais rapporte l'échantillon à *Zeilleria delicatula* du fait de la largeur des rachis. Compte tenu de tout ce que nous avons dit précédemment, il est évident que ce spécimen représente bien *Renaultia schatzlarensis*. Il est constitué d'un fragment de penne n-2 inséré sur un rachis large et plat ; de grandes aphlébies dichotomes occupent les angles anadromes formés par les rachis n-2, n-3. Il est donc tout à fait comparable au spécimen de Gothan mais présente un degré de différenciation limbair légèrement supérieur.

* L'espèce *Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier) également représentée sur la texte-fig. 55 ne peut être confondue avec *Renaultia schatzlarensis* dont les lobes beaucoup plus aigus sont aussi plus allongés et nettement mieux individualisés. Elle est au contraire plus proche de *Zeilleria delicatula* Kidston.

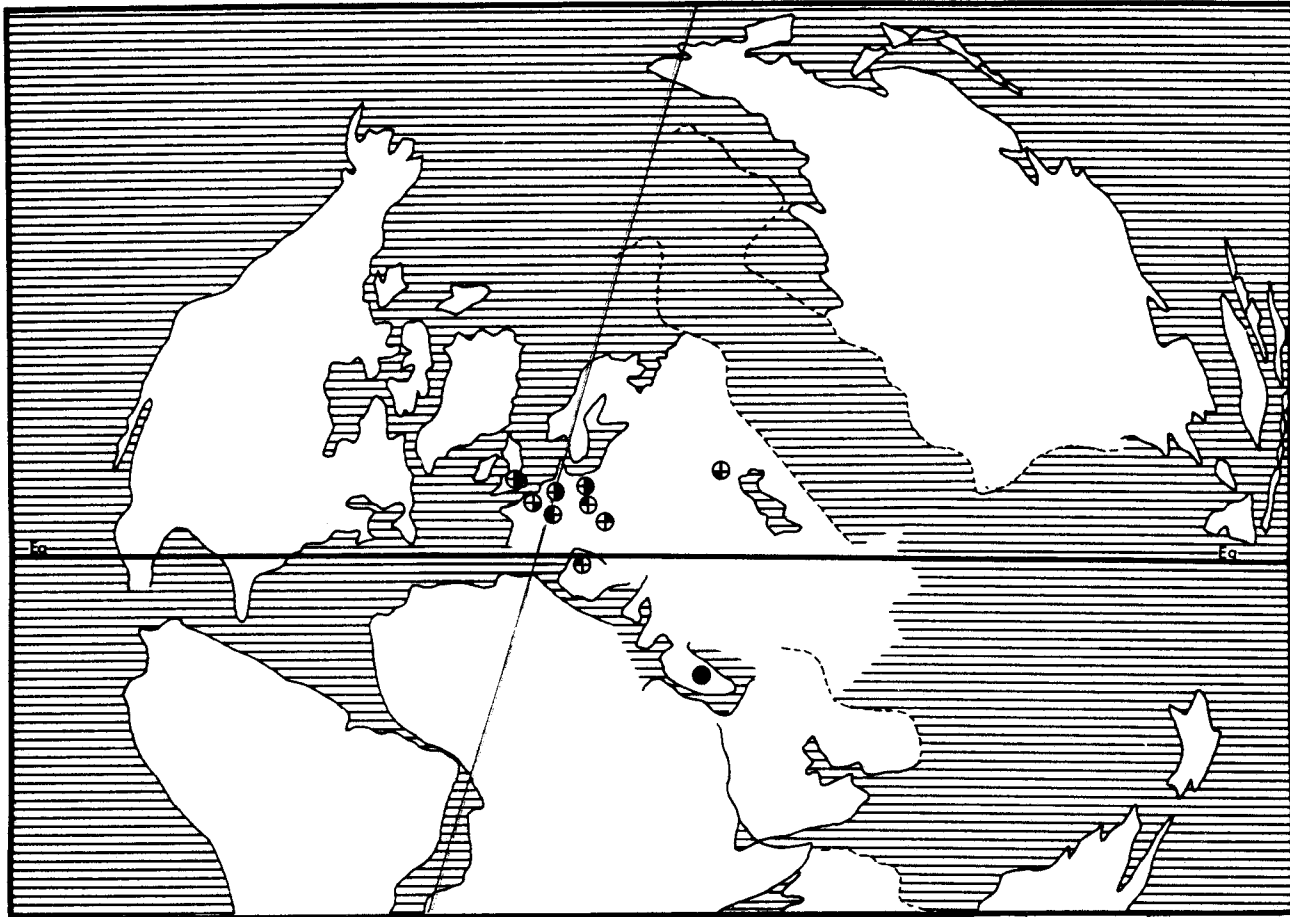
Les figurations de l'ouvrage de Stopa (1957, pl. XXI, fig. 1-4) ne sont malheureusement pas nettes. Leur limbe très délicat rappelle les extrémités de *Renaultia schatzlarensis*, mais il est difficile de se prononcer sur l'exactitude des déterminations. Il en est de même des illustrations photographiques de R.H. Wagner (1966c, pl. 24, fig. 49, 49a) et de Migier (1972, pl. IX, fig. 4) qui ont beaucoup perdu à l'impression.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de *Guerting C4* à 797,65 et 871,90 m, pour information, veine Henri à 872 m, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434070-434071).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage d'*Atton* à 809,00 m, entre les T300 et T400, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Cocheren 7* à 999,61 m, mur de la veine Georgette, 1/3 moyen du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434060).
 - Sondage d'*Hargarten 1* à 784,22 m, 100 m sous le conglomérat de Halz, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434072).
 - Sondage de *Hombourg 2/6* à 750,83 m, toit de la veine F, à 150 m au-dessus de T300, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434073).
 - Groupe de *Jägersfreude*, veine 9, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/3851, éch. figuré par Alvarez-Ramis et al. 1978, pl. 11, fig. 5).
 - Sondage de *Laudrefang* à 605,00 m, sommet du conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434074).
 - Sondage de *Marienu 1* à 1182,19 m, pour information T200 à 1272 m, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434061).
 - Sondage de *Marienu 2* à 871,92 m, toit de la veine E, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434062).
 - Sondage de *Marienu 3* à 1049,98 et 1065,25 m, à 80 et 100 m sous T40, 1/3 supérieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434064-434065).
 - Siège de *Merlebach*, fosse 5, veine Cecilia, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434079).
 - Siège de *Petite-Rosselle*, sans autre précision (Coll. Haas n° 568, 630 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434077-434078).
 - Sondage de *Rosbrück* à 1077,25 et 1161,45 m, juste sous le conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434075-434076).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 724,90 ; 745,09 ; 1220,19 ; 1220,20 ; 1235, 26, pour information T300 à 1039,87 m, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck et 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434051-434055).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 610,98 ; 1025,54 ; 1025,56 m, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434056-434058).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 659,10 m, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434059).
 - Sondage de *Valmont 2* à 1008,65 ; 1008,70 ; 1008,71 m, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434066-434068).

Renaultia schatzlarensis est une espèce abondante dans le bassin sarro-lorrain en particulier dans le stérile de Geisheck et la moitié inférieure du faisceau de Laudrefang. Son extension stratigraphique débute un peu au-dessus de T400 (Westphalien C inférieur) et se termine dans le faisceau de Steinbesch (Westphalien D supérieur).

Répartition générale :



Texte-fig. 56 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Renaultia schatzlarensis* (Stur).

RENAULTIA VILLOSA (Crépin)

Planche 47

Lectotype :



- . Echantillon de la collection Crépin figuré par Stur 1885, pl. XLIII, fig. 5, repris ici en 2, 2a, pl. 47
- . Origine : Belgique, Charbonnages du Levant du Flénu, Westphalien C supérieur
- . Collection Crépin, Geologische Bundesanstalt de Vienne

- 1881 *Sphenopteris villosa* Crépin in Murlon, p. 60
v. (pars) 1885 *Hapalopteris villosa* Stur, p. 39, pl. XLIII, fig. 4-6
1956 *Renaultia villosa* Danzè, p. 181, pl. XXVII, fig. 1, 1a, 2, 3, 3a, 4, 4a, 5, 5a, 7, 7a (non 6) ; texte-fig. 10

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis ronds, flexueux, non décurrents, faisant entre eux des angles de 70 à 85°, dépourvus d'ornementation ; rachis de dernier ordre légèrement ailés ; pas d'aphlébies ;
pennes non recouvrantes ;
pinnules à peine individualisées (ou lobes) triangulaires, pécoptéridiennes, insérées par toute la base selon un angle de 70°, bords catadromes légèrement décurrents, sommets très arrondis ; croissance en longueur prédominante, les lobes ne présentant que de légères ondulations, ébauches des futurs lobules ; individualisation apicale alterne des lobes, très vite redressés par rapport à la nervure médiane selon un angle de 80° ; maximum de différenciation de la pinnule (= passage au rang de penna) difficilement déterminable : les bords des lobes basaux présentant leurs premières ondulations quand apparaît la 5ème paire de lobes, ces ondulations ne s'individualisant vraiment qu'avec la formation de la 7ème paire de lobes ; intensité des divisions identique des deux côtés des différents segments ; très léger retard de différenciation et limbe un peu moins opulent pour l'élément basal catadrome ; taille d'une pinnule à peine individualisée : 1,5 mm ; taille d'une pinnule à 7 paires de lobes : 9-10 mm ;
nervation : généralement peu visible, nervure médiane sinueuse, non décurrente envoyant dans chaque lobe une nervule dont la division précède largement l'individualisation des ondulations du limbe.
- Feuillage fertile : pas de modification de la morphologie limbaire ; développement acroscopique des fructifications ; sporanges dépourvus d'anneau, disposés à la face inférieure du limbe, isolés ou en groupes de 2 à 4 situés aux extrémités des nervures ; cette organisation de type *Renaultia* apparaissant parfois modifiée : sporanges alignés en bordure du limbe quand les lobes ne sont pas suffisamment individualisés ; spores ovales de type *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp dont la taille varie autour d'une moyenne de 25 µ.

Description :

Le bassin sarro-lorrain a fourni un matériel relativement abondant stérile et fertile se rapportant à *Renaultia villosa*. C'est la première fois que l'espèce est citée ailleurs que dans son bassin d'origine : Nord de la France-Belgique. Des prélèvements ont en outre été effectués sur un topotype et quelques échantillons lorrains ; ils apportent de précieuses informations sur le type de spores fournies par cette plante.

1) Organisation de la fronde :

Le plus grand spécimen, comme d'ailleurs ceux figurés par Stur (1885, pl. XLIII, fig. 4, 5) correspond à des fragments de pennes d'ordre n-2 (pl. 47, fig. 7). La fronde est donc au moins tripinnatifide. Sa construction est catadrome comme chez la plupart des espèces sphénoptéridiennes.

2) Feuillage stérile :

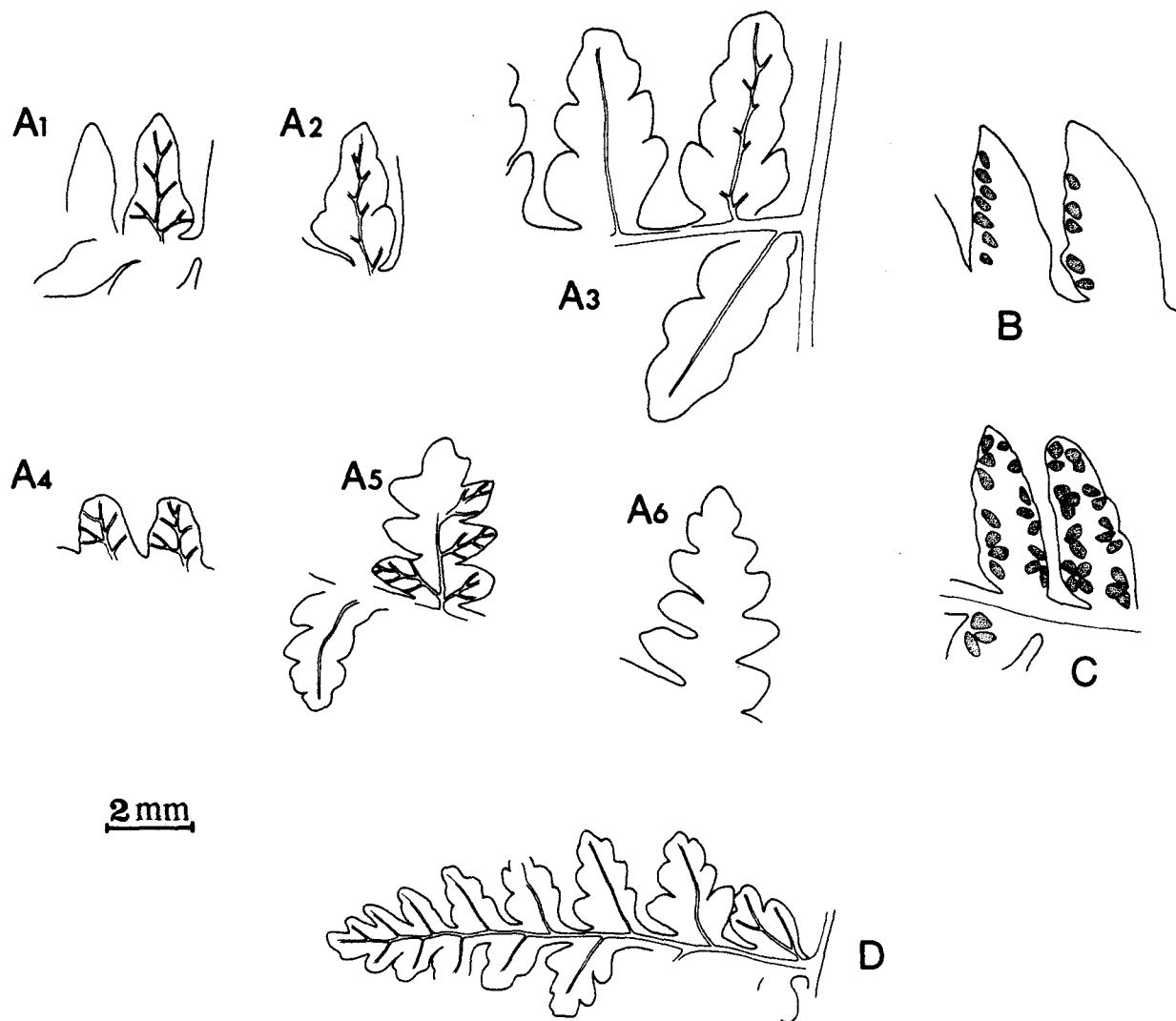
Il se caractérise par des extrémités graciles et la petite taille des éléments ultimes.

a.- rachis :

Ronds, non décurrents, ils font entre eux des angles variant de 70 à 85°. Les rachis de dernier ordre souvent flexueux sont aussi légèrement ailés. Je n'ai observé ni ornementation, ni aphyllie au niveau des différentes insertions.

b.- pennes :

Elles ne sont jamais recouvrantes. La différenciation relativement lente des pinnules fait que les pennes de dernier ordre conservent une largeur à peu près constante sur une grande partie de leur longueur. Les pennes n-1 semblent au contraire beaucoup plus effilées.



Texte-fig. 57 - Quelques aspects du limbe stérile et de l'organisation des fructifications de *Renaultia villosa* (Crépin).

A1-A6 - Dessins réalisés d'après l'isotype figuré en 1, pl. 47.

B - Pinnules fertiles dessinées d'après l'échantillon figuré par Stur, 1885, pl. XLIII, fig. 5, repris ici en 2, pl. 47 (= lectotype).

C - Quelques pinnules fertiles montrant les sporanges isolés ou réunis en petits groupes de 2 ou 3.

D - Penne stérile de dernier ordre montrant les premières étapes de la différenciation limbale, d'après un échantillon non figuré.

c.- pinnules :

Leur aspect pécoptéridien et leur mode de différenciation illustrés par la texte-fig. 57 sont tout à fait caractéristiques de l'espèce. La pinnule à peine individualisée (ou lobe), au sommet arrondi, est insérée par toute sa base avec le bord catadrome très légèrement décurrent (texte-fig. 57, A4). La nervure principale zigzagante qui fait un angle de 70° avec le rachis est déjà largement divisée en nervules parfois dichotomes. La pinnule s'accroît surtout en longueur et des ondulations apparaissent en bordure du limbe. A un stade plus différencié, les ondulations sont devenues des lobes triangulaires, au sommet mousse, perpendiculaires à la nervure principale. Chacun d'entre eux est irrigué par une nervule sinueuse déjà divisée. Les lobes basaux ne commencent à s'indenter que lorsqu'apparaît la 7^{ème} paire de lobes apicaux. La pinnule a atteint son maximum de différenciation, elle

passé alors au rang de petite penne, sa taille est de 9-10 mm. L'intensité des divisions et l'opulence du limbe sont identiques des deux côtés de la pinnule sauf en ce qui concerne les éléments basaux catadromes généralement moins bien individualisés comme chez toutes les espèces du genre.

d.- nervation :

Elle se caractérise par la précocité de ses divisions qui précèdent largement la différenciation du limbe (texte-fig. 57, A5). Les nervures principales sont zigzagantes et généralement bien marquées.

3) Feuillage fertile :

Le développement acroscopique des fructifications permet de vérifier que la morphologie limbaire n'est pas altérée par la fertilisation (pl. 47, fig. 3). La prédominance de la croissance en longueur des pinnules donne aux fructifications un aspect un peu particulier. A première vue, les sporanges semblent alignés en bordure du limbe (pl. 47, fig. 3d, 8a) mais leur examen à la loupe binoculaire révèle une disposition typique du genre *Renaultia* : ils sont isolés ou groupés par 2, 3 ou 4. L'impression d'alignement résulte du fait que les lobes ne sont pas suffisamment bien individualisés. La nervation n'est pas conservée sur les échantillons fertiles mais on peut supposer que les sporanges étaient situés sur le trajet ou aux extrémités des nervures. Je n'ai observé aucun épaississement des parois sporangiales.

J'avais effectué des prélèvements sur les échantillons de la collection de Crépin conservés au Geologische Bundesanstalt de Vienne, ils n'ont donné aucun résultat. Par contre, j'ai retrouvé dans la typosèque de Lyon un isotype qui a fourni des spores très immatures dont l'aspect au microscope optique correspond au genre *Leiotriletes* (Naumova). Un seul prélèvement s'est révélé positif en ce qui concerne le matériel sarro-lorrain. Les spores obtenues, circulaires, montrent une fine granulation au microscope optique, laquelle apparaît beaucoup plus nettement au M.E.B. Il s'agirait donc plutôt de spores de type *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp dont la taille varie peu autour d'une moyenne de 25 μ (pl. 47, fig. 3f, g).

Remarques et discussion :

Le feuillage de *Renaultia villosa* est tout à fait caractéristique : il allie curieusement des caractères nettement sphénoptéridiens : délicatesse du limbe, très petite taille des éléments ultimes, avec des traits de pécoptéridées = insertion et forme des pinnules, nervation précocement divisée, prédominance de la croissance en longueur. Les échantillons lorrains répondent à tous ces critères et correspondent parfaitement au lectotype, leur détermination ne pose par conséquent aucun problème.

L'espèce la plus proche de *Renaultia villosa* est sans conteste le *Sphenopteris peccopteroides* de Kidston (1923, p. 150, pl. XXXIII, fig. 1, lab) qui montre également des pinnules d'aspect pécoptéridien et de petite taille. Mais *Renaultia villosa* s'en différencie par son limbe beaucoup plus aéré, sans recouvrement des penne, par ses rachis beaucoup plus flexueux, par la prédominance très nette de la croissance en longueur qui donne aux divers segments une allure plus étirée et donc plus aiguë. En outre, la comparaison des pinnules au même stade de différenciation révèle une taille plus importante chez *Sphenopteris peccopteroides*.

Renaultia villosa n'a été que très rarement décrit : outre les figurations et la description originale de Stur concernant le matériel-type belge de Crépin, l'espèce n'est citée que par Danzé dans le bassin du Nord de la France. Toutefois, un échantillon figuré par cet auteur (Danzé, 1956, pl. XXVII, fig. 6) ne correspond pas du tout à la description que j'ai donnée : les lobes y sont beaucoup plus inclinés et les pinnules très décurrentes. J'ai par conséquent exclu cette figuration de la liste synonymique.

La découverte de *Renaultia villosa* dans le bassin sarro-lorrain constitue donc un nouvel élément pour l'établissement de corrélations entre les deux principaux bassins français.

Mais l'intérêt de l'étude de cette espèce ne se limite pas à un aspect corrélatif. Toutes les espèces que j'ai décrites jusqu'ici sous le nom générique de *Renaultia* présentent un limbe typiquement sphénoptéridien avec des pinnules profondément divisées non insérées par toute leur base. Or, j'ai montré que *Renaultia villosa* se caractérise en partie par l'allure pécoptéridienne du limbe. Voici une fois encore posé le problème de la hiérarchie des critères taxonomiques qui sera traité dans les conclusions générales.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

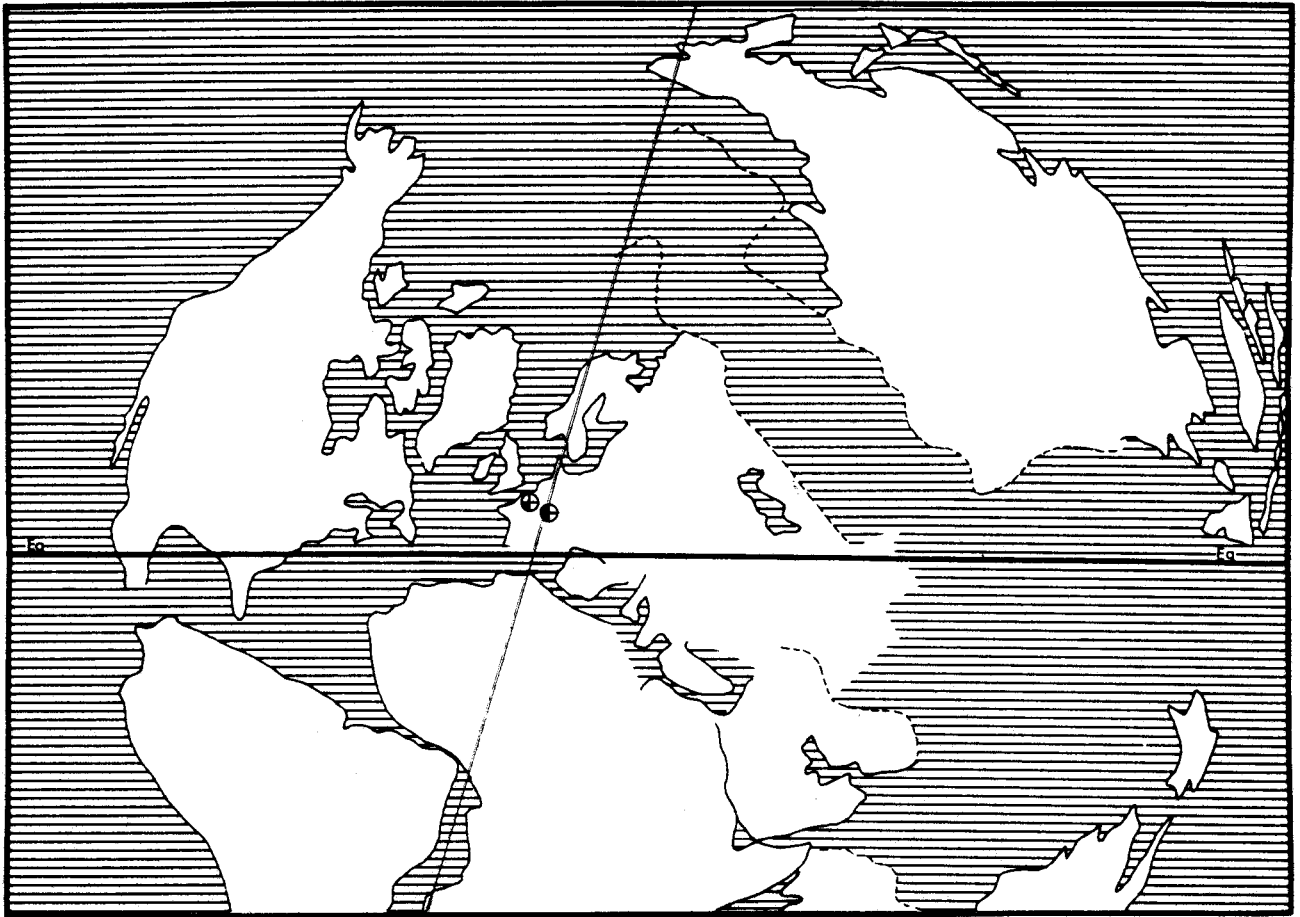
- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de *Cocheren 9* à 1142,77 et 1142,78 m, entre les veines Frieda 1 et 2, 1/3 moyen du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434209-434210).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Ste-Fontaine*, veine J, juste sous le grès de Ste-Fontaine, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434225).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Bisten 4* à 1128,40 m, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434201).
 - Sondage de *Cocheren 7* à 1079,50 et 1079,51 m, entre les veines Erna et Dora, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434202-434203).
 - Sondage de *Cocheren 8* à 1001,70 ; 1001,71 ; 1002,05 ; 1002,07 ; 1035,32 m, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434204-434208).
 - Sondage de *Cocheren 12* à 1247,09 ; 1247,10 ; 1250,40 ; 1277,34 ; 1277,35 m, entre les veines Frieda, Dora, Cécile, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434211-434215).
 - Sondage de *Folschviller 23* à 54,87 et 54,88 m, entre les veines 3 et 4 du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434216-434217).
 - Sondage de *Gargan 1* à 375,91 m, à 5 m au-dessus de T200, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434218).
 - Sondage de *Hombourg 2/6* à 716,90 ; 812,14 ; 812,15 m, entre les veines D et H3, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434219-434221).
 - Sondage de *Marienu 2* à 1111,52 m, à 100 m au-dessus de T200, juste sous le conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434222).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 782,70 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434223).
 - Sondage de *Valmont 1* à 887,80 m, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434224).

L'espèce *Renaultia villosa* est donc présente en Sarre-Lorraine dès le Westphalien C inférieur, son extension se poursuit jusque dans le Westphalien D inférieur où elle semble relativement abondante.

Répartition générale :

Danzé (1956, p. 186) limite la répartition stratigraphique de l'espèce dans le Nord de la France * au Westphalien C supérieur (faisceau d'Ernestine). Les échantillons de Crépin provenant des charbonnages du Levant du Flénu (Belgique) sont d'âge Westphalien C moyen et supérieur. L'extension stratigraphique et la répartition géographique de *Renaultia villosa* doivent donc être élargies. Il est possible en outre que l'espèce soit passée inaperçue dans certains bassins du fait de la délicatesse de son limbe souvent conservé en très petits fragments.

* Danzé signale la présence de *Renaultia villosa* en Allemagne mais je n'ai pu retrouver la source de cette information.




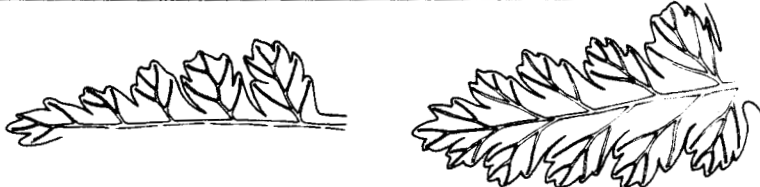




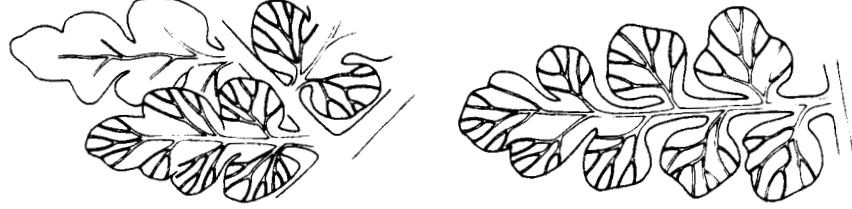



Texte-fig. 58 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Renaultia villosa* (Crépin).

CONCLUSIONS SUR LE GENRE *RENAULTIA* Zeiller

Le genre *Renaultia* est certainement le genre de fructification sphénoptéridien le mieux représenté dans le bassin de Sarre-Lorraine puisque neuf espèces ont pu être identifiées.

J'ai sélectionné pour dresser le tableau comparatif 11 de la page 196 les dessins représentant l'aspect le plus courant des différentes espèces évoquées dans ce travail (à l'exception de *Renaultia germanica* (H. Potonié) pour laquelle je n'ai que très peu d'informations). Ce tableau donne un bon aperçu de l'ampleur de la variabilité morphologique des feuillages porteurs de fructifications de type *Renaultia*. Il constitue un document intéressant pour les discussions relatives au choix d'une hiérarchie des caractères systématiques à retenir.

J'ai également indiqué sur ce tableau quels sont la taille et le type des spores fournies par les différentes espèces. On constate quelques différences minimales au niveau de l'ornementation et on peut se demander dans quelle mesure celles-ci ne sont pas liées aux conditions de prélèvements et d'observation. En outre, l'échelle de variation de taille de ces spores est relativement faible : 15 à 25 μ et témoigne par conséquent de l'homogénéité du genre.

<p><i>Renaultia crepinii</i> Cyclogranisporites 16 - 20 μ</p>	
<p><i>Renaultia chaerophylloides</i> Granulatisporites 15 - 22 μ</p>	
<p><i>Renaultia footneri</i> Spores inconnues</p>	
<p><i>Renaultia gracilis</i> Leiotriletes ?</p>	
<p><i>Renaultia hemingwayi</i> Cyclogranisporites 20 - 22 μ</p>	
<p><i>Renaultia lebachensis</i> Spores inconnues</p>	
<p><i>Renaultia rotundifolia</i> Spores inconnues</p>	
<p><i>Renaultia schatzlerensis</i> Spores inconnues</p>	
<p><i>Renaultia villosa</i> Cyclogranisporites 25 μ</p>	 <div style="text-align: right;">  </div>

BVIS
LILLE

Tabl. II - Etude comparative des principaux caractères morphologiques des espèces sarro-lorraines rapportées au genre *Renaultia* Zeiller.

GENRE ZEILLERIA Kidston

Espèce-type : *Zeilleria delicatula* Kidston non Sternberg*

- 1877 *Calymmotheca* Stur, p. 255 (pars)
- 1883 *Calymmotheca*, Stur, p. 799 (pars)
- 1883 *Calymmotheca*, Renault, p. 198
- 1883 *Calymmatotheca* Zeiller, p. 182
- 1884 *Zeilleria* Kidston, p. 590
- 1884 *Calymmatotheca*, Zeiller, p. 137
- 1885 *Calymmotheca*, Stur, p. 236 (pars)
- 1888 *Zeilleria*, Zeiller, p. 57
- 1910 *Zeilleria*, Seward, p. 407
- 1911 *Zeilleria*, Kidston, p. 45
- 1913 *Zeilleria*, Gothan, p. 121
- 1914 *Zeilleria*, Bureau, p. 275
- 1915 *Zeilleria*, Depape et Carpentier, p. 330
- 1920 *Zeilleria*, Gothan in H. Potonié, p. 65
- 1923 *Zeilleria*, Gothan in Gürich, p. 47
- 1924 *Zeilleria*, Kidston, p. 427
- 1927 *Zeilleria*, Hirmer, p. 674
- 1941 *Zeilleria*, Gothan, p. 14
- 1954 *Zeilleria*, Gothan et Weyland, p. 117, texte-fig. 93, 10, 10a
- 1956 *Zeilleria*, Danzé, p. 73, 241 (pars)
- 1957 *Zeilleria*, Stopa, p. 70
- 1959 *Zeilleria*, W. Remy et R. Remy, p. 214
- 1960b *Zeilleria*, Danzé, p. 96
- 1964 *Zeilleria*, Gothan et Weyland, p. 231
- 1971 *Zeilleria*, Thomas et Crampton, p. 283
- 1979 *Zeilleria*, Millay, p. 58

La conception du genre *Zeilleria* et sa position systématique ont fait l'objet de nombreuses controverses depuis sa création par Kidston (1884, p. 590). Actuellement presque tous les auteurs s'accordent à penser qu'il représente les fructifications d'une fougère vraie mais on trouve indiquée dans W. Remy et R. Remy (1977, p. 255) l'indétermination qui subsiste encore pour certains concernant l'appartenance du genre aux Fougères ou aux Ptéridospermées.

Je rappellerai brièvement les premières étapes de l'histoire de ce genre dont Danzé a donné un résumé très complet (1956, p. 73).

Kidston donne du genre *Zeilleria* défini à partir de fructifications qu'il attribue à *Sph. delicatula* Sternberg la diagnose suivante : "Involucres portés à l'extrémité des segments de pinnules qui sont plus ou moins transformées pour constituer un pédicelle ; dans les conditions primitives, les involucres sont globuleux, mais à maturité, ils éclatent en 4 valves" (traduction de l'anglais). Il rapporte en outre à *Zeilleria*, sans justification précise, deux espèces décrites par Stur sous le nom générique de *Calymmotheca* : l'une au feuillage sphénoptéridien : *C. frenzlii*, l'autre au feuillage pécoptéridien : *C. avoldensis*.

L'interprétation originale de Stur qui voyait dans le genre *Calymmotheca* : "des indusies primitivement hermétiquement fermées formant une capsule allongée et ovale se divisant en 3 à 6 valvules" (traduction de l'allemand) fut très vite remise en question. C'est Renault (1883, p. 198) qui le premier mit en évidence la véritable organisation des fructifications de *Calymmotheca* : les fragments d'involucres décrits par Stur sont en fait de vrais sporanges. Cette interprétation devait être confirmée un peu plus tard par les observations de Zeiller (1883, p. 182) qui, pour des raisons grammaticales, corrige l'orthographe du genre et le transforme en *Calymmatotheca*.

Kidston tire argument de cette nouvelle conception du genre de Stur pour justifier en partie la création de *Zeilleria*. La seconde partie de son argumentation consiste à

* Voir le paragraphe d'introduction de l'étude de *Renaultia schatzlarensis* (Stur), p. 179

placer dans le genre *Calymmatotheca* les espèces dont les parties fertiles sont totalement dépourvues de limbe et dans le genre *Zeilleria* celles dont les frondes fructifiées diffèrent très peu des frondes stériles. Cette partie de l'argumentation ne paraît pas très valable car en effet Kidston place dans *Zeilleria* le *C. avoldensis* dont le limbe fertile est souvent entièrement modifié et réduit. Pourtant Zeiller (1888, p. 57) admet parfaitement cette interprétation.

La mise en évidence au début du siècle du groupe des Ptéridospermées a ensuite incité Kidston (1911, 1914, 1924) à considérer le genre *Zeilleria* comme un représentant de cet ensemble. Il voit dans les masses étoilées de 4 à 5 valves des "cupules" protégeant de petites graines. Mais cette opinion est peu suivie car très vite on met en évidence (Nathorst 1908, Bureau 1914, Carpentier et Depape 1915, Gothan 1921, P. Corsin 1926, 1927, Halle 1933) que les valves décrites par Kidston renferment une ou deux masses de spores selon les interprétations. Les fructifications de *Zeilleria* sont alors considérées comme des synanges composés de 4 à 5 sporanges se séparant à maturité pour former une masse étoilée. De ce fait Gothan (1941, p. 16) combat vivement l'interprétation de Kidston, jugeant très improbable le fait que la même plante ait pu porter deux types de fructifications, microsporanges et cupules, par ailleurs identiques au coefficient de taille près. Il rapporte le genre aux fougères eusporangiées (1954) et souligne son hétérogénéité au niveau du feuillage stérile.

Danzé (1956, 1960b) propose une nouvelle diagnose pour *Zeilleria* établie à partir d'un échantillon du Nord de la France qu'il rapporte à *Z. frenzlii*. Il reprend l'essentiel des données acquises, estime à quatre le nombre de sporanges par synange, insiste sur le mode de formation des fructifications et sur l'évolution de leur position relative par rapport au limbe. J'ai retrouvé dans nos collections le spécimen en question. Son aspect me paraît très différent de celui du matériel original de Stur, le limbe y est en particulier beaucoup plus opulent. Danzé l'avait d'ailleurs remarqué mais considérait que l'élargissement des lobes est en relation avec l'épaississement de la nervure destiné à accueillir le sore. Cet argument me semble peu valable car sur les échantillons partiellement fructifiés (Stur, 1885, pl. XXXVII, fig. 2, 3) on n'observe pas de différences entre limbes stérile et fertile, pourtant les fructifications y sont plus matures. En outre la différenciation limbale se fait beaucoup plus lentement sur le spécimen de Danzé que sur ceux de Stur et je considère qu'il n'est pas représentatif de *Z. frenzlii*. Il est par contre très proche de la forme stérile de *Gemmera mendescorae* (Teixeira) (voir p. 225).

De ce fait, il est nécessaire d'exclure une partie des informations fournies par Danzé de la diagnose de *Zeilleria*.

Les citations et descriptions du genre ou des espèces qui lui sont rapportées, postérieures à ces dates, n'ont pas modifié l'interprétation des fructifications car toutes reprennent les données acquises. La plupart des auteurs tendent à considérer le genre comme appartenant aux fougères vraies mais ses relations systématiques font l'objet de nombreuses controverses. Certains auteurs, comme Millay (1979, p. 57), considèrent qu'il constitue un groupe de plantes trop hétérogène pour qu'on puisse le situer exactement dans la systématique.

Les trois espèces initialement rapportées par Kidston au genre *Zeilleria* sont présentes dans le bassin sarro-lorrain. L'espèce-type *Z. delicatula* peu abondante n'y est connue qu'à l'état stérile. Au contraire *Z. frenzlii* et *Z. avoldensis* s'y rencontrent très fréquemment à l'état fertile. Les fructifications de *Z. avoldensis* ont récemment été réétudiées par Thomas et Crampton (1971). Un travail récent (Brousmitche et Laveine, 1982) consacré à la révision de cette espèce en Sarre-Lorraine nous a conduits aux mêmes résultats en ce qui concerne l'organisation des fructifications. Nous y exposons en outre les raisons pour lesquelles nous considérons que cette espèce doit être maintenue dans le genre *Zeilleria* contrairement à ce que pensait Danzé. Cet auteur (1956) en effet refusait de réunir dans un même genre des plantes herbacées sphénoptéridiennes et des formes arborescentes pécoptéridiennes. Il proposait de réserver le nom de *Zeilleria* aux *Sphenopteris* et suggérait qu'un nouveau genre soit créé pour les fructifications de *P. avoldensis* Stur. C'est ce que fit Dalinval quelques années plus tard (1960, p. 101) en décrivant les organes fertiles de *P. avoldensis* sous le nom de *Bertrandia*. L'un des objets de notre travail a été de démontrer que nous ne disposons actuellement d'aucun argument valable permettant d'affirmer que le port de toutes les formes pécoptéridiennes est arborescent. De ce fait la proposition de Danzé perd sa signification, il n'y a pas lieu de retenir le genre *Bertrandia* et nous le laissons en réserve de nomenclature. L'attribution des fructifications de *P. avoldensis* au genre *Zeilleria* nous oblige à en élargir le sens. Il est vrai que sa définition originale est tellement vague qu'il fallait s'attendre à ce qu'elle soit complétée. En outre, le matériel fertile que

je rapporte à *Z. frenzlii* a fourni quelques informations nouvelles sur l'organisation des fructifications et le type des spores qu'elles renferment qui conduisent à modifier quelque peu la diagnose du genre.

Diagnose :

- Fructification de fougère eusporangiée.
- Morphologie limbaire non affectée par l'apparition des fructifications ou au contraire subissant une réduction pouvant aller jusqu'à la conservation du seul squelette nervuraire.
- Sporangies groupés en synanges de 4 à 8 individus, situés à l'extérieur du limbe, à l'extrémité des lobes ; à l'état immature sores apparaissant globuleux mais à maturité sporangies s'écartant et adoptant une disposition rayonnante étoilée à partir d'un réceptacle commun arrondi, correspondant à un épaississement terminal de la nervure ; sommets des sporangies très effilés ; paroi sporangiale constituée de cellules étroites, allongées longitudinalement, pas d'anneau.
- Spores monolètes ou trilètes de type *Laevigatosporites* Ibrahim et *Anapiculatisporites* Potonié et Kremp dont les dimensions varient respectivement de 11 à 50 µ.

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

Trois espèces ont été rencontrées dans le bassin sarro-lorrain. L'espèce-type : *Zeilleria delicatula* et *Zeilleria frenzlii* sont décrites et discutées mais je ne donnerai qu'un bref résumé concernant *Zeilleria avoldensis* en priant le lecteur de bien vouloir se reporter pour un complément d'informations au travail de Brousmiche et Laveine 1982.



ZEILLERIA DELICATULA Kidston non Sternberg

Planche 48

Néotype :

- . Echantillon figuré par Kidston 1924, pl. XCVII, fig. 4a, b, repris ici en 1, 1a, pl. 48
- . Origine : Angleterre, *Clay Cross*, Derbyshire, Westphalien B
- . Collection Kidston, Institute of Geological Sciences de Londres

- ? 1828 *Sphenopteris delicatula* ? Brongniart, p. 185, pl. 58, fig. 4
- ? 1848 *Sphenopteris delicatula*, Sauveur, pl. XXIII, fig. 5
- ? 1868 *Trichomanoides delicatulus*, Roehl, p. 68, pl. XVI, fig. 6B, 6Bb
- 1884 *Zeilleria delicatula* Kidston, p. 592, pl. XXV
- 1888 *Zeilleria delicatula*, Zeiller, p. 57, fig. 37A, B
- 1903 *Zeilleria delicatula*, Arber, p. 13, pl. II, fig. 1, 2
- ? 1910 *Sphenopteris delicatula*, Deltene in Renier, pl. 67
- ? 1914 *Sphenopteris* (*Zeilleria*) aff. *delicatula*, Carpentier et Depape, p. 310
- v. 1924 *Zeilleria delicatula*, Kidston, p. 429, pl. XCVII, fig. 4, 4ab, 5, 5a, 6, 7, 7a
- ? 1928 *Sphenopteris* (*Zeilleria*) *Frenzlii*, Susta, pl. XXI, fig. 5
- 1938 *Zeilleria delicatula*, Bell, p. 34, pl. XXII, fig. 1-4
- v. 1941 *Sphenopteris* (*Zeilleria*) *delicatula*, Gothan, p. 14, pl. 52, fig. 6 ; pl. 54, fig. 4 ?, 5, 6 ?, 7
- v. 1956 *Zeilleria delicatula*, Danzé, p. 245, pl. XL ; pl. XLI, fig. 3-5 ; texte-fig. 20
- 1957 *Sphenopteris pseudodelicatula* Stopa, p. 71, pl. XXIV, fig. 1, 2
- 1977 *Zeilleria delicatula*, W. Remy et R. Remy, p. 225

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : très délicat avec des segments ultimes de très petite taille ; rachis non décurrents, faisant entre eux des angles variant de 70 à 85°, couverts d'une fine striation longitudinale et de nombreuses ponctuations très fines ; rachis n-3 large et plat présentant quelques nodosités, bases d'appendices épineux sans doute assez forts ; rachis n et n-1 souples et légèrement ailés ; pas d'aphlébies ;
pennes non recouvrantes conservant une largeur constante sur une bonne partie de leur longueur, s'effilant rapidement au sommet ;
pinnules à peine individualisées (ou lobes) triangulaires ; courtes, à l'apex mousse, faisant un angle de 40° avec le rachis, bord catadrome à peine décurrent ; différenciation alterne apicale des lobes à dominance catadrome ; lobes trapus au sommet mousse ou même tronqué, bien séparés les uns des autres ; pinnule trilobée dite en "patte d'oiseau" ; éléments basaux amorçant leur division à l'apparition de la 3ème paire de lobes, parfois même dès la formation du second lobe catadrome ; individualisation de la 4ème paire de lobes correspondant au maximum de différenciation de la pinnule : les éléments précédemment formés étant déjà une ou deux fois divisés ; taille de la pinnule sur le point de passer au rang de petite penne : 3,5 à 4 mm ; divisions généralement plus intenses côté anadrome ; évolution de la différenciation limbairre très lente, nervation fine et régulière ; nervure principale non décurrente et à peu près rectiligne émettant vers chaque lobe une nervule divisée à son tour de façon à irriguer les différentes indentations du limbe.
- Feuillage fertile : (d'après Danzé 1956, p. 246) : "Fructification de type *Zeilleria* ; sporanges groupés par 4 à l'extérieur du limbe et portés à l'extrémité des lobes par un léger renflement terminal de la nervure ; sporanges arrondis, de petite taille (de l'ordre de 0,3 mm), ne montrant ni anneau, ni calotte apicale" ; spores inconnues.

Description :

1) Organisation de la fronde :

Notre plus grand spécimen (pl. 48, fig. 3) correspond à un fragment de penne d'ordre n-3 dont le rachis mesure 3 mm en largeur ; les pennes de dernier ordre y sont très peu évoluées mais on peut conclure que l'organisation de la fronde était au moins quadripinnatifide. Les pennes n et n-1 montrent une priorité de différenciation catadrome valable sans doute pour toute la fronde.

2) Feuillage stérile :

Particulièrement gracile, ses éléments ultimes sont de très petite taille.

a.- rachis :

La largeur des rachis d'ordres n-2 (0,5 mm) et surtout n-3 (2,5 mm) contraste avec la délicatesse du limbe. Tous sont couverts d'une fine striation longitudinale et de ponctuations. Le rachis n-3 porte en outre quelques nodosités, bases d'appendices épineux sans doute assez forts. Les rachis n et n-1 devaient être souples ou légèrement flexueux, ailés, alors que le rachis n-3 apparaît très rigide. Les différents segments font entre eux des angles variant de 70 à 85° et ne sont pas décurrents.

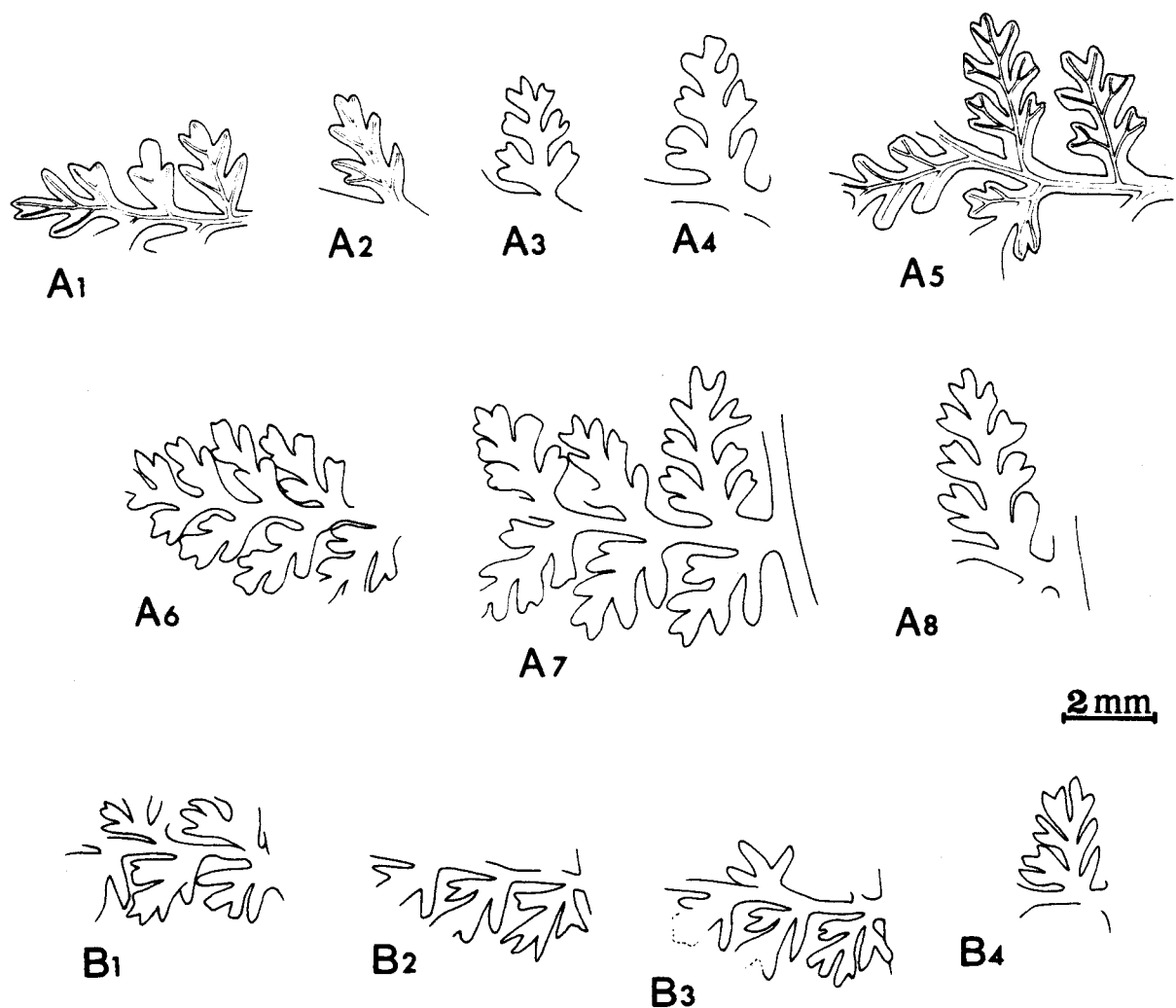
b.- pennes :

Elles sont triangulaires, assez trapues, non recouvrantes, gardent une largeur constante sur les 2/3 de leur longueur puis s'effilent rapidement. Kidston avait déjà constaté une réduction limbairre des pennes basales catadromes (1924, p. 430, pl. XCVII, fig. 4b) qui se vérifie sur notre plus grand spécimen (pl. 48, fig. 3).

c.- pinnules :

Leur mode de différenciation est illustré par la texte-fig. 59. La pinnule à peine individualisée (ou lobe) est triangulaire, très courte, inclinée sur le ra-

chis selon un angle de 40° . Son sommet est mousse, son bord catadrome décurrent (texte-fig. 59, A1). La croissance en longueur prédomine alors que les lobes s'individualisent alternativement de part et d'autre de l'apex, la priorité de différenciation étant toujours catadrome. Les lobes au sommet souvent tronqué (artefact de fossilisation dû à la finesse du limbe ?) sont nettement séparés les uns des autres et font un angle élevé avec la nervure médiane. Cet écartement relatif des éléments ultimes donne au limbe un aspect assez particulier qui facilite l'identification de l'espèce. Les pinnules peu différenciées, à trois lobes prennent souvent l'allure d'une "patte d'oiseau" aux doigts écartés. Les premiers lobes formés amorcent leur division dès l'apparition de la 3^{ème} paire de lobes mais il arrive qu'elle soit contemporaine de la formation du deuxième lobe catadrome. Quand s'individualise la 4^{ème} paire de lobes, les éléments précédemment formés sont déjà une ou deux fois divisés (texte-fig. 59, A1), la pinnule est alors passée au rang de penne de dernier ordre et mesure 3,5 à 4 mm en longueur. L'intensité des divisions est moins forte côté catadrome et il n'est pas rare qu'à des pinnules anadromes nettement trilobées correspondent des pinnules catadromes bifides ou à peine échancrées.



Texte-fig. 59 - Différenciation et morphologie limbaires de *Zeilleria delioatula* Kidston non Sternberg.
A1-A8 - Fragments dessinés à partir des échantillons figurés en 3, 4, pl. 48.
B1-B4 - Quelques bases de penes de dernier ordre un peu plus différenciées que celles du néotype figuré ici en 1, la, pl. 48.

On remarquera en outre, à la fois sur l'échantillon de Kidston (1924, pl. XCVII, fig. 4a, b) et sur notre matériel (pl. 48, fig. 3a), que la vitesse d'évolution de la différenciation limbair est relativement lente au niveau des pennes de dernier ordre. On ne constate pour ainsi dire pas d'augmentation du degré de division des pennes du sommet à la base des échantillons pourtant d'assez grande taille.

d.- nervation :

Elle est fine et peu visible. La nervure principale émet vers chaque lobe une nervule se divisant à son tour de façon à irriguer toutes les indentations du limbe (texte-fig. 59, A5). Mais les divisions nervuraires précèdent les incisions du feuillage ; un lobe à peine échancré étant souvent innervé par une nervule déjà nettement dichotome.

3) Feuillage fertile :

Aucun de nos échantillons n'est fertile. La première description des fructifications attribuées à l'espèce *Z. delicatula* est due à Kidston (1884) qui a créé à leur intention le genre *Zeilleria*. Le seul échantillon fructifié qui ait été figuré depuis est celui de Danzé (1956, pl. XLI, fig. 4, 4a). J'ai pu examiner ce spécimen conservé dans nos collections mais, comme le faisait remarquer Danzé (p. 248), il est impossible d'y déterminer l'organisation précise des organes reproducteurs. De petits amas charbonneux regroupant sans doute plusieurs sporanges sont situés aux extrémités des lobes, en dehors du limbe, mais on ne peut y définir aucun agencement.

Les dessins de Kidston (1884, pl. XXV) ne donnent pas d'indication sur l'ordre d'apparition des fructifications. Faute d'informations nouvelles je reprendrai la description donnée par Danzé (p. 248) de l'organisation théorique des organes reproducteurs : "sporangies au nombre de 4 par fructification, insérés à l'extrémité des nervures secondaires ou tertiaires sur un épaississement de cette nervure. A la maturité, ils s'écartent".

Le type des spores fournies par cette espèce reste inconnu. Les prélèvements effectués par Thomas et Crampton (1971) sur le matériel de Kidston se sont révélés infructueux et l'échantillon décrit par Danzé beaucoup trop immature n'a donné aucun résultat.

Remarques et discussion :

C'est à Kidston (1924, pl. XCVII, fig. 4-7a) que l'on doit les premières figurations photographiques de l'espèce, les illustrations des auteurs précédents se réduisant à quelques croquis. Le matériel original de Kidston (pl. 48, fig. 1-2b), très bien conservé, montre un limbe délicat, très aéré, avec des lobes souvent tronqués, très écartés les uns des autres, les pinnules trilobées ayant l'aspect en "patte d'oiseau" caractéristique de l'espèce. Bien que le charbon ne soit pas conservé uniformément sur nos spécimens et qu'il faille avoir recours au xylène pour en voir tous les contours, leur liaison avec les échantillons de Kidston est facile à établir. Les pennes n-1 du spécimen le plus complet de Kidston sont nettement plus longues et plus différenciées que sur le matériel lorrain. Mais la comparaison de leurs extrémités avec les pennes de même ordre de notre échantillon figuré en 3a, b, pl. 48 révèle une identité de différenciation limbair remarquable.

Je n'ai pu retrouver tous les échantillons figurés par Danzé (1956, pl. XL ; pl. XLI, fig. 3-5a) mais ceux que j'ai étudiés (pl. XLI) me semblent tout à fait correspondre à ceux de Kidston.

Par contre, les figurations d'Alvarez Ramis et al. (1978, p. 17, pl. 8, fig. 1, 2 ; texte-fig. 27) ne correspondent pas à *Zeilleria delicatula*. Elles représentent d'autres fragments du *Sphenopteris digitata* que ces mêmes auteurs figurent en 3, 4 même planche et dont nous reparlerons plus loin (p. 225). On notera que les spécimens en question ont d'ailleurs la même origine.

Stopa a créé en 1957 (p. 71, pl. XXIV, fig. 1, 2) *Sphenopteris pseudodelicatula* pour des spécimens du Westphalien A dont il reconnaît l'étroite ressemblance avec l'espèce *delicatula*. Il caractérise sa nouvelle espèce par la plus grande taille des pinnules mais laisse sous-entendre qu'elle pourrait fort bien se révéler être une variété de *Zeilleria delicatula*. Je pense qu'effectivement il n'y a pas lieu de créer un taxon nouveau pour ce matériel. On y retrouve les mêmes caractères : limbe gracile et aéré aux lobes écartés, pinnules trilobées en "patte d'oiseau" et surtout lenteur d'évolution de la différenciation limbair au niveau des pennes d'ordre n. Compte tenu de la largeur du rachis principal de la fig. 1,

pl. XXIV de Stopa et du degré de division des pennes de dernier ordre, cet échantillon pourrait très bien se situer dans le prolongement du nôtre (pl. 48, fig. 3), vers le sommet de la fronde. Contrairement à ce qu'affirme Stopa, les pinnules ne sont pas plus grandes sur cet échantillon que sur ceux de Kidston ou les nôtres. Le second spécimen polonais représente une penne située en extrémité de fronde, au limbe très gracile et aéré mais dont le mode de différenciation est identique à celui des échantillons au limbe plus fourni. Les rapports de taille et de morphologie entre les deux spécimens de Stopa sont du même ordre que ceux que j'ai décrits pour *Renaultia schatzlarensis* (Stur) entre fragments situés en extrémité et en position basse dans la fronde (p. 179-188).

L'identification de *Z. delicatula* pose un certain nombre de problèmes en raison de la convergence morphologique avec cette espèce de trois autres taxons sphénoptéridiens : *R. schatzlarensis* (Stur), *Sph. bronni* Gutbier, *Hym. quadridactylites* (Gutbier) qui complique les déterminations quand on ne dispose que de petits fragments stériles.

Renaultia schatzlarensis est une des espèces dont la morphologie du limbe stérile est assez proche de celle de *Zeilleria delicatula*. J'ai déjà dressé une étude comparative détaillée de ces deux espèces (p. 188, texte-fig. 55) de laquelle il faut retenir que *Zeilleria delicatula* se caractérise essentiellement par la lenteur de la différenciation limbale au niveau des pennes de dernier ordre. Le degré de division atteint par les différents segments d'une penne varie peu d'une extrémité à l'autre de celle-ci si bien qu'elle conserve une largeur constante sur une grande partie de sa longueur. Deux autres caractères peuvent éventuellement aider à la discrimination de ces deux formes dans la mesure où la nature des échantillons permet de les observer. Il s'agit de la nervation d'une part et des aphélobies d'autre part. En effet, chez *Renaultia schatzlarensis* les divisions des nervules sont contemporaines de l'individualisation des indentations limbales. Elles la précèdent chez *Zeilleria delicatula* où certains lobes encore indivis montrent néanmoins une nervule nettement bifide. J'ai aussi décrit chez *Renaultia schatzlarensis* de grandes aphélobies anadromes dichotomes au niveau des insertions des rachis n-2 dont on ne connaît pas d'équivalent chez *Zeilleria delicatula*.

Sphenopteris bronni Gutbier (1835, pl. IV, fig. 11, 11a ; pl. V, fig. 1, 1a-c, 2, 2a-c) est la seconde espèce qui présente de fortes analogies avec *Zeilleria delicatula*. Danzé (1956, p. 249) les considère d'ailleurs comme synonymes. On doit à Daber * (1955, pl. VII, fig. 1, 2) la première figuration photographique de l'un des échantillons (= lectotype) sur lequel il affirme avoir observé des fructifications rappelant le genre *Zeilleria*. J'ai d'autre part retrouvé dans les collections du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris quelques échantillons déterminés *Sphenopteris tenuifolia* Schimper (pl. 82, fig. 2, 3), dont le limbe est tout à fait conforme à la figuration de Daber. Comme ces spécimens proviennent des mêmes niveaux (couche de Zwickau, Saxe = Westphalien D) il ne fait aucun doute qu'ils se rapportent à *Sphenopteris bronni* et on peut leur accorder valeur de topotypes. Très bien conservés, ils donnent en outre une bonne idée de la différenciation et de la morphologie limbales.

Danzé ne justifie pas vraiment la mise en synonymie des deux espèces. Il se contente (p. 249) de dire qu'elles sont analogues arguant de la description par Daber de fructifications de type *Zeilleria* pour convaincre le lecteur. Je ne partage pas cette opinion bien que les deux espèces présentent des points communs : même aspect aéré et délicat du limbe ; rachis relativement larges par rapport à la taille des éléments limbales ultimes. Mais les différences entre la forme générale des pinnules me paraissent trop importantes pour qu'on puisse considérer ces espèces comme synonymes. Chez *Sphenopteris bronni* les lobes catadromes généralement indivis sont très inclinés sur la nervure médiane. Ceci est particulièrement bien visible sur les pinnules basales anadromes nettement allongées et étroites (p. 240, pl. 82, fig. 2a, b). Au contraire, chez *Zeilleria delicatula*, les lobes catadromes et anadromes très écartés de l'axe médian des pinnules donnent au limbe un aspect plus aéré et plus étalé.

La dernière espèce avec laquelle des fragments stériles de *Zeilleria delicatula* peuvent éventuellement être confondus est *Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier). Cette espèce présente une échelle très vaste de variations morphologiques allant de formes au limbe réduit et délicat à des plantes au feuillage fourni. Les critères que je retiens pour la différencier de *Zeilleria delicatula* sont par ordre d'importance :

- une évolution plus rapide de la différenciation limbale ;

* Je voudrais exprimer ici toute ma reconnaissance au Docteur Daber qui a bien voulu me communiquer d'excellentes photographies de cet échantillon (pl. 82, fig. 1, 1a).

- des lobes arrondis restant accolés les uns aux autres et redressés vers le sommet de la pinnule à la manière des branches d'un chandelier (texte-fig. 76) ;
- un net retard du degré de division des éléments catadromes par rapport à leurs équivalents anadromes ;
- la possibilité de présenter un limbe très fourni dont on ne connaît pas d'équivalent chez *Zeilleria delicatula* ;
- des rachis dépourvus de ponctuations.

(J'ai proposé texte-fig. 55 une comparaison des morphologies respectives des pinnules anadromes de *Z. delicatula*, *Hymenophyllites quadridactylites*, *R. schatzlarensis*, *Sph. bronni*).

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

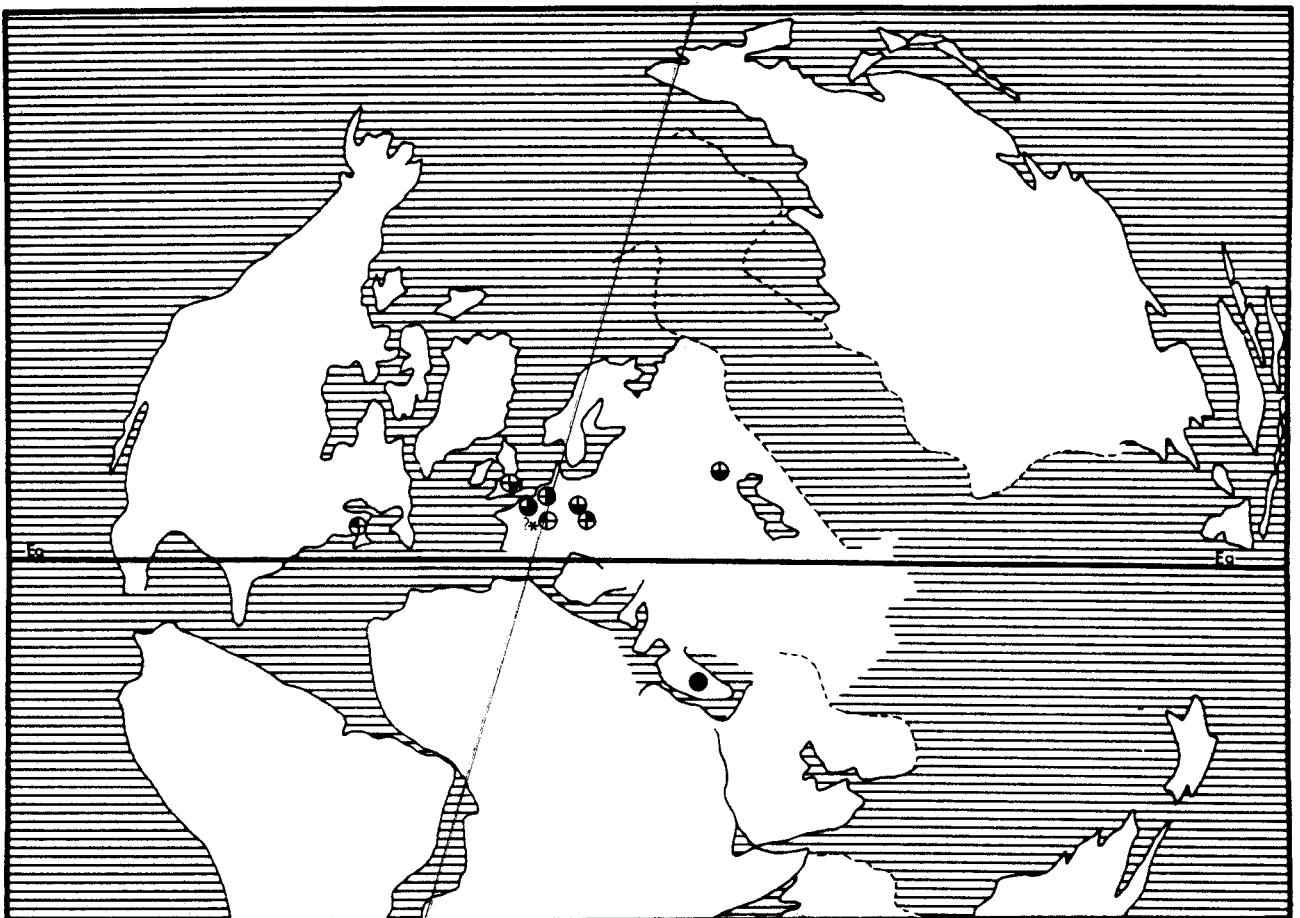
Trois échantillons seulement ont une origine précise :

- Sondage d'*Hargarten 1* à 1035,70 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435004)
- Sondage de *Cocheren 12* à 1187,77 et 1187,78 m, juste au toit de la veine Frieda 5, 1/3 moyen du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435002-435003).

Les autres proviennent du terris de *la Houve* où sont déversés des stériles d'âge Westphalien D ou provenant des niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435005-435007).

L'espèce n'est donc pas très fréquente dans le bassin sarro-lorrain pourtant Brongniart l'y avait déjà signalée (1828, pl. 58, fig. 4). La délicatesse du limbe pourrait expliquer qu'elle n'ait été que très rarement conservée à moins que les conditions écologiques de la région ne lui aient été défavorables.

Répartition générale :



Texte-fig. 60 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Zeilleria delicatula* Kidston non Sternberg.

ZEILLERIA FRENZLII (Stur)

Planches 49-50

Néotype* :

- . Echantillon figuré par Guthörl 1943, pl. XXIX, fig. 3A, B
- . Origine : Bassin de *Sarre-Lorraine*, groupe d'*Hèllène*, veine 13, un peu sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur
- . Collection : Saarbergwerke de Sarrebruck

- 1883 *Calymmotheca Frenzli* Stur, p. 804, texte-fig. 38, p. 804
- 1885 *Calymmotheca Frenzli*, Stur, p. 268, pl. XXXVII, fig. 2, 3 ; pl. XXXVIII, fig. 3 ; texte-fig. 42, p. 239 ?
- 1899 *Sphenopteris (Zeilleria) Frenzli*, Zeiller, p. 12, pl. I, fig. 17
- 1913 *Zeilleria Frenzli*, Gothan, p. 121, pl. 8, fig. 3, 3ab ? ; pl. 28, fig. 4, 4a
- ? 1914 *Sphenopteris (Zeilleria) Frenzli*, Carpentier et Depape, p. 307, pl. IV, fig. 1-5 ; pl. V, fig. 1 ; texte-fig. 1, 2, p. 309
- ? 1915 *Zeilleria Frenzli*, Depape et Carpentier, pl. 9, fig. 3-5
- ? 1924 *Zeilleria Frenzli*, Kidston, p. 436, pl. XCVII, fig. 3, 3ab
- 1938 *Zeilleria frenzli*, Bell, p. 34, pl. XX, fig. 2, 3 ; pl. XXI, fig. 2
- ? 1938 *Sphenopteris (Zeilleria) Frenzli*, Zalessky et Tchirkova, p. 12, texte-fig. 8
- v. (pars) 1943 *Zeilleria frenzli*, Guthörl, p. 144, pl. XXIX, fig. 2A, 2B, 3A, 3B
- v. 1956 *Zeilleria Frenzli*, Danzé (pars), p. 251, pl. XLI, fig. 1, 2 ; pl. XLII, fig. 1, lab, 3, 3a, non 2, 2a
- ? 1957 *Zeilleria Frenzli*, Stopa, p. 70, pl. XXIV, fig. 3, 4
- ? 1966c *Sphenopteris (Zeilleria) Frenzli*, R.H. Wagner, p. 88, pl. 11, fig. 17, 17A, 18
- v. 1975 *Zeilleria frenzli*, Doubinger in Boureau, texte-fig. 397, p. 468
- v. 1978 *Sphenopteris (Zeilleria) frenzli*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 19, pl. 9, fig. 1, 2 ; texte-fig. 30

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome nette au niveau des penne, beaucoup moins sensible au niveau des lobes et pinnules.
- Feuillage stérile : profondément découpé, filiforme ; importantes variations d'opulence ; rachis rigides, plats, couverts d'une fine striation longitudinale, faisant entre eux des angles de 70 à 85° ; légère décurrence des rachis n-1 ; penne allongées, partiellement recouvrantes ; différenciation limbale rapide avec prédominance de la croissance apicale ; individualisation presque simultanée des lobes d'une même paire suivie d'une phase de croissance bien marquée ; alternance caractéristique des phases de division et de croissance ; lobes en forme de languettes, à sommets peu pointus, parfois très étroits quand la croissance apicale est particulièrement rapide ; maximum de différenciation contemporain de l'apparition de la 3ème paire de lobes ; intensité des divisions identique des deux côtés des segments ; nervation fine et régulière ; une nervule par lobe en position médiane parfaite.
- Feuillage fertile identique au limbe stérile, lobes très légèrement élargis à leur sommet ; développement des fructifications sans doute acroscopique ; apparition des organes reproducteurs au sommet des lobes sur un épaississement terminal de la nervure. Sores situés à la face inférieure du limbe à l'état très immature mais nette-

* Cet échantillon est choisi comme type provisoire de l'espèce. Aucun des spécimens figurés par Stur n'a pu être retrouvé jusqu'à ce jour dans les collections viennoises et le fragment décrit par Gothan (1913, pl. 28, fig. 4), provenant également du bassin de Silésie, ne semble plus conservé au Museum für Naturkunde de Berlin. Si malheureusement le matériel de Stur s'avère définitivement perdu mais que par bonheur le spécimen de Gothan peut être retrouvé, c'est ce dernier qu'il faudra retenir comme néotype compte tenu de son origine.

ment situés hors de celui-ci quand le degré de maturité augmente ; synanges constitués de 6 à 8 sporanges (6 le plus souvent), dépourvus d'anneau, insérés sur un réceptacle commun subcirculaire, fortement resserrés en un sore globuleux à l'état immature qui éclate à maturité en une masse étoilée : bases des sporanges jointives, extrémités effilées et très écartées ; spores de type *Anapiculatisporites* Potonié et Kremp dont la taille varie de 16 à 22 μ .

Description :

Le bassin sarro-lorrain a fourni un matériel abondant à la fois stérile et fertile se rapportant à *Zeilleria frenzlii* (Stur).

1) Organisation de la fronde :

Les spécimens sont très fragmentaires, les mieux différenciés représentent des penne n-1 incomplètes. Les échantillons de Stur (pl. XXXVII, fig. 2, 3) sont les plus grands qui aient été figurés jusqu'ici. Ils montrent des fragments de penne n-2 dont les rachis plats mesurent respectivement 3,5 et 2,5 mm en largeur. La priorité de différenciation catadrome n'apparaît nettement que sur les grands spécimens à la base des penne n-1. Elle est beaucoup moins sensible sur les penne de dernier ordre et on remarquera que sur les pinnules les insertions des lobes équivalents se situent à peu près au même niveau par rapport à la nervure médiane. Danzé (1956, p. 252) considérait cette disposition comme typique de l'espèce.

2) Feuillage stérile :

Il est toujours profondément découpé et délicat, filiforme, mais on constate des variations d'opulence importantes.

a.- rachis :

Leur rigidité et la largeur des rachis n-2 contrastent avec la délicatesse du limbe. Ils sont plats, couverts d'une fine striation longitudinale et font entre eux des angles variant de 70 à 85°. Les rachis n-1 montrent une légère décurrence sur les échantillons figurés par Stur. Les bases des penne n-1 y sont assez mal conservées et il n'est donc pas possible de déterminer si le limbe subit des modifications au niveau des insertions. Aucune aphilébie n'a été signalée dans la littérature.

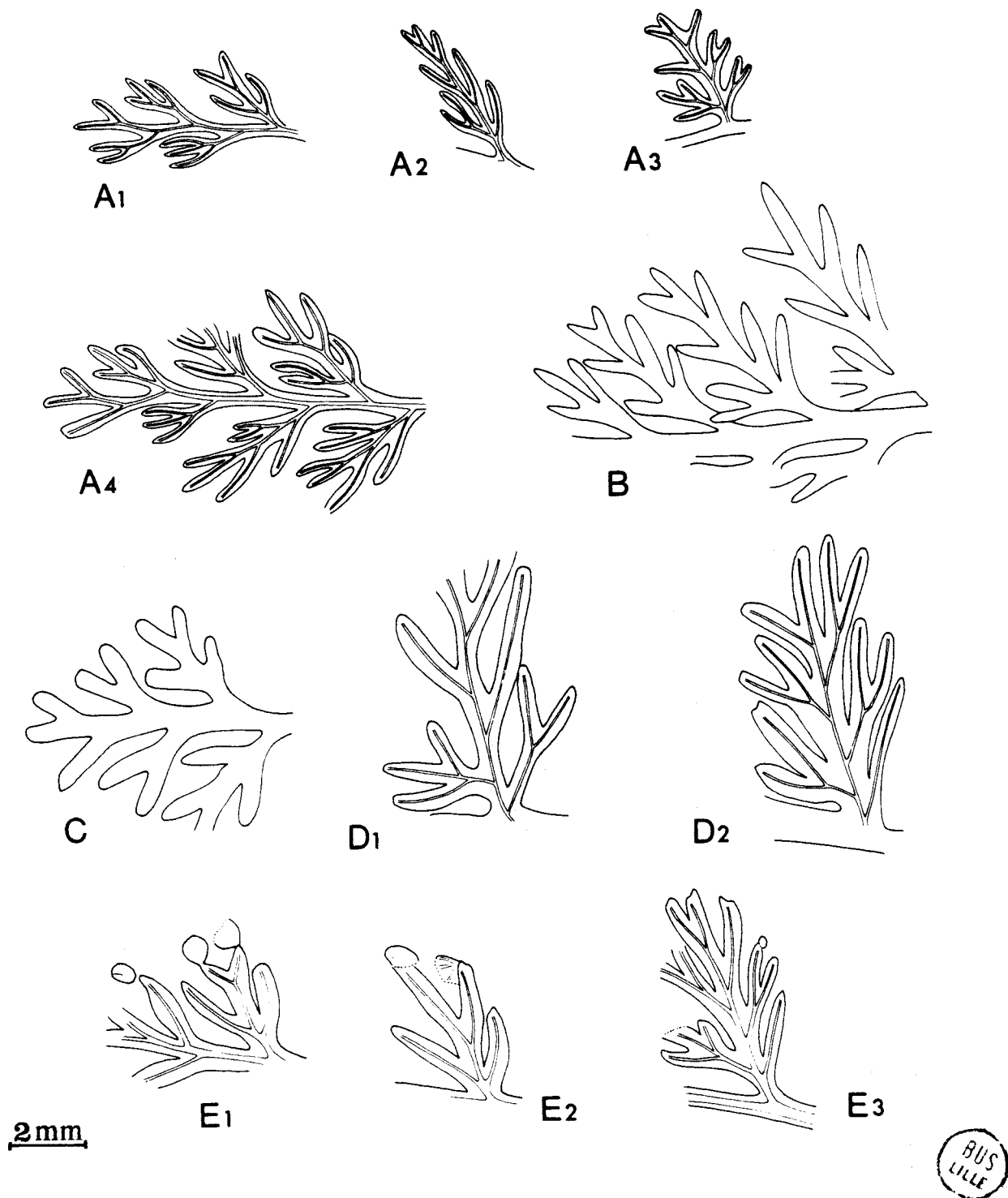
b.- penne :

Quel que soit leur ordre, les penne sont allongées, légèrement recouvrantes et conservent une largeur à peu près constante sur une grande partie de leur longueur.

c.- pinnules :

La texte-fig. 61 récapitule les différentes étapes des divisions limbaires. La croissance en longueur y est prédominante aussi les divers segments sont-ils très allongés et étroits. La pinnule à peine individualisée, en forme de languette fait un angle de 40° avec le rachis, son bord catadrome est décurrence, son sommet mousse (texte-fig. 61, A1, A4). Une première incision apparaît côté catadrome, la pinnule est alors bifide et ses deux parties sont équivalentes. La seconde incision se produit assez rapidement donnant naissance au lobe basal anadrome. Les divisions cessent pour faire place à une période de croissance. Les deux lobes basaux sont également écartés de la partie apicale, la pinnule a l'aspect tridenté d'une "patte d'oiseau" (texte-fig. 61, A3, D1). Après cette phase de croissance la segmentation reprend donnant naissance à une seconde paire de lobes formés à peu près simultanément. Une seconde période de croissance précède l'individualisation de la 3ème paire de lobes qui correspond au maximum de différenciation de la pinnule, les lobes basaux ont déjà amorcé leur division. La pinnule passant au rang de penne de dernier ordre mesure 8 mm en longueur et un peu moins de 3 mm en largeur. L'intensité des divisions semble comparable des deux côtés de la pinnule pour autant qu'on puisse en juger avec le léger recouvrement des penne.

Le mode de différenciation des limbes filiformes varie peu d'une espèce à l'autre. On retiendra pour caractériser *Z. frenzlii* deux faits qui paraissent essentiels : 1/



Texte-fig. 61 - Variabilité du limbe stérile de *Zeilleraia frenzlii* (Stur). Emplacement des fructifications
A1-A4 - Premières étapes de la différenciation limbair, d'après l'échantillon figuré en
4, pl. 49.
B, C, D1-D2 - Variations d'opulence du limbe, d'après des échantillons non figurés.
E1-E3 - Pinnules fertiles montrant les sores globuleux situés à l'extrémité des lobes,
nettement en dehors du limbe, d'après les échantillons figurés en 1, 2, pl. 49.

les phases de croissance qui séparent les étapes de segmentation ; 2/ l'individualisation très rapprochée des lobes d'une même paire qui après une brève période de croissance apparaissent subopposés et non alternes comme chez la plupart des espèces sphénoptéridiennes. Ces deux caractères essentiels permettent de rassembler les échantillons qui à priori semblent assez éloignés tant les variations d'opulence du limbe peuvent être grandes. Il suffit que la croissance en longueur soit particulièrement rapide pour que le limbe présente l'aspect de la figure 1a, planche 50. On comparera cette photographie avec la figure 2, même planche, représentant un échantillon de même origine. On pourra vérifier que le processus de différenciation limbaire semble constituer ici un facteur constant.

d.- nervation :

Elle est fine mais généralement bien visible (texte-fig. 61, A1, A4, D1, D2). La nervure principale peu décurrenente envoie dans chaque lobe une nervure secondaire dont les divisions sont contemporaines des incisions du limbe. Les nervules occupent une position médiane parfaite et se prolongent très nettement jusqu'au sommet des lobes.

3) Feuillage fertile :

La morphologie limbaire n'est pas altérée par le développement des organes reproducteurs. Les lobes sont seulement un peu plus larges à leur sommet du fait de l'épaississement nervuraire destiné à l'insertion du sore. Le début de la fertilisation se manifeste par le développement de renflements charbonneux à l'extrémité des lobes mais il est impossible de préciser s'ils sont situés sur le limbe ou dans son prolongement. Quelques échantillons un peu plus matures montrent très nettement les sores disposés en dehors du limbe : ils apparaissent sous forme d'amas globuleux où il est difficile de définir un quelconque arrangement. A maturité le synange éclate, les extrémités des sporanges s'écartent alors que leurs bases restent jointives. Leur nombre oscille de 6 à 8 mais le nombre le plus fréquent est de 6. L'aspect des fructifications varie en fonction de la position des fragments lors de la compaction. Dans le meilleur des cas, l'aplatissement s'est fait perpendiculairement à l'allongement du sore et les sporanges adoptent une disposition rayonnante à partir du réceptacle elliptique sur lequel ils sont insérés (pl. 49, fig. 1g). Dans d'autres cas, la compaction s'est faite parallèlement à l'allongement des sores ou obliquement (pl. 49, fig. 1b, d). Les sporanges effilés à leur sommet donnent alors l'impression de pendre à l'extrémité des lobes, leurs extrémités sont très nettement écartées. Leur paroi dépourvue d'anneau est constituée de petites cellules alignées longitudinalement.

Nos échantillons sont trop fragmentaires pour pouvoir affirmer quel est le sens de développement des fructifications. Tout au plus peut-on préciser que lorsqu'une pinnule devient fertile, les sores apparaissent prioritairement aux sommets des lobes apicaux (pl. 49, fig. 2a) ce qui pourrait laisser supposer que l'ordre d'apparition des fructifications est acroscopique mais ceci n'est pas une règle absolue. L'échantillon figuré par Stur (1885, pl. XXXVII, fig. 3) est partiellement fertile, la position de la penne fructifiée n'est toutefois pas définie par rapport à l'ensemble de l'échantillon.

Les prélèvements ont fourni des spores trilètes, triangulaires, ornées de petits apicules. Elles s'apparentent au genre *Anapiculatisporites* Potonié et Kremp. Les spores n'ont pas été recueillies en nombre suffisant pour se faire une bonne idée de l'échelle de variation de leur taille. Les dimensions données ici n'ont qu'une valeur indicative : 16 à 21 μ . C'est la première fois qu'une espèce du genre se révèle produire des spores non lisses (pl. 50, fig. 4c, d).

Remarques et discussion :

La texte-fig. 61 permet de comparer le mode de différenciation limbaire de nos échantillons avec celui de l'échantillon figuré par Stur (1885, pl. XXXVII, fig. 3) et suffit à démontrer que notre matériel correspond bien du point de vue stérile à la conception originale de l'espèce.

Pour ce qui est des fructifications et de l'attribution générique de l'espèce le problème est un peu plus complexe. Stur la rapporte au genre *Calymmotheca* et décrit les organes reproducteurs (1885, p. 270) comme étant situés à l'extrémité des segments ultimes et pouvant présenter deux dispositions : ou bien apparaître comme des amas arrondis globuleux et fermés ou au contraire se présenter sous forme d'une "capsule à trois valves dont chaque valve n'aurait qu'une faible capacité d'ouverture" (traduction de l'allemand). En 1884, Kidston (p. 591) décide de placer l'espèce dans son nouveau genre *Zeillera* mais ne justifie pas

cette attribution. Ce n'est qu'en 1924 qu'il donne une interprétation de la fructification : "au début du développement les microsporangies sont globuleux mais à maturité ils éclatent en 3 ou 4 segments pour la dissémination des spores" (traduction de l'anglais).

La description que j'ai donnée du limbe fertile et des organes reproducteurs correspond bien aux connaissances acquises sur le genre *Zeillera* après les travaux de Gothan (1921) et de Halle (1933) : la morphologie limbale n'est pas altérée par l'apparition des fructifications et les sores composés de plusieurs sporanges insérés sur un réceptacle commun sont situés à l'extrémité des lobes et en dehors du limbe. Le nombre de sporanges par synange (6 à 8) peut paraître élevé mais il n'est pas extraordinaire puisque chez *Z. nathorstii* (Arber) Halle il est susceptible de varier de 4 à 7. D'ailleurs notre description n'est pas très éloignée de celle proposée par Stur. Les sores immatures apparaissent bien sous forme d'amas charbonneux globuleux situés à l'extrémité des lobes et éclatent à maturité. L'aspect d'une "cupule à 3 valves" peu séparées décrit par Stur peut très bien correspondre à la fructification composée de six sporanges, vue de profil, à moitié enfouie dans le schiste, les extrémités des sporanges commençant à s'écarter.

Les spores extraites de nos échantillons sont de type *Anapiculatisporites*. Nous ne connaissons pas encore le type des spores fournies par toutes les espèces du genre *Zeillera*. Nous savons qu'elles sont monolètes et lisses chez *Z. avoldensis* (Kidston 1924, p. 133 ; Florin 1937, p. 316 ; Thomas et Crampton 1971, p. 286 ; Brousmiche et Laveine 1982) et *Z. nathorstii* (Florin 1937, p. 316) mais trilètes chez *Z. minima* (Hartung 1938, p. 83). *Z. frenzlii* serait donc la deuxième espèce du genre à produire des spores trilètes. On connaît d'autres exemples de groupes homogènes de plantes susceptibles de fournir les deux types de spores. Par conséquent l'attribution de l'espèce *frenzlii* au genre *Zeillera* me paraît justifiée. Elle nécessite simplement d'en élargir légèrement la signification et c'est ce que j'ai fait en proposant une diagnose générique émondée.

La nouvelle description que je donne de l'espèce implique quelques remarques sur les échantillons figurés par les auteurs précédents en commençant par ceux de Carpentier et Depape (1914, pl. IV, fig. 1-5 ; pl. V, fig. 1). Leur aspect me paraît très différent de celui des échantillons de Stur. Les fructifications très globuleuses se situent bien aux extrémités des lobes mais aucune ne montre de sporanges écartés et rayonnants bien que les spécimens soient très fructifiés. Le mode de division limbale ne correspond pas non plus : la différenciation des segments s'avère beaucoup plus lente que sur les types de *Z. frenzlii* et le feuillage donne l'impression d'être plus opulent. Kidston ayant examiné ce matériel considère qu'il ne peut être rapporté à l'espèce de Stur (1924, p. 438) ; je partage son opinion. Il rappelle quelques formes de *Z. avoldensis* Stur bien fructifiées telles qu'on les rencontre en Lorraine mais je ne puis rien affirmer puisque ce spécimen n'est malheureusement plus conservé dans les collections du Polytechnicum de Lille. Il en est de même des très petits fragments figurés par ces mêmes auteurs l'année suivante (1915, pl. 9, fig. 3-5) et dont l'aspect correspond bien effectivement à une fructification de type *Zeillera* sans qu'il soit possible d'aller plus loin dans l'identification.

La détermination de *Z. frenzlii* effectuée par Kidston (1924, pl. XCVII, fig. 3, 3a-b) fait aussi l'objet de discussions. Pour Thomas et Crampton l'échantillon ne serait représentatif ni de l'espèce ni du genre (1971, p. 288). D'après eux, les fructifications constituées de sporanges isolés situés à l'extrémité des lobes et fournissant des spores monolètes rappelleraient tout à fait celles de *Zeillera hymenophylloides* Kidston, espèce qu'ils suggèrent d'attribuer au genre *Acrangiophyllum* Mamay, compte tenu de l'organisation des organes reproducteurs * . Il m'est difficile d'émettre une opinion sur cette interprétation car si j'ai vu les spécimens originaux de *Z. hymenophylloides* conservés à l'Institute of Geological Sciences de Londres, je n'ai pas retrouvé l'échantillon déterminé *Z. frenzlii* par Kidston. D'après les photographies ce spécimen me paraît très différent de *Z. hymeno-*

* Je ne partage pas tout à fait cette interprétation de Thomas et Crampton des organes reproducteurs de *Z. hymenophyllites*. J'ai en effet retrouvé dans les collections de l'Institute of Geological Sciences de Londres deux spécimens bien fructifiés, non figurés, mais de même origine que le matériel original de Kidston. Les fructifications apparaissent sous forme d'amas charbonneux globuleux situés à l'extrémité des nervures et ont un aspect comparable à celles de *Z. avoldensis* (Stur) (pl. 5), fig. 5). Sur le spécimen le plus fertile le limbe est réduit autour des nervures et les sores semblent s'ouvrir en plusieurs éléments (4-6 ?). Cette observation est donc contradictoire avec celle de Thomas et Crampton.

phylloides chez lequel le limbe est beaucoup plus opulent (voir p. 213). L'échantillon n'est pas suffisamment bien conservé pour qu'on puisse en reconstituer le processus de différenciation. A priori il ressemble davantage aux formes habituellement placées dans le genre *Telanglopsis* Eggert et Taylor mais il ne s'agit là que d'une impression car je ne dispose d'aucun argument précis.

Dans la discussion relative au genre *Zeilleria*, j'ai déjà évoqué (p. 202) les raisons pour lesquelles je considère que l'échantillon fertile à partir duquel Danzé (1956, 1960b) avait établi la diagnose de l'espèce n'est pas représentatif de *Z. frenzlii* mais probablement de *Germera mendescorrae* (Teixeira). Par contre les autres spécimens figurés par Danzé correspondent bien à l'espèce de Stur.

Les échantillons de Zeiller (1899, pl. I, fig. 17), Gothan (1913, pl. 28, fig. 4, 4a) et Bell (1938, pl. XX, fig. 2, 3 ; pl. XXI, fig. 2) sont aussi conformes aux types de l'espèce. Toutefois, si le dessin agrandi proposé en 3a, b, pl. 8 par Gothan (1913) reproduit exactement l'échantillon concerné, il paraît difficile de rapporter ce dernier à l'espèce *Z. frenzlii*. Les lobes équivalents n'y sont pas subopposés, les fructifications se situent à l'extrémité de pédicelles constitués par les nervures et le limbe apparaît très réduit.

Danzé (1956, p. 256) rapproche d'*Urmatopteris tenella* (Brongniart) le spécimen figuré par Gothan (1941, pl. 54, fig. 1) sous le nom de *Sph. (Zeilleria) cf. frenzlii*. L'un des deux fragments de pousse (partie basse de la photographie) ressemble beaucoup à mon avis au petit spécimen déterminé *Z. delicatula* par Gothan et représenté en 4, même planche. J'ai signalé mes réserves quant à cette dernière détermination de Gothan par un point d'interrogation précédant la citation dans la liste de synonymie de *Z. delicatula*. Je pense en effet que ces deux échantillons de la Ruhr rappellent plutôt certains de nos spécimens lorrains (pl. 56, fig. 3) que je considère comme étant probablement la forme stérile de *Germera mendescorrae* (Teixeira).

Si les deux spécimens figurés par Guthörl (1943, pl. XXIX, fig. 2A, 2B, 3A, 3B) présentent bien les caractéristiques de la différenciation limbaire des types de *Z. frenzlii*, l'échantillon figuré par ce même auteur en 1957 (pl. 8, fig. 3) ne me semble pas appartenir à l'espèce. Il en est de même pour le fragment déterminé cf. *Zeilleria frenzlii* par Stockmans et Willièvre (1953, pl. XLIX, fig. 2, 2a) qui est vraiment trop réduit pour qu'on puisse émettre un avis à son sujet.

J'émetts aussi quelques réserves sur les figurations de Stopa (1957, pl. XXIV, fig. 3, 4) et en particulier sur l'échantillon représenté en 4. Sur ce spécimen en effet, les lobes souvent bifides sont très courts et les phases de croissance apicale responsables de l'aspect très digité de *Z. frenzlii* font défaut, la différenciation limbaire apparaît aussi très lente.

Il est possible que l'échantillon figuré par R.H. Wagner (1966c, pl. 11) appartienne à l'espèce de Stur mais son aspect est assez curieux. Il ne m'est pas possible toutefois de prendre une décision sans avoir observé les originaux de ces figurations.

Je ne pense pas qu'il faille suivre l'opinion de Danzé (1956, p. 256) qui propose de considérer le *Zeilleria delicatula* de Deltenre (*in* Renier 1910, pl. 67) comme un synonyme de *Z. frenzlii* mais il est vrai que *Z. frenzlii* présente quelques ressemblances avec *Zeilleria delicatula*.

Dans les deux cas, le limbe délicat, filiforme est porté par des rachis larges et plats, finement striés longitudinalement. L'ordre d'apparition des lobes est identique et les pinnules tridentées présentent l'aspect caractéristique d'une "patte d'oiseau". Mais *Z. frenzlii* se caractérise par une évolution beaucoup plus rapide de la différenciation limbaire et par une alternance des phases de division et de croissance. Cette discontinuité est responsable de la disposition subopposée des lobes et de leur forme en languettes très allongées souvent fort étroites. La croissance plus régulière de *Z. delicatula* donne des lobes beaucoup plus courts et proportionnellement plus larges. De plus, les rachis de *Z. delicatula* sont finement ponctués, les plus larges d'entre eux portant également quelques bases d'appendices épineux assez forts. Au contraire, les axes de *Z. frenzlii* sont totalement dépourvus de ponctuations.

Une seconde espèce risque d'être confondue avec *Z. frenzlii* en l'absence de fructifications. Il s'agit de *Crossothea schatzlarensis* (Stur). Celle-ci se distingue par une

différenciation limbale plus lente, par une croissance apicale moins marquée, par la disposition plus alterne des lobes qui ne montrent jamais la disposition en "patte d'oiseau" observée chez *Z. delicatula* ou *Z. frenzlii*. Néanmoins quand on n'a pas la chance de disposer de grands fragments de deux espèces leur identification demeure très difficile et les indéterminations peuvent être fréquentes.

L'étude critique des échantillons figurés a révélé que *Z. frenzlii* a aussi souvent été confondu à l'état stérile avec une autre forme digitée fréquente dans le bassin sarro-lorrain pour laquelle Doubinger (1959, p. 114) a créé *Sphenopteris digitata*. La découverte de fructifications sur l'un des fragments figurés sous ce nom par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 8, fig. 3, 4) et sur plusieurs spécimens de nos collections a entraîné la création d'un nouveau genre (p. 225). Ce matériel est décrit sous le nom de *Germera mendes-corrae* (Teixeira). Cette autre espèce filiforme se distingue de *Z. frenzlii* à l'état stérile :

- par une différenciation limbale plus lente ;
- par le retard de division de l'élément basal catadrome par rapport à son équivalent anadrome ;
- par la plus grande largeur des lobes dont l'apex est mousse et dont la disposition apparaît nettement fasciculée.

Enfin, il est assez remarquable de constater que les espèces des genres *Zeilleria* et *Crossothea* sont souvent associées peut-être parce qu'elles occupaient la même niche écologique : leurs feuillages filiformes très particuliers étaient sans doute adaptés à des conditions de vie assez semblables et ont dû se comporter de la même façon face aux processus de fossilisation. Leurs répartitions stratigraphiques sont en outre comparables. Et dans certains cas, lorsque les limbes stériles ne sont pas conservés, il arrive que les fructifications non mûres de *Z. frenzlii* et celles de *Crossothea crepinii* Zeiller par exemple puissent être confondues. Vus de profil et plus ou moins enfouis dans le schiste, les sores globuleux se ressemblent très fortement. Heureusement les spores produites par les deux espèces sont très différentes : de type *Anapiculatisporites* chez *Z. frenzlii*, *Cyclogranisporites* chez *Crossothea crepinii*. C'est grâce à elles que j'ai pu mettre en évidence sur un même échantillon la présence de ces deux espèces. Voici donc un exemple précis pour lequel les prélèvements de spores peuvent contribuer à une identification générique et donc spécifique.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :

- Sondage des *Chasseurs* à 543,80 m, sommet du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435051).

- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :

- Sondage de *Hombourg 2/5* à 815,30 m, pour information T500 à 644,90 m, T600 à 857,90 m, 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435070).

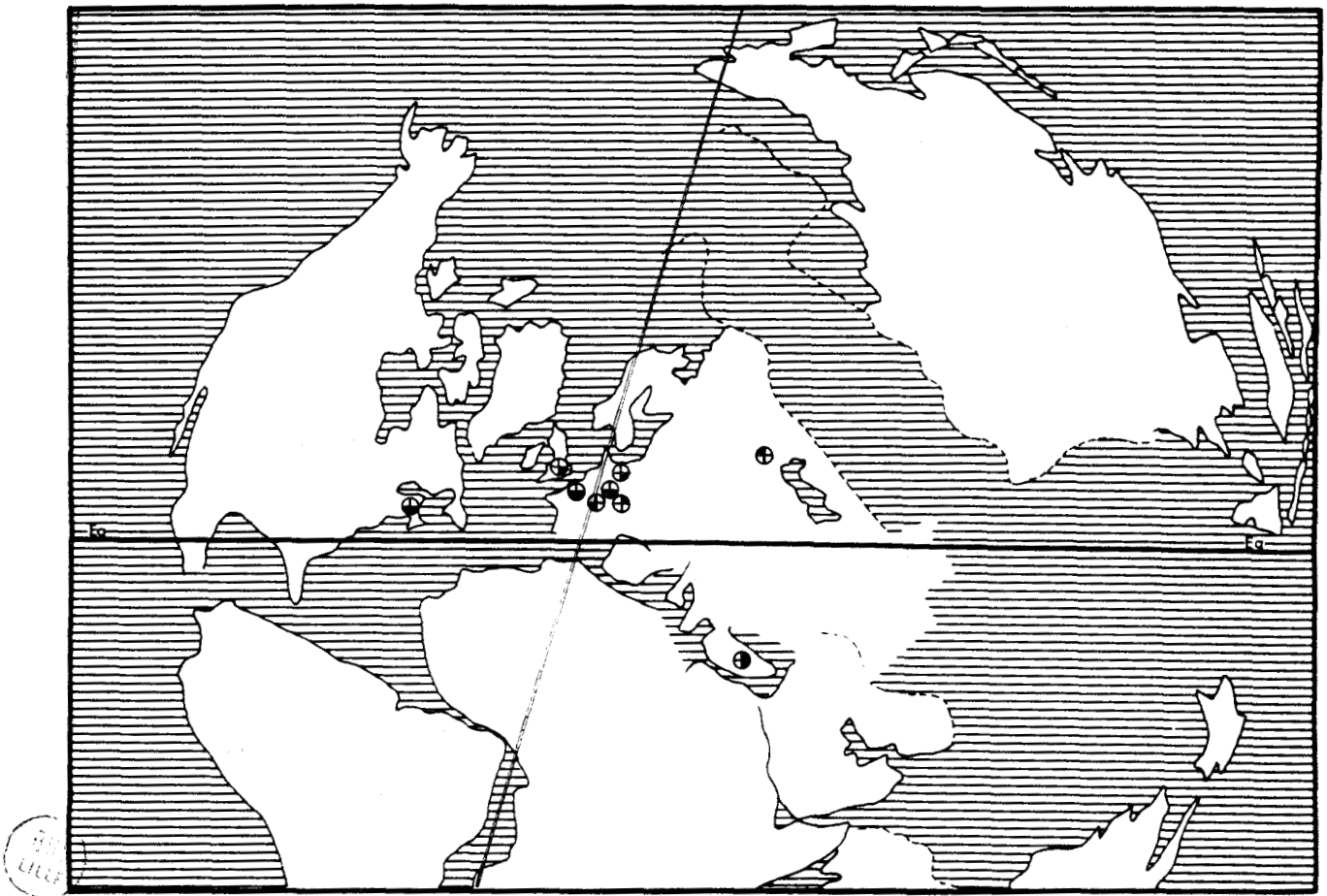
- Autres gisements :

- Sondage des *Bruyères* à 1171,90 m, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435071).
- Sondage des *Chasseurs* à 547,63 ; 547,65 ; 547,67 ; 785,20 m, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435052-435055).
- Groupe d'*Hélène*, veine II R, sous T200, sommet du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe d'*Hélène*, veine 13, sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, dont éch. figuré par Guthörl 1943, pl. XXIX, fig. 3A, B).
- Groupe d'*Itzenplitz*, sans autre précision (Coll. Muséum für Naturkunde de Berlin).
- Groupe de *Jägersfreude*, veine 9, au-dessus de T300, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe de *Maybach*, veine 16 des couches de Sulzbach, entre T300 et T400, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/4740, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 9, fig. 1, 2 et par Doubinger in Bureau 1975, texte-fig. 397, p. 468).
- Sondage de *Ste-Fontaine 1* à 346,80 ; 347,00 ; 512,47 ; 512,50 ; 512,51 ; 553,45 m, sommet du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435056-435061).

- Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 1001,80 m, au toit de la veine H4, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435062).
- Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 426,10 m, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435063).
- Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 981,60 ; 981,80 ; 1120,46 ; 1120,47 m, pour information T300 à 979,67 m, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435064-435067).
- Sondage de *Ste-Fontaine 6* à 1154,35 et 1164,20 m, juste sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435068-435069).
- Terris de *Sarrebruck* (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435073-435078).

Zeilleria frenzlii est une espèce relativement abondante dans le bassin sarro-lorrain, caractéristique du Westphalien C. Sa répartition commence un peu au-dessus de T600, dans le faisceau de Rothell (Westphalien C inférieur) et se termine dans le 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle (Westphalien C supérieur)

Répartition générale :



Texte-fig. 62 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Zeilleria frenzlii* (Stur).

ZEILLERIA HYMENOPHYLLOIDES Kidston

Planche 51, fig. 1-5

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Kidston 1924, pl. XCVII, fig. 1, repris ici en 1, 1a, pl. 51
- . Origine : Angleterre, couche *Arley Mine* à Nelson, Bassin de Burnley, Lancashire, Westphalien A
- . Collection Kidston, Institute of Geological Sciences de Londres

- v. 1924 *Zeilleria hymenophylloides* Kidston, p. 439, pl. XCVII, fig. 1-2a ; pl. XCIX, fig. 9-11
- ? 1928 *Zeilleria hymenophylloides*, Němejč, p. 1, pl. I, fig. 1-4 ; pl. II, fig. 1
- ? 1933 *Zeilleria* cf. *hymenophylloides*, Halle, p. 84, pl. 14, fig. 1 ; pl. 15, fig. 1, 2
- v. (pars) 1941 *Sphenopteris* (*Zeilleria*) *hymenophylloides*, Gothan, p. 17, pl. 52, fig. 4, 5 ; pl. 53, fig. 2
- v. (pars) 1956 *Zeilleria* cf. *hymenophylloides*, Danzé, p. 257, pl. XLI, fig. 6, 6a ; pl. XLIII, fig. 2, 2c

Diagnose :

Kidston (1924, p. 439) n'a donné de *Zeilleria hymenophylloides* qu'une description détaillée mais brève que Danzé (1956, p. 257) a reprise sous forme de diagnose. Je la reproduis ici en en modifiant un peu l'ordre.

- Fronde au moins tripinnée, mais probablement quadripinnée.
- Feuillage stérile : rachis droits ou légèrement flexueux, lisses ou portant une fine striation longitudinale ; ceux d'ordres n et n-1 ailés ; pennes lancéolées présentant ou non un léger recouvrement ; pinnules alternes, composées d'un tissu très délicat, ovales, décurrentes, contractées à la base, attachées au rachis par une base large et divisées en 2 à 6 lobes simples, rarement bifides et obtusément pointus ; apex de la pinnule souvent bifide ; nervure médiane subgénéculée d'où partent des nervures simples, ou bifides, chaque branche atteignant l'extrémité d'un lobe ou d'une dent.
- Feuillage fertile : pinnules fertiles montrant des segments légèrement plus étroits et plus allongés, dont les terminaux et latéraux supérieurs portent chacun un seul sporange ovale.

Les collections du Saarbergwerke de Sarrebruck renferment plusieurs spécimens stériles dont la morphologie limbale répond à l'essentiel de la description originale de Kidston. En outre, l'un des échantillons, largement fertile, porte des fructifications situées à l'extrémité des lobes mais nettement en dehors du limbe. Si les prélèvements de spores *in situ* ont été fructueux, il n'a malheureusement pas été possible de préciser l'organisation exacte des masses charbonneuses qui constituent les fructifications. Toutefois leur disposition est tellement comparable à celle que j'ai observée chez *Z. avoldensis* (Stur) qu'il paraît raisonnable d'attribuer ces spécimens au genre *Zeilleria*. Compte tenu de l'incertitude qui demeure, j'ai jugé préférable de ne pas assimiler complètement le matériel lorrain à l'espèce de Kidston, aussi est-il décrit sous le nom de *Zeilleria* cf. *hymenophylloides*.

ZEILLERIA cf. *HYMENOPHYLLOIDES* Kidston

Planche 51, fig. 6-8

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le plus grand spécimen stérile représente un fragment de penne d'ordre n-2, l'échantillon fertile est composé de plusieurs extrémités de penes d'ordre n-1 (pl. 51, fig. 7, 8). L'organisation de la fronde est donc au moins tripinnatifide. Sa construction est catadrome et on n'observe pas de modification limbaire des segments situés à l'aisselle des rachis.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Il n'a pas été possible de mesurer la largeur du rachis d'ordre n-2 qui est mal conservé ; les rachis d'ordres n et n-1 sont largement ailés et l'angle d'insertion des différents rachis est d'environ 70°. Aucune ornementation n'a été observée.

b.- pennes :

Les penes sont allongées, non recouvrantes et conservent une largeur presque constante sur une grande partie de leur longueur.

c.- pinnules :

La différenciation limbaire apparaît relativement lente car presque toutes les pinnules d'une même penne présentent un degré de division identique (pl. 51, fig. 6a). Aucune extrémité de penne n'est vraiment bien conservée et je ne puis décrire les premières étapes de la différenciation. Une pinnule évoluée, longue de 6 à 7 mm porte 3 paires de lobes simples, allongés en forme de languettes spatulées ; une légère incision s'ébauche dans le lobe basal anadrome.

Le limbe des lobes anadromes (surtout du lobe basal) est généralement plus opulent que celui des lobes catadromes aussi la pinnule apparaît-elle légèrement dissymétrique. A l'exception des lobes basaux, l'intensité des divisions est identique des deux côtés des pinnules. Le bord inférieur du lobe basal catadrome est toujours très décurrent.

d.- nervation :

Elle est fine mais bien visible, constituée d'une nervure médiane légèrement décurrente qui envoie dans chaque lobe une nervule se divisant à son tour de façon à irriguer chaque indentation du limbe.

3) Feuillage fertile :

Le feuillage fertile (pl. 51, fig. 8, 8a) n'est pas très différent du limbe stérile. Les lobes apparaissent simplement un peu plus massifs car leur sommet est tronqué par le développement des fructifications. L'échantillon étant largement fructifié, il n'est pas possible de déterminer l'ordre d'apparition des sores. Ceux-ci se présentent sous forme de masses charbonneuses globuleuses situées au sommet des lobes mais nettement à l'extérieur du limbe. Leur organisation précise n'a pu être déterminée mais quelques rares sores conservés en vue latérale laissent supposer qu'ils devaient être composés de 4 ou 6 (?) sporanges insérés sur un réceptacle commun.

Les spores obtenues par prélèvements *in situ* sont de petite taille (11-13 μ), subcirculaires et ornées d'une fine granulation très lâche. Elles s'apparentent par conséquent au genre *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp de la terminologie des spores dispersées (pl. 51, fig. 8b).

Remarques et discussion :

La comparaison du plus grand spécimen lorrain avec les échantillons figurés par Kidston (1924, pl. XCVII, fig. 1a ; pl. XCIX, fig. 9-11) révèle de nombreuses similitudes. Les photographies en noir et blanc ne rendent pas bien compte de l'allure du limbe des spécimens anglais conservés pour la plupart dans des nodules car le limbe ne tranche pas sur le sédiment. Mais l'examen des échantillons permet de vérifier que leur différenciation limbinaire est comparable à celle du matériel lorrain. Le limbe apparaît seulement un peu moins opulent, mais cela tient au fait que son degré de division est inférieur à celui du spécimen lorrain.

Kidston (1924, p. 439) indique que le feuillage fertile est un peu moins fourni que le limbe stérile avec des lobes plus étroits et plus longs. Ceci n'apparaît pas sur le spécimen lorrain où au contraire les lobes sont plutôt tronqués. Mais il est possible d'envisager qu'existe également chez *Z. hymenophylloides* ce qui s'observe chez *Zeilleria avoldensis* (Stur). En effet chez cette espèce, le limbe fertile est extrêmement polymorphe : certains spécimens peu matures montrent un limbe fourni avec des fructifications situées à l'extrémité des lobes, en dehors du limbe ; d'autres au contraire présentent un limbe réduit au seul squelette nervuraire, tous les intermédiaires étant possibles. Un tel phénomène pourrait donc exister également chez *Z. hymenophylloides* ? Ne disposant que d'un matériel réduit, il serait hasardeux de poursuivre plus avant le raisonnement ; c'est pourquoi j'ai préféré ne pas assimiler complètement le matériel lorrain à l'espèce de Kidston.

La description que Kidston donne de la fructification (p. 440) : "sporange ovale unique, situé à l'extrémité des lobes et éclatant à maturité en 4 valves" (traduction de l'anglais) entre dans le cadre de l'interprétation par Kidston de *Zeilleria* comme une fructification de Ptéridospermaphyte. Aussi n'est-il pas étonnant qu'elle diffère légèrement de ce que j'ai décrit.

Outre *Zeilleria avoldensis* (Stur) dont le feuillage est très caractéristique, aucune autre espèce du genre *Zeilleria* ne montre un limbe aussi opulent que celui de *Z. hymenophylloides*, aussi les confusions semblent-elles exclues.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Les échantillons décrits proviennent du bassin de la Sarre et sont conservés dans les collections du Saarbergwerke de Sarrebruck. Deux d'entre eux ont été récoltés dans la veine 4 des couches de Sulzbach du groupe d'Hélène, le troisième dans la veine 3 du groupe de Camphausen. Ces niveaux se situent dans le 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen (= Westphalien C moyen).

Le lectotype a été recueilli par Kidston au niveau de la couche Arley Mine dans le bassin de Burnley (Lancashire) à laquelle on attribue un âge Westphalien A. L'espèce a aussi été récoltée dans des niveaux équivalents du Yorkshire et du Sud Staffordshire.

Les données stratigraphiques confortent donc la prudence que j'ai marquée dans l'assimilation du matériel sarro-lorrain à *Z. hymenophylloides*.

ZEILLERIA AVOLDENSIS (Stur)

Planche 52

Néotype :

- . Echantillon figuré par Brousmiche et Laveine 1982, pl. I, fig. 1, 1a
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, sondage de Ste-Fontaine 5 à 817,26 m, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen
- . Collection : Laboratoire de Paléobotanique de Lille, SPH. H.B.L. n° 434728

- 1878 *Phytinophyllum Avoldense* Stur, p. 213 (*nomen nudum*)
1934 *Zeillera avoldensis*, Simson-Scharold, p. 36, pl. IV, fig. 29A, B
1982 *Pecopteris (Zeillera) avoldensis*, Brousmiche et Laveine, p. 52

Pour une synonymie plus complète, le lecteur voudra bien se reporter aux publications de Kidston (1924, p. 432), Dalinval (1960, p. 185) et à notre récent travail (1982, p. 52) dans lequel nous démontrons l'identité de plusieurs espèces récemment créées avec *Z. avoldensis*.

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile de type pécoptéridien à différenciation rapide ; rachis rectilignes, non décurrents, faisant entre eux des angles variant de 70 à 80° ; rachis n-2 larges et plats, couverts d'une fine striation longitudinale et de nombreuses punctuations ;
pennes lancéolées peu ou non recouvrantes ;
pinnules pécoptéridiennes, légèrement inclinées sur le rachis, insérées par toute leur base, au sommet bien arrondi, aux bords ondulés, dentés ou nettement lobés ;
nervation toujours bien visible, car très en relief, canaliculée ; nervure médiane très décurrente flexueuse, se divisant alternativement, la première ramification étant toujours catadrome ; nervule très vite divisée une première fois, la branche supérieure se divisant à son tour une seconde fois ; nervures des pinnules fortement lobées de type *Lobopteris* R.H. Wagner ; lobes sur le point de passer au rang de pinnules irrigués d'une nervure médiane et de trois ramifications latérales bifides, la branche basale anadrome restant souvent indivise.
- Feuillage fertile : apparition des fructifications s'accompagnant d'une réduction limbale plus ou moins accentuée pouvant aller jusqu'à la conservation du seul squelette nervuraire ; synanges disposés au sommet des pinnules, sur le bord du limbe ou en dehors de celui-ci, généralement deux par pinnule, composés de 3 à 5 sporanges (le plus souvent 4) mesurant 1,5 mm en longueur et 1 mm en largeur ; sporanges jointifs à l'état immature pour constituer un sore globuleux, dont les extrémités s'écartent largement à maturité ;
spores monolètes, lisses, s'apparentant au genre *Laevigatosporites* Ibrahim au microscope optique mais se révélant ornées de quelques granules éparpillés au M.E.B. ; diamètre variant de 11 à 36 µ avec un maximum autour de 29 µ .

Description :

Zeillera avoldensis est une espèce actuellement bien connue pour laquelle il me paraît superflu de donner ici une nouvelle description. Je renverrai le lecteur aux travaux déjà cités de Kidston (1924), Dalinval (1960), Thomas et Crampton (1971), Brousmiche et Laveine (1982). Les caractères de la nervation que nous évoquons en détail (p. 53) me semblent être plus spécifiques. Ils devraient permettre d'éviter toute erreur d'identification.

Remarques et discussion :

Dans l'introduction concernant le genre *Zeillera*, j'ai déjà rappelé les raisons pour lesquelles nous considérons que l'espèce *Z. avoldensis* doit lui être rapportée. Nous expliquons que les arguments invoqués par les auteurs précédents pour justifier son détachement dans un genre différent n'ont jamais été vraiment démontrés. Les hypothèses concernant "le port arborescent de toutes les fougères pécoptéridiennes" se sont transformées progressivement en certitude au fil des publications sans qu'aucun fait réel vienne les confirmer. Je ne reviendrai pas sur ces commentaires.

Notre attitude qui consiste à attribuer au même genre de fructification des feuillages très différents donne priorité aux organes reproducteurs dans la hiérarchie des caractères taxonomiques. J'avais déjà adopté cette position (1979a) à propos des fructifications de *Sph. damesii* que j'ai attribuées au genre *Asterotheca* réservé en principe aux orga-

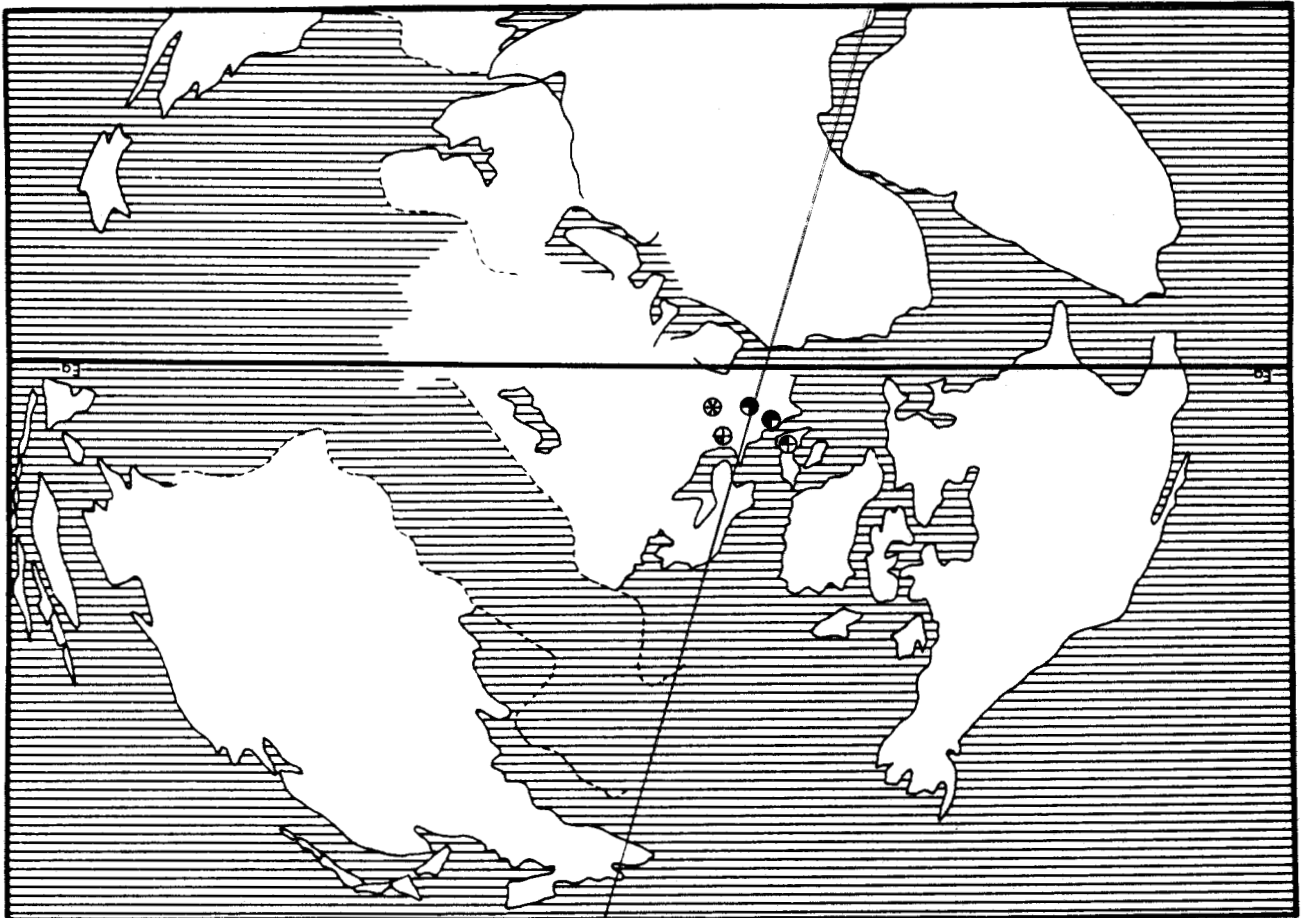
nes reproducteurs de formes pécoptéridiennes. Dans ce cas précis, le limbe sphénoptéridien à l'état stérile présente un aspect pécoptéridien lors de la fertilisation.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Siège de *Merlebach*, puits V, étage 1036, veine Julie, juste au niveau de T40, limite des faisceaux de Laudrefang et de Tritteling, limite entre Westphalien D inférieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434782-434783).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Hombourg 2/5* à 819,08 m, entre T500 et T600, sommet du faisceau de Rothell, base du Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434756).
- Autres gisements :
 - Voir C. Brousmiche et J.P. Laveine (1982, p. 54) (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434651-434796).

La longue liste des niveaux dans lesquels nous avons récolté ou retrouvé dans les collections *Z. avoldensis* suffit à démontrer que l'espèce est relativement abondante dans le bassin sarro-lorrain, contrairement à ce qui était généralement indiqué. L'espèce se rencontre dès les niveaux les plus bas atteints par l'exploitation jusqu'au Westphalien D moyen mais elle est particulièrement fréquente dans la partie supérieure du faisceau de Neunkirchen et dans le stérile de Geisheck (Westphalien C supérieur).

Répartition générale :



Texte-fig. 63 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Zeilleria avoldensis* (Stur).

CONCLUSIONS SUR LE GENRE *ZEILLERIA* Kidston

L'étude détaillée de *Z. delicatula* et de *Z. frenzlii*, complétée par notre récent travail concernant *Z. avoldensis* (Brousmiche et Laveine 1982) conduit à modifier légèrement la diagnose du genre en ce qui concerne :

- la possibilité éventuelle d'une transformation de la morphologie limbaire lors de l'apparition des fructifications ;
- le nombre de sporanges composant les synanges ;
- le type de spores qui peuvent être ornementées chez *Z. frenzlii* et à en élargir la signification. Toutefois nous manquons toujours d'informations concernant les fructifications de l'espèce-type.

Le genre est finalement bien représenté en Sarre-Lorraine en particulier par *Z. frenzlii* et *Z. avoldensis* dont les zones d'abondance sont contemporaines et correspondent au sommet du faisceau de Neunkirchen et au stérile de Geisheck, Westphalien C moyen et supérieur. *Z. delicatula* caractérise au contraire le Westphalien D.

De nombreuses espèces ont été rapportées au genre *Zeillera* qui réunit des formes très différentes à l'état stérile. Il regroupe en effet des plantes au limbe sphénoptéridien filiforme (*Z. delicatula*, *Z. frenzlii*), des formes au limbe pécoptéridien plus opulent (*Z. avoldensis*) et enfin des espèces non présentes en Lorraine dont le feuillage est de type *Rhodopteridium* (*Z. gothanii*, *Z. moravica*, *Z. rhodaeformis*).

La tendance actuelle qui est de considérer les trois premières espèces citées non pas comme des Ptéridospermées mais comme des représentants de vraies Fougères a conduit plusieurs auteurs à en rechercher les relations phylétiques avec les principaux groupes de Fougères. Plusieurs hypothèses relatives aux tendances évolutives au sein de ce groupe ont été émises récemment (Mamay, 1950 ; Thomas et Crampton, 1971 ; Stidd, 1974 ; Millay, 1979). L'objet principal des réflexions concerne la recherche des précurseurs du groupe des Marattiales caractérisé par un feuillage de type pécoptéridien et des synanges en position hypophylle. D'après ces auteurs l'ancêtre des Marattiales devrait présenter des synanges nés au sommet de petites ramifications et un début de planation des ramifications conduisant à la réalisation des pinnules. Le genre *Zeillera* serait donc particulièrement intéressant pour ce type d'investigations puisque les synanges occupent une position marginale et que la plupart des feuillages sont filiformes. Qui plus est même, certains auteurs envisagent pour *Z. avoldensis* une position intermédiaire entre les formes filiformes et les Marattiales. Les fructifications de *Z. avoldensis* conservent des caractères plutôt primitifs alors que le limbe présente une foliarisation avancée. Il suffirait d'après Millay (1979, p. 58) d'une légère modification du feuillage et d'une rotation vers le bas des synanges pour créer certaines formes de *Scolecoperis* Zenker à partir de *Z. avoldensis*. Malheureusement, cette phylogénie ne peut guère être envisagée puisque certaines espèces comme *Pecopteris miltonii* Artis que l'on s'accorde à considérer comme une Marattiale typique ont une répartition stratigraphique contemporaine de celle de *Z. avoldensis*. En outre, les extensions stratigraphiques générales de *Zeillera avoldensis*, *Zeillera delicatula* et *Zeillera frenzlii* se recouvrent largement :

- Westphalien A - limite inférieure du Westphalien D moyen pour *Z. avoldensis*.
- Westphalien A - Westphalien D pour *Z. frenzlii*.
- Westphalien A - sommet du Westphalien D et peut-être même Stéphanien pour *Z. delicatula*.

Zeillera avoldensis ne peut donc être considéré comme une forme intermédiaire entre les fougères au limbe filiforme et les Marattiales. Tout au plus peut-on envisager que cette espèce représente l'aboutissement d'un rameau latéral, conservateur vis-à-vis des fructifications, donnant une idée de ce qu'a dû être l'évolution conduisant aux Marattiales.

GENRE MYRIOTHECA Zeiller

Espèce-type : *Myriotheca desaillyi* Zeiller, 1883

- 1883 *Myriotheca* Zeiller, p. 186, pl. 9, fig. 18-20
- 1888 *Myriotheca*, Zeiller, p. 32, 140, texte-fig. 19
- 1900 *Polytheca* H. Potonié in Engler, p. 447
- 1923 *Myriotheca*, Kidston, p. 366
- 1954 *Myriotheca*, Gothan et Weyland, p. 117
- 1956 *Myriotheca*, Danzé, p. 57, 161
- 1960b *Myriotheca*, Danzé, p. 95, texte-fig. 3
- 1971 *Myriotheca*, Pfefferkorn, Peppers et Phillips, p. 11
- 1977 *Myriotheca*, W. Remy et R. Remy, p. 161

Le genre *Myriotheca* fut créé par Zeiller (1883) pour un très petit fragment entièrement fertile. Ce type de fructification tout à fait caractéristique par le nombre considérable des sporanges couvrant toute la face inférieure du limbe n'a jamais posé de problème d'identification. Et le genre *Polytheca* H. Potonié (1900, p. 447) qui désignait exactement la même organisation de fructification est immédiatement tombé en synonymie avec le genre de Zeiller.

La diagnose proposée par Danzé (1956, p. 161) est assez complète, on peut lui adjoindre les données concernant les spores *in situ* obtenues par Pfefferkorn et al. (1971) sur le matériel américain et par moi-même sur les matériels anglais et sarro-lorrain.

Diagnose :

(d'après Danzé 1956, p. 161) :

"Fructification de fougère eusporangiée ; sporanges subsphériques variant entre 0,25 et 0,75 mm de diamètre, disposés sans ordre en très grand nombre les uns à côté des autres sur la face inférieure de la pinnule dont le limbe n'est pas modifié ; paroi du sporange aux cellules allongées, avec, à l'apex, quelques éléments plus courts et une ligne de déhiscence peu visible, formée de cellules plus allongées et aux parois plus épaisses, parcourant sensiblement les 2/3 du côté du sporange" ; spores de type *Punctatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, *Camptotriletes* Naumova ou *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, dont la taille varie de 23 à 91 μ .

Remarque :

Lors de mon séjour à l'Institute of Geological Sciences de Londres, j'ai effectué des prélèvements sur les échantillons à partir desquels Kidston a défini *Myriotheca anglica* et sur le spécimen de *Myr. scaberriana* Sellards figuré également par Kidston. Les spores obtenues sur les premiers sont de type *Camptotriletes* Naumova et mesurent 50 à 56 μ dans leur plus grande dimension. Ces résultats sont donc contradictoires avec les données indiquées dans le tableau 2 de Pfefferkorn et al. (p. 12) qui signalent pour cette espèce des spores de type ? *Punctatisporites* dont le diamètre serait compris entre 70 et 82 μ . Les résultats des prélèvements effectués sur *Myr. scaberriana* ont malheureusement été négatifs.

Le sondage de *Ste-Fontaine 4* a fourni un échantillon largement fructifié dont l'organisation des sporanges correspond à la définition du genre *Myriotheca*. Il est cependant très fragmentaire et ne donne aucune indication sur l'aspect du limbe correspondant, c'est pourquoi je l'ai laissé en nomenclature ouverte.

MYRIOTHECA sp.

Planche 53

Description :

Feuillage fertile :

L'échantillon présente de nombreux sporanges d'assez grande taille (0,5 mm), de forme ellipsoïdale, juxtaposés sans ordre précis, couvrant vraisemblablement toute la surface du limbe. Leur paroi ne montre pas de différenciation particulière et apparaît constituée de cellules allongées disposées en files irrégulières. Quelques cellules un peu plus courtes que les autres sont visibles dans la région apicale de quelques sporanges.

Les prélèvements *in situ* ont fourni des spores trilètes, de contour triangulaire à subcirculaire dont l'ornementation, toujours granuleuse, varie beaucoup d'intensité sans doute en fonction du degré de maturité des sporanges dont elles sont issues. Elles s'apparentent au genre *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp et leur diamètre est de l'ordre de 35-36 μ .

Remarques et discussion :

A ce jour, six espèces ont été décrites dans le genre *Myriotheca*, deux du continent Nord-américain, quatre en Europe. Pfefferkorn et al. (1971, p. 12) en résumant les principales caractéristiques sous forme d'un tableau : taille des sporanges, nombre de sporanges par pinnule, type et taille des spores. Malheureusement les données concernant les spores sont encore très incomplètes.

Il n'est pas possible d'évaluer, sur le spécimen lorrain, le nombre de sporanges couvrant une pinnule, le limbe n'étant pas conservé. On peut d'ailleurs se demander dans quelle mesure ce nombre peut constituer une caractéristique spécifique puisqu'il doit être directement proportionnel au degré de différenciation des pinnules concernées.

La taille des sporanges qui est de 0,5 mm environ correspond à celle indiquée pour *Myr. anglica*, *Myr. scaberrimana* et *Myr. permica*, espèces qui ont été récoltées respectivement dans le Westphalien B, le Westphalien D et l'Autunien.

Mais jusqu'à ce jour, aucune des espèces décrites n'a fourni de spores de type *Granulatisporites*. Dans ces conditions, il est impossible de déterminer l'affinité spécifique du spécimen, qui est laissé en nomenclature ouverte.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

L'échantillon conservé en empreinte et contre-empreinte a été récolté dans le sondage de *Ste-Fontaine 4* à une profondeur de 970,04 et 970,06 m, niveau qui se situe au toit de la veine D, à 150 m au-dessus de T300, donc dans le 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432401-432402).

GENRE *SPHYROPTERIS* Stur

Espèce-type : *Sphyropteris crepinii* Stur, 1883

- 1883 *Sphyropteris* Stur, p. 655
- 1885 *Sphyropteris*, Stur, p. 16
- 1888 *Sphyropteris*, Zeiller, p. 31
- 1889 *Sphyropteris*, Kidston, p. 28
- 1899 *Sphyropteris*, H. Potonié, p. 93
- 1900 *Sphyropteris*, Zeiller, p. 57
- 1914 *Sphyropteris*, Carpentier et Depape, p. 311
- 1923 *Sphyropteris*, Kidston, p. 362
- 1923 *Sphyropteris*, Gothan in Gürich, p. 46 , texte-fig. 44
- 1925 *Sphyropteris*, Gothan et Jongmans, p. 17
- 1927 *Sphyropteris*, Hirmer, p. 670
- 1928 *Sphyropteris*, Jongmans, p. 26
- 1934 *Sphyropteris*, Hofmann, p. 102
- 1941 *Sphyropteris*, Gothan, p. 21
- 1944 *Sphyropteris*, Emberger, p. 258
- 1953 *Sphyropteris*, Stockmans et Willièrè, p. 218
- 1954 *Sphyropteris*, Gothan et Weyland, p. 115, 117
- 1956 *Sphyropteris*, Danzé, p. 61, 261
- 1957 *Sphyropteris*, Gothan et W. Remy, p. 139
- 1959 *Sphyropteris*, W. Remy et R. Remy, p. 122
- 1977 *Sphyropteris*, W. Remy et R. Remy, p. 161

Diagnose :

(d'après Stur, 1883, p. 655, in Danzé, 1956, p. 261) :

Feuillage fertile très modifié : sommet des pinnules transformé en une lame fructifiée pouvant atteindre 4 mm de longueur et 3 mm de largeur, insérée transversalement au sommet de la nervure médiane ; lobes apicaux très réduits ; sporanges situés à la face inférieure de cette lame fructifère, sessiles, disposés en série linéaire flexueuse, le plus souvent interrompue ; appareil apical rudimentaire.

Remarques et discussion :

Le genre *Sphyropteris* est un genre très homogène qui dès l'origine a été classé par Stur parmi les fougères eusporangiées. Sa conception et sa position systématique n'ont pas été modifiées depuis. Le seul litige qui subsiste à propos de ce genre concerne l'existence éventuelle d'une calotte apicale. Stur décrit en effet un anneau apical rudimentaire mais ne donne aucune figuration de détail de la paroi sporangiale. Kidston (1923, p. 362) considère au contraire que cette paroi est constituée de cellules allongées disposées de façon radiaire à partir d'un pore servant à la déhiscence. Aucune étude postérieure n'a permis de donner une réponse précise à cette question et le matériel sarro-lorrain est lui aussi beaucoup trop insuffisant. Faute d'informations précises concernant l'éventuelle présence d'une calotte apicale, je me rangerai à l'opinion unanime des auteurs en considérant le genre *Sphyropteris* comme une fructification de fougère eusporangiée.

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

Deux sondages ont fourni des échantillons se rapportant au genre *Sphyropteris* qu'il n'a pas été possible de déterminer spécifiquement :

- Le sondage de *Steinbesch* où ont été récoltés dans un même niveau plusieurs fragments conservés en empreintes et contre-empreintes. Bien que leur état de conservation soit médiocre, il était intéressant de les figurer étant donné que c'est la première fois

que ce type de fructification est signalé dans des niveaux aussi élevés : Westphalien D inférieur. Ils ne peuvent être identifiés à aucune des espèces du genre mais leur état de conservation n'autorise pas la création d'un taxon nouveau. Ils sont décrits sous l'intitulé : *Sphyropteris* sp. A.

- Le sondage d'Eply a fourni un spécimen actuellement conservé dans la typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon et portant une étiquette manuscrite : *Crossothea schatzlarenensis* ?. Il se rapporte en fait au genre *Sphyropteris* mais son état très fragmentaire n'autorise aucune attribution spécifique précise. Cependant, il méritait également d'être figuré et décrit sous le nom de *Sphyropteris* sp. B car j'y ai prélevé quelques masses de spores légèrement ornementées.

SPHYROPTERIS sp. A

Planche 54, fig. 1

Description :

1) Organisation de la fronde :

Une partie de l'échantillon (pl. 54, fig. 1, 1a-d) est constituée d'un très petit fragment de rachis d'ordre n-2 sur lequel sont insérées deux pennes d'ordre n-1 subopposées. L'une d'elles est bien conservée et porte six pennes de dernier ordre incomplètes. L'organisation de la fronde est donc au moins tripinnatifide. La construction apparaît nettement catadrome au niveau des pinnules et des pennes de dernier ordre et on peut supposer que toute la fronde présente ce mode de construction.

Quelques autres fragments de pennes fertiles sont dispersés à la surface de l'échantillon.

Quelques dimensions :

- . largeur du rachis d'ordre n-2 = 1,8-2 mm (?)
- . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 0,3 mm
- . longueur d'une penne de dernier ordre = supérieure à 17 mm
- . longueur d'une pinnule bien différenciée = 4 mm

2) Feuillage fertile :

a.- rachis :

Le petit fragment de rachis d'ordre n-2 apparaît cannelé mais peut-être est-ce dû à un artefact de fossilisation. Les rachis d'ordre n-2 sont ronds et lisses, les rachis de dernier ordre flexueux et non ailés. L'état de l'échantillon ne permet pas de déterminer l'angle d'insertion des différents axes.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre sont toujours incomplètes et non recouvrantes.

c.- pinnules :

Le développement des fructifications modifie considérablement la morphologie apicale des pinnules et aucun fragment ne permet de reconstituer les étapes de la différenciation limbale. Une seule pinnule bien différenciée (à moins qu'il ne s'agisse déjà d'une petite penne), longue de 4 mm est conservée à peu près entièrement (pl. 54, fig. 1b). Elle est constituée de trois paires de lobes dont les plus basaux sont tripartites. Chaque lobe a la forme d'une languette assez trapue au sommet largement arrondi.

d.- nervation :

Seule la nervure médiane de quelques pinnules est visible.

e.- fructifications :

Plusieurs pinnules portent à leur sommet une expansion limbale incomplète, plus ou moins transverse sur laquelle on observe quelques sporanges juxtaposés en différents endroits de l'échantillon. Malheureusement le schiste est assez grossier et aucune fructification n'est bien conservée. Il est impossible de déterminer le nombre de sporanges présents sur chacune des expansions limbales et de préciser la forme de celles-ci.

Les prélèvements pour les spores *in situ* n'ont donné aucun résultat.

Remarques et discussion :

L'organisation des fructifications du genre *Sphyropteris* est tellement particulière que l'attribution générique des quelques fragments lorrains n'a pas posé de problème en dépit de leur état de conservation médiocre. La réduction du limbe qui accompagne la fertilité ainsi que le développement d'expansions limbales, porteuses de sporanges, perpendiculaires au grand axe des pinnules sont tout à fait caractéristiques du genre.

J'ai retrouvé dans les principales collections européennes la plupart des types et figurés des espèces actuellement rapportées au genre : *Sphyr. boemishii* Stur, *Sphyr. crepinti* Stur, *Sphyr. frankiana* Gothan, *Sphyr. obliqua* (Marrat), *Sphyr. schumannii* Stur, *Sphyr. tomentosa* Stur. Aucune d'entre elles ne montre un limbe aussi fourni ; il s'agit le plus souvent de formes au limbe gracile, aéré, avec des pinnules espacées dont les lobes très courts ont un sommet tronqué. Le spécimen le plus proche des spécimens lorrains que j'ai pu observer fait partie de la collection de Kidston mais n'a pas été figuré par cet auteur (pl. 54, fig. 2, 2ab). Il est déterminé *Sphyropteris obliqua* (Marrat) et montre un limbe assez fourni. Mais les quelques lobes (ou pinnules) non fructifiées ont un contour anguleux identique à celui de l'échantillon figuré en 7, pl. LXXXIV par Kidston et très différent de ce que nous observons sur l'échantillon lorrain. La détermination spécifique de ce dernier n'a donc pas été possible. Son état très fragmentaire et la médiocrité de sa conservation n'autorisaient pas la création d'un taxon nouveau. L'intérêt de cet échantillon est plutôt d'ordre stratigraphique puisqu'il signale pour la première fois la présence du genre *Sphyropteris* dans des niveaux beaucoup plus récents que ceux dans lesquels on avait coutume de le rencontrer (Namurien supérieur-Westphalien B).

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

L'échantillon, débité en plusieurs fragments, provient du sondage de Steinbesch et a été récolté à 975 m de profondeur dans un niveau correspondant au sommet du faisceau de Laudrefang (Pruvost, 1934, p. 75) ; son âge est donc Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434401-434404).

SPHYROPTERIS sp. B

Planche 54, fig. 3

Description :

1) Organisation de la fronde :

L'échantillon se compose d'une extrémité de penne d'ordre n-1 à laquelle se superpose un rachis large d'1 mm environ sur lequel sont insérées deux petites pennes de dernier ordre. Il est bien difficile dans ces conditions de se faire une idée de l'organisation de la fronde. Sa construction, au niveau des pennes de dernier ordre, apparaît catadrome.

2) Feuillage fertile :

a.- rachis :

Le rachis d'ordre n-1 le mieux conservé, couvert d'une fine striation longitudinale, est légèrement flexueux, ce qui est souvent le cas quand on a affaire à des extrémités de frondes. L'insertion des rachis de dernier ordre se fait selon un angle de 60°.

b.- pennes :

La forme générale des pennes ne peut être observée ; toutefois elles ne sont pas recouvrantes.

c.- pinnules :

Le limbe est assez mal conservé ; les pinnules évoluées sont constituées d'une partie médiane assez large flanquée de diverticules (lobes) très trapus, aussi larges que longs (pl. 54, fig. 3, 3a). Localement les lobes et l'apex de la pinnule sont surmontés d'une expansion limbale transverse rubanée, assez longue (au moins deux fois la longueur des lobes correspondants). En quelques endroits privilégiés, des sporanges sont visibles sur les lames fructifères sous forme de petites masses globuleuses. Ils sont oblongs, contigus, grossièrement alignés et en deux points précis, j'ai pu évaluer leur nombre à 7 ou 8.

d.- spores :

Les spores prélevées *in situ* sont très immatures et je n'ai pas pu dissocier les quelques masses obtenues. L'observation au M.E.B. révèle une ornementation peu marquée, constituée de granules régulièrement espacés. Quelques punctuations sont visibles localement mais peut-être sont-elles dues à la macération. La forme générale des spores n'a pu être déterminée mais leur marque d'accolement est probablement trilète. Leur diamètre approximatif est de 10 à 20 μ (pl. 54, fig. 3b, c).

Remarques et discussion :

L'organisation des fructifications de cet échantillon répond donc parfaitement à la définition du genre *Sphyropteris* mais pas plus que le précédent il n'a pu être déterminé spécifiquement. Son allure générale est à peu près celle du *Sphyr. crepinii* de Stur (1885, pl. XXXIX, fig. 1, 1a) mais en aucun point on n'observe la forme des lobes indiquée sur l'agrandissement la proposé par Stur. L'échantillon a donc été laissé en nomenclature ouverte.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Un seul échantillon provenant du sondage d'Eply où il a été récolté à 1030,00 m. Ce sondage a essentiellement traversé la partie inférieure du faisceau de Neunkirchen, soit le Westphalien C inférieur.

Le type de *Sphyr. crepinii* a été recueilli à la fosse *St-Louis-de-la-Charbonnière des Produits*, des Levants du Flénu ? (Belgique) dans des niveaux d'âge Westphalien C moyen ou supérieur.

EUSPORANGIOPSIDA INCERTAE SEDIS

GENRE *GERMERA* nov. gen.

Derivatio nominis :

Dédié à Monsieur R. Germer, ancien Conservateur des Collections de Géologie du Saarbergwerke de Sarrebruck, von der Heydt (R.F.A.).

Espèce-type : *Germera mendescoreae* (Teixeira)

Les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille et du Saarbergwerke de Sarrebruck renferment un abondant matériel stérile qui doit être rapporté à *Sphenopteris mendescoreae* Teixeira. Quelques échantillons partiellement fructifiés dont la morphologie et la différenciation limbaires sont identiques portent des synanges d'un type inconnu jusqu'ici. C'est le cas en particulier du spécimen figuré par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 8, fig. 3, 4) sous le nom de *Sphenopteris digitata* et qui montre un fragment de penne très légèrement fructifiée dont les auteurs ne font pas mention.

L'attribution de ce matériel à l'espèce de Teixeira a pu être confirmée grâce à l'obligeance de MM. R.H. Wagner et Lemos et Souza qui ont bien voulu me faire parvenir des photographies d'un certain nombre de topotypes dont certains sont largement fructifiés.

La bonne conservation des échantillons sarro-lorrains et l'excellente qualité des photographies du matériel portugais ont permis de mettre en évidence une organisation des fructifications qui ne correspond à aucun des types connus et pour laquelle est créé le genre *Germera*.

Diagnose :

Fructification de fougère eusporangiée ; sores apparaissant dans la région apicale des lobes à leur face inférieure, sous forme de renflements allongés très nettement situés sur le limbe ; sores peut-être protégés par une indusie ; sporanges courts, nombreux, insérés de façon linéaire à la périphérie d'un réceptacle commun plus ou moins oblong (= ? épaissement nervuraire), pendants sous le limbe ; 20-26 sporanges par sore, ovoïdes, effilés à leur extrémité, dépourvus d'anneau ; paroi sporangiale constituée de cellules allongées irrégulièrement disposées ; spores inconnues.

Remarques et discussion :

L'organisation des fructifications ainsi mise en évidence (texte-fig. 64) rappelle par certains aspects celle de plusieurs genres déjà décrits mais n'est conforme à aucune diagnose préexistante.

Ainsi, à maturité, le genre *Crossotheca* présente une fructification d'aspect assez comparable. Lorsque l'enveloppe limbair continue qui protège les sporanges s'est plus ou moins déchirée et que la fructification est observée par le dessous, les sporanges de *Crossotheca* apparaissent disposés par petits groupes insérés de façon linéaire à la face inférieure d'une expansion limbair très réduite (texte-fig. 30).

Il est toutefois relativement aisé de distinguer *Crossotheca* et *Germera*. On constate en effet chez *Crossotheca* une spécialisation du feuillage fertile accompagnée d'une forte réduction limbale alors que chez *Germera* les organes reproducteurs sont situés à l'extrémité des éléments limbaires ultimes non modifiés ou très légèrement spatulés. Chez *Crossotheca schatzlarensis* (Stur, 1885, pl. XXXVIII, fig. 1, 2) ou *Crossotheca crepinii* Zeiller (pl. 24-26) par exemple, la fertilisation modifie considérablement l'aspect des échantillons dont chaque pinnule est transformée en une fructification d'organisation complexe. En outre, le mode d'insertion des sporanges est différent puisque chez *Germera* les sporanges sont juxtaposés à la périphérie d'un réceptacle commun elliptique et ne sont pas réunis en groupes. Par conséquent, bien qu'il n'ait pas été possible de préciser s'il existe ou non une indusie chez *Germera*, les deux types de fructifications ne peuvent être confondus.

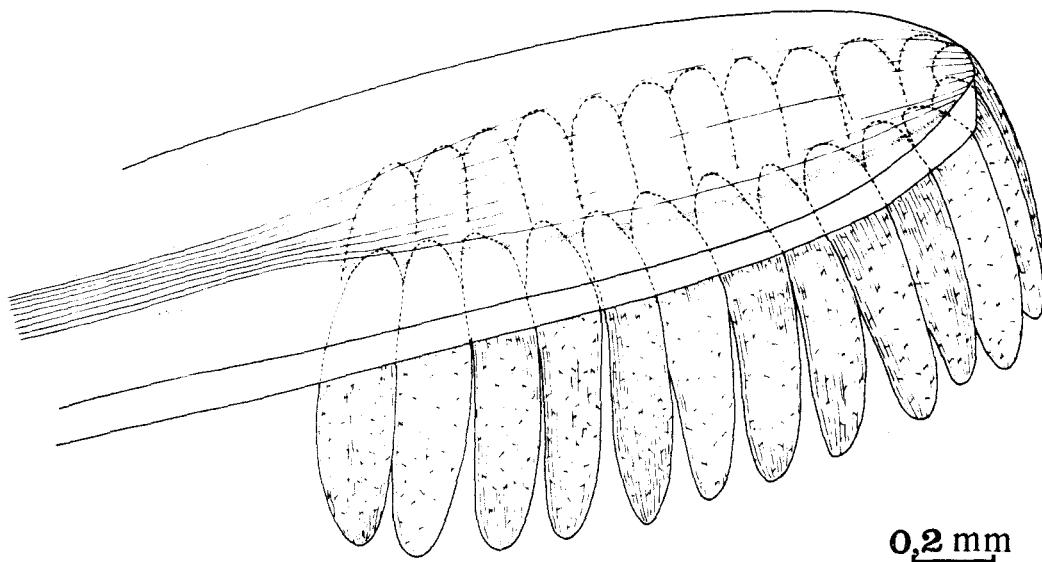
La spécialisation des penes fertiles de *Radstockia* est au moins aussi importante que celle des *Crossotheca* et par conséquent la distinction entre les genres *Radstockia* et *Germera* est aisée d'autant que l'insertion par paires des organes fertiles de *Radstockia* est très caractéristique.

Le genre *Remia* Knight, très proche du genre *Crossotheca*, présente lui aussi des penes fertiles dont chaque pinnule est remplacée par une fructification.

Le genre *Zeilleria* montre quelques affinités avec *Germera* mais chez ce type de fructification, les sporanges, beaucoup moins nombreux par sore, sont très nettement situés à l'extrémité des lobes et tout à fait en dehors du limbe. Au contraire, sur les échantillons peu matures de *Germera* les sores occupent une grande surface de la partie inférieure distale des lobes.

Aucune des fructifications connue ne correspondant à ce que j'ai observé, deux solutions étaient envisageables : ou bien créer un genre nouveau, ou bien rapporter les échantillons à un genre préexistant en en modifiant considérablement la diagnose.

Les genres auxquels il a été fait allusion étant par ailleurs bien définis, la première solution a été retenue et je dédie ce nouveau genre à Monsieur R. Germer, ancien Conservateur au Saarbergwerke de Sarrebruck, pour ses nombreux travaux sur la flore houillère du bassin sarro-lorrain.



Texte-fig. 64 - Reconstitution de l'organisation des fructifications de type *Germera* nov. gen.

GERMERA MENDESCORREAE (Teixeira)

Planches 55-56

Holotype :

- . Echantillon figuré par Teixeira, 1939, pl. XI, fig. 1
- . Origine : Portugal, bassin de Douro, localité de Alto da Bela (Ermesinde), Stéphanien C inférieur
- . Collection : Musée de Porto

- 1939 *Sphenopteris Mendes-Correae* Teixeira, p. 13, pl. X, fig. 1, 2, 5 ; pl. XI, fig. 1-3 ; pl. XII ; pl. XIII, fig. 1-3 ; pl. XIV, fig. 1-4 ; texte-fig. 6 ?
- 1939 *Sphenopteris Sampaiana* Teixeira, p. 12, pl. VIII, fig. 1, 2, 4 ; pl. IX, fig. 1, la, 2, 2a, 3 ; texte-fig. 3-5
- 1944 *Crossotheca Mendes-Correae*, Teixeira, pl. XIII, fig. 1, 2
- 1959 *Sphenopteris digitata* Doubinger, p. 114 (*nomen nudum*)
- 1968 *Sphenopteris digitata*, Doubinger in Vetter, p. 83, pl. XL, fig. 5, 6 ; texte-fig. 18
- 1973 *Sphenopteris digitata*, Alvarez Ramis et Doubinger, p. 64, pl. I, fig. 1, la
- 1974 *Sphenopteris digitata*, Doubinger et Germer, p. 375, pl. I, fig. 2
- 1978 *Sphenopteris digitata*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 17, pl. 8, fig. 3, 4 ; texte-fig. 28
- 1978 *Sphenopteris (Zeilleria) delicatula*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 17, pl. 8, fig. 1, 2 ; texte-fig. 27

Diagnose :

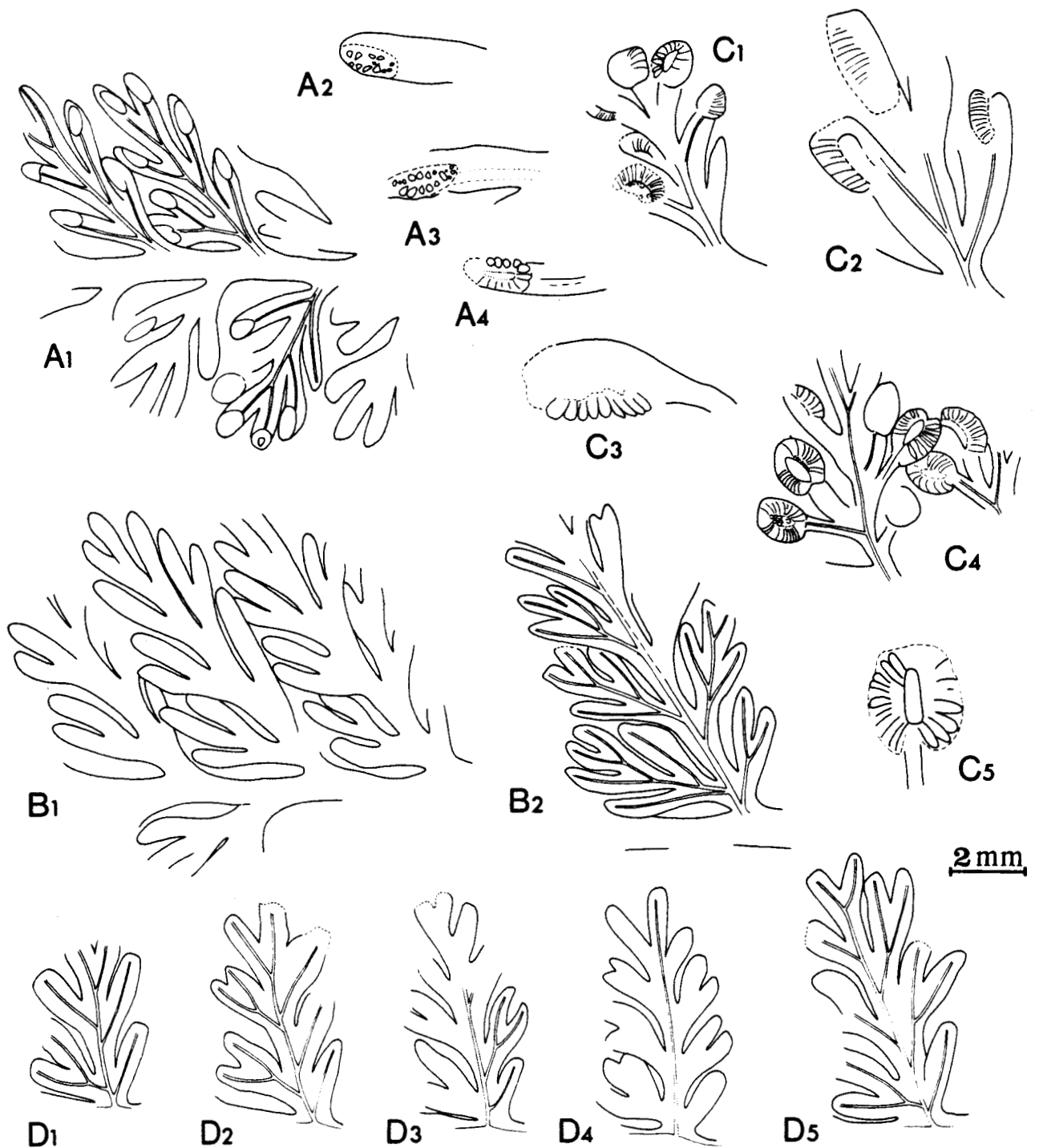
- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome avec hypertrophie possible des pennes basales catadromes.
- Feuillage stérile digité ; rachis larges et plats, couverts d'une fine striation longitudinale, faisant entre eux des angles variant de 70 à 80° ; rachis de dernier ordre ailés ; pennes rubanées, légèrement recouvrantes ; pinnules peu différenciées en forme de languettes trapues inclinées de 45° sur le rachis avec un bord catadrome décurrent ; différenciation alterne des lobes ; croissance apicale prédominante ; lobes trapus à sommet arrondi ou spatulé ; pinnules rendues dissymétriques par la division précoce du lobe basal anadrome en deux parties égales le plus souvent accolées ; lobe basal catadrome souvent indivis ; maximum de différenciation de la pinnule coïncidant avec l'apparition de la 4ème paire de lobes ; nervation bien marquée ; nervure principale et nervules larges ; réseau cellulaire souvent visible le long du trajet des nervures.
- Feuillage fertile : identique au feuillage stérile, fructifications de type *Germera*.

Description :

1) Organisation de la fronde :

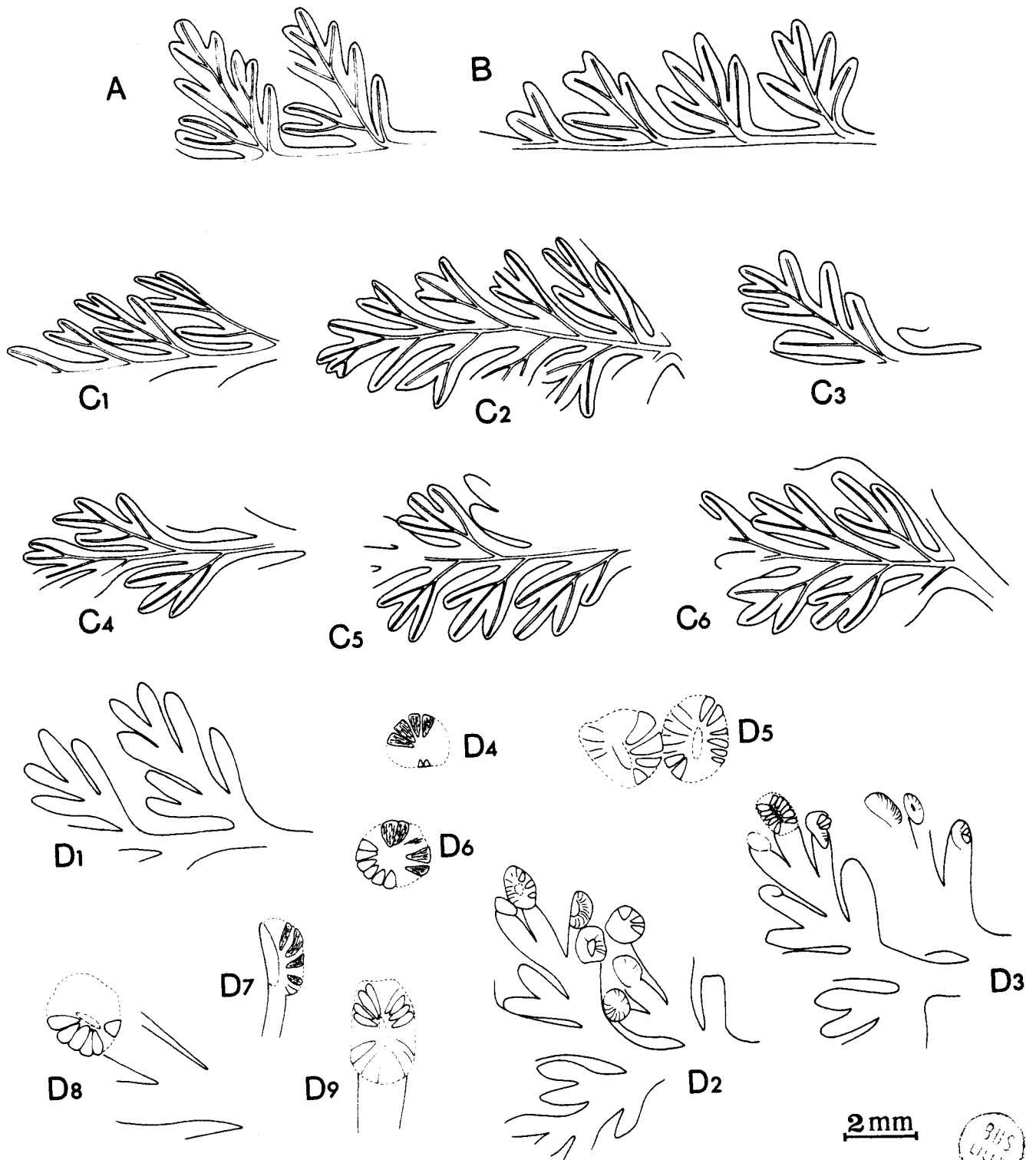
Les échantillons les plus différenciés représentent des fragments de pennes d'ordre n-2 peu évoluées. L'organisation de la fronde est donc au moins tripinnatifide. La priorité de construction catadrome n'apparaît pas toujours nettement.

Quelques dimensions :



Texte-fig. 65 - Différenciation et morphologie limbaires de *Germera mendescorreae* (Teixeira). Organisation des fructifications.
A1-A4, B1-B2 - Fragments dessinés à partir de l'échantillon partiellement fructifié figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 8, fig. 3, 4, repris ici en 1, pl. 55.
C1-C5 - Limbe fertile, d'après l'échantillon figuré en 4, pl. 55.
D1-D5 - Limbe stérile particulièrement opulent, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 55.





Texte-fig. 66 - Quelques aspects du feuillage stérile et fertile des échantillons de nos collections rapportés à *Germera mendascorreae* (Teixeira). Comparer avec la texte-fig. 65.
A, B - Premières étapes de la différenciation limbairé, d'après l'échantillon figuré en 6, pl. 56.
C1-C6 - Fragments un peu plus différenciés, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 56.
D1-D9 - Morphologie du limbe fertile, organisation des fructifications, d'après l'échantillon figuré en 7, pl. 56.

- Echantillon figuré en 7, pl. 56 :
 - . largeur des rachis d'ordre n-2 = 2,5 mm
 - . longueur des pennes d'ordre n-1 = supérieure à 30 mm
 - . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 0,8 mm
 - . longueur des pennes d'ordre n peu évoluées = 9 mm

- Echantillon figuré par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 8, fig. 3, 4 = ici pl. 55, fig. 1, la-f) :
 - . largeur du rachis d'ordre n-2 (? n-1) = 1,6 mm
 - . longueur des pennes d'ordre n-1 = supérieure à 26 mm
 - . largeur d'un rachis d'ordre n-1 (?) = 1 mm
 - . longueur des pennes d'ordre n peu évoluées = 7,5-8 mm

On constate, en outre, en quelques endroits privilégiés, de légères anomalies au niveau des pennes de dernier ordre basales catadromes qui sont souvent beaucoup plus longues et plus profondément divisées que leurs voisines ou leurs équivalentes anadromes. Cette différenciation excessive des pennes basales catadromes contraste avec le léger retard de division du lobe basal catadrome des pinnules.

2) Feuillage stérile :

Il se caractérise par son aspect digité avec des lobes en forme de languettes trapues à sommet mousse (texte-fig. 65B, D ; 66A-C).

a.- rachis :

Ils sont larges et plats, couverts d'une fine striation longitudinale et font entre eux des angles de 70 à 80°. Les rachis de dernier ordre apparaissent souvent ailés du fait de la décurrence des pinnules.

b.- pennes :

La différenciation limbairé relativement lente fait que la plupart des pinnules d'une même penne présentent un degré de division comparable et l'aspect des pennes est rubané. On observe le plus souvent un léger recouvrement des différents segments.

Les pennes de dernier ordre peu évoluées présentent un aspect tout à fait caractéristique avec des pinnules presque toutes bilobées, sauf au sommet où elles viennent de s'individualiser et ont l'aspect d'un lobe simple, et à la base où elles sont déjà trilobées (texte-fig. 65, B1).

c.- pinnules :

La pinnule à peine différenciée est en forme de languette assez large, inclinée de 45° environ sur le rachis. Une première incision se produit côté catadrome isolant un lobe basal qui se développe rapidement. La pinnule présente alors un aspect bifide très caractéristique dont les deux parties sont à peu près identiques (texte-fig. 66, B1, C1, C2). Les lobes s'individualisent alternativement de part et d'autre de la nervure médiane. Le bord catadrome des pinnules est toujours très décurrent. La première segmentation des éléments limbaires ultimes se produit dans le lobe basal anadrome simultanément à l'apparition de la 3ème paire de lobes (texte-fig. 65, D1, D2 ; texte-fig. 66A). L'intensité des divisions est identique des deux côtés de la pinnule mais on constate un léger retard de différenciation du côté catadrome. L'aspect le plus fréquent des pinnules est illustré par le dessin de la texte-fig. 65, D1 : la pinnule est constituée de 3 paires de lobes simples à l'exception du lobe basal anadrome déjà largement divisé en deux languettes subégales et presque contiguës.

d.- nervation :

Elle est généralement bien marquée et composée de nervules simples assez larges.

3) Feuillage fertile :

Sa morphologie est identique à celle du limbe stérile (texte-fig. 65A, C ; 66D). Les fructifications apparaissent sans ordre précis à la face inférieure du limbe, dans la région apicale des lobes. C'est sans doute la raison pour laquelle certains lobes sont légèrement spatulés. Les sores non matures se présentent sous forme de renflements allongés, nettement insérés sur le limbe et qui deviennent progressivement globuleux. Il n'a pas été

possible de déterminer si les sporanges sont protégés par une indusie ou si le contour de ces amas correspond simplement au bord du limbe.

A maturité l'aspect des fructifications est très particulier (pl. 56, fig. 7b, 7c) : les sporanges courts mais nombreux sont insérés de façon rayonnante sur un petit réceptacle elliptique (texte-fig. 65, C5). Quelques sores exceptionnellement conservés en vue latérale ont permis d'évaluer le nombre des sporanges par sore à 20-26 ; il semble aussi qu'ils soient indépendants. Ils ont une forme ovoïde et sont fixés par leur extrémité la plus fine. Leur sommet apparaît tronqué et leur paroi ne montre aucune différenciation particulière.

Les prélèvements pour les spores *in situ* n'ont donné aucun résultat.

Remarques et discussion :

J'ai déjà donné (p. 225) les raisons pour lesquelles je pense que les fructifications découvertes sur ce matériel nécessitaient la création d'un nouveau genre. C'est en particulier le mode d'insertion des sores sur le limbe à l'extrémité des lobes, sans modification de la morphologie limbaire, qui justifie le plus cette création.

Nos échantillons y compris celui décrit par Alvarez Ramis et *al.* sous le nom de *Sphenopteris digitata* Doubinger (1978, pl. 8, fig. 3, 4) sont parfaitement conformes au matériel portugais attribué par Teixeira à *Sphenopteris mendescorreae* et répondent tout à fait à la description originale de Doubinger (*in* Vetter, 1968). On y retrouve la même différenciation limbaire avec des lobes digités trapus et des pinnules rendues dissymétriques par la précocité des divisions du lobe basal anadrome. Par conséquent, *Sphenopteris digitata* doit être considéré comme un synonyme postérieur de *Germera mendescorreae*. Il faut reconnaître que la qualité des figurations originales de Teixeira est telle qu'il aurait été impossible d'envisager cette synonymie sans avoir vu les échantillons correspondants ; la création par Doubinger de *Sphenopteris digitata* n'était donc pas surprenante dans ces conditions.

La seule étude des figurations originales de Teixeira (1939) ne permet pas d'envisager la synonymie de *Sphenopteris sampaiana* et de *Sphenopteris mendescorreae* car le feuillage de la première "espèce" semble beaucoup plus aéré et plus "rigide" que celui de la seconde. Mais la récente révision du matériel original et la récolte de nouveaux échantillons dans le gisement d'origine : Bassin de Douro, Alto da Bela (Ermesinde, Stéphanien C inférieur) ont fourni à R.H. Wagner et Lemos de Souza (communication personnelle) la preuve que ces deux espèces sont synonymes. De très nombreuses formes intermédiaires existent entre les deux morphes extrêmes représentés par les figures de Teixeira : *Sphenopteris sampaiana* et *Sphenopteris mendescorreae* représentent respectivement les parties distale et basale d'une même fronde.

La morphologie limbaire des formes fournies de *Germera mendescorreae* est très caractéristique et je pense que l'échantillon qu'ont figuré Alvarez Ramis et *al.* (1978, pl. 8, fig. 1, 2) sous le nom de *Zetilleria delicatula* leur correspond parfaitement. Je reproduis ici en 1, pl. 55 et 2, pl. 56 une partie des deux spécimens respectivement déterminés par ces auteurs *Z. delicatula* et *Sph. digitata*. La simple comparaison des fragments signalés par des flèches permet de vérifier qu'il s'agit bien d'une même espèce, l'un des fragments est seulement un peu plus différencié que l'autre. Compte tenu de l'aspect massif et trapu des lobes de ces figurations, il est exclu que l'échantillon se rapporte à *Z. delicatula* dont le limbe est au contraire profondément découpé et gracile.

Quelques uns des spécimens conservés dans nos collections et que j'attribue à *Germera mendescorreae* portent une détermination manuscrite de P. Bertrand : *Sphenopteris kayi* Arber. Kidston (1923, pl. XXI, fig. 3-4) a refiguré le matériel original de cette espèce également digitée et en particulier l'échantillon fertile. La différenciation limbaire de cette espèce n'est pas du tout comparable à celle qui s'observe chez *Germera mendescorreae* : les lobes, beaucoup plus effilés, sont aussi fasciculés et leur croissance en longueur paraît beaucoup moins importante. De ce fait, les pinnules de même rang sont nettement plus petites chez *Sph. kayi* que chez l'espèce *mendescorreae*. On n'observe pas non plus de modifications particulières des pennes basales catadromes mais le spécimen original est assez mal conservé à ce niveau. La différence essentielle entre les deux espèces se situe au niveau des fructifications. J'ai retrouvé le spécimen fertile de *Sph. kayi* décrit et figuré par Danzé (1956, pl. LXXXII, fig. 1, lab). Son identification ne fait aucun doute car il est

parfaitement conforme aux figurations d'Arber ou de Kidston. On y observe de petits renflements tronquant l'extrémité des lobes qui n'ont rien à voir avec les sores rayonnants, ni même avec les sores non matures allongés de *Germera mendescorreae*. Danzé (1956, p. 494) les interprète comme des sporanges et considère ce "type de disposition" comme "identique à celui du genre *Renaultia*". C'est effectivement avec ce genre que l'échantillon présente le plus d'affinités et par conséquent les deux espèces sont nettement différentes.

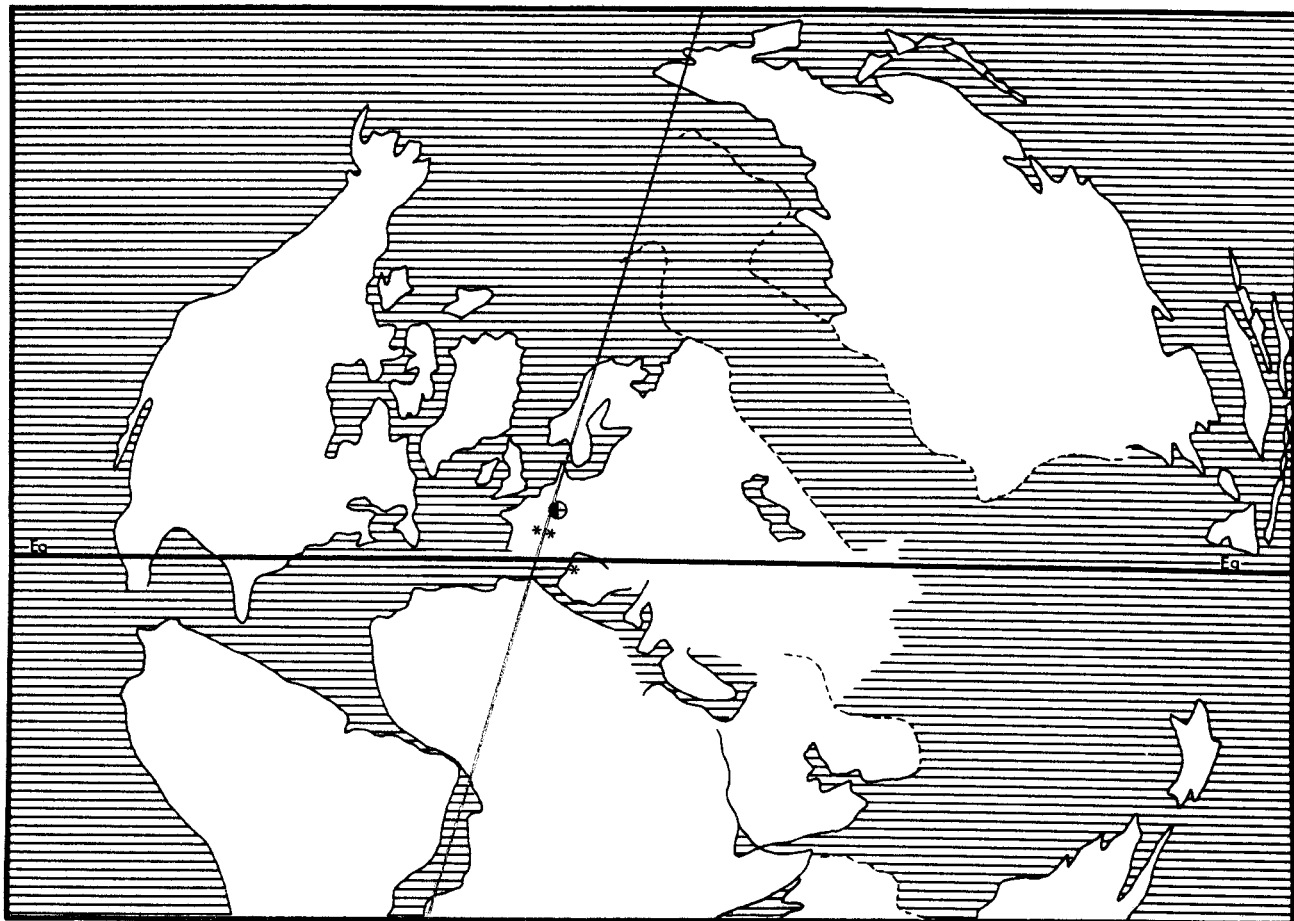
Une seule espèce au limbe digité présente quelques ressemblances avec *Germera mendescorreae*. Il s'agit de *Radstockia kidstonii* créé par Taylor (1967, p. 43) et que j'ai déjà évoqué p. 128. Cette espèce qui, à mon avis, doit être exclue du genre *Radstockia* présente des lobes beaucoup plus trapus au sommet largement arrondi (voir même spatulé) et des rachis proportionnellement très larges. Le mode de division limbaire est aussi différent puisque tous les lobes demeurent indivis au moins jusqu'à l'apparition de la 4^{ème} paire de lobes. Chez *Germera mendescorreae* la division du lobe basal anadrome est contemporaine de l'apparition de la 3^{ème} paire de lobes et les pinnules sont rendues dissymétriques par le retard de différenciation de l'élément catadrome correspondant.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage d'*Hargarten 1* à 997,00 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431910).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 737,44 et 737,45 m, 1/2 inférieure du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431902-431903).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Differten* à 875,00 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431905).
 - Groupe de *Dudweiler*, Heiligenwalder Schichten, sans autre précision, Westphalien D (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Groupe de *Frankenholz*, puits 1, veine 1, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431906-431907).
 - Groupe de *Göttelborn*, veine Elisabeth, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Groupe de *Göttelborn*, Heiligenwalder Schichten, sans autre précision, Westphalien D (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/4030, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 8, fig. 1, 2).
 - Groupe de *Maybach*, Heiligenwalder Schichten, sans autre précision, Westphalien D (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/7440, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 8, fig. 3, 4).
 - Siège de *Merlebach*, puits V, veine Julie, base du faisceau de Tritteling, juste au-dessus de T40, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431908).
 - Sondage d'*Oeting* (déviation) à 1374,40 m, 50 m sous T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431904).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 2* à 534,60 m, 80 m sous T200, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431901).
 - Sondage de *Valmont 1* à 1452,50 m, sommet du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431911).

Germera mendescorreae est donc fréquent dans le bassin houiller sarro-lorrain. Sa répartition y débute dans le Westphalien C supérieur et se termine dans le Westphalien D supérieur ; l'espèce semble particulièrement abondante un peu au-dessous de T200 et dans le Westphalien D inférieur.

Répartition générale :



Texte-fig. 67 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Germera mendescorreae* (Teixeira).



CLASSE DES *LEPTOSPORANGIOPSIDA*

ORDRE DES *FILICALES*

FAMILLE DES *GLEICHENIACEAE*

GENRE *OLIGOCARPIA* Goepfert

Espèce-type : *Oligocarpia gutbieri* Goepfert, 1841

- 1841 *Oligocarpia* Goepfert, p. 35
- 1869 *Oligocarpia*, Schimper, p. 585, pl. XLI, fig. 8, 9
- 1883 *Oligocarpia*, Zeiller, p. 190
- 1883 *Oligocarpia*, Stur, p. 686
- 1884 *Oligocarpia*, Zeiller, p. 133
- 1888 *Oligocarpia*, Zeiller, p. 53, texte-fig. 35
- 1900 *Oligocarpia*, Zeiller, p. 69
- 1911 *Oligocarpia*, Kidston, p. 35
- 1915 *Oligocarpia*, Depape et Carpentier, p. 332
- 1923 *Oligocarpia*, Gothan in Gürich, p. 47, texte-fig. 47
- 1923 *Oligocarpia*, Kidston, p. 284
- 1927 *Oligocarpia*, Hirmer, p. 626
- 1935 *Oligocarpia*, Gothan, p. 53
- 1954 *Oligocarpia*, Abbott, p. 39-44
- 1954 *Oligocarpia*, Gothan et Weyland, p. 111
- 1955 *Oligocarpia*, Daber, p. 12
- 1956 *Oligocarpia*, Danzé, p. 48, 289
- 1959 *Oligocarpia*, W. Remy et R. Remy, p. 123
- 1969 *Oligocarpia*, Darrah, p. 160
- 1975 *Oligocarpia*, Knight, p. 260
- 1977 *Oligocarpia*, W. Remy et R. Remy, p. 161, texte-fig. 58

La diagnose originale du genre donnée par Goepfert (1841, p. 35), très succincte, prend en compte les caractères de la fructification et du limbe fertile : "Fronde bipinnée, pinnules égales. Nervures primaires dirigées vers le sommet de la pinnule et divisées dichotomiquement, nervures secondaires simples ou dichotomes, les plus inférieures simples, n'allant pas jusqu'au bord de la pinnule et portant les sores à leur extrémité, les supérieures dichotomes. Sores composés de 4 à 5 sporanges arrondis, multiarticulés" (traduction de l'allemand). Cette diagnose a été établie à partir de la description de l'espèce-type *Oligocarpia gutbieri* dont Goepfert souligne les ressemblances avec les *Polypodiaceae* et les *Cyatheaceae* actuelles, ce qui sous-entend l'existence d'un anneau sporangial. Cependant Goepfert ne lui affecte pas de position systématique précise.

Le genre primitivement attribué aux Marattiacées (sous-ordre des *Hawleae*) par Stur (1883), fut considéré par Zeiller comme un représentant des *Gleicheniaceae* dès 1888. C'est la position systématique que je lui affecte encore suivant ainsi l'opinion d'Abbott (1954) et rejetant l'hypothèse d'Eggert et Delevoryas (1967) qui tendaient à la considérer comme une forme voisine sinon identique de leur genre *Sermaya* (v. p. 46).

Peu d'informations sont venues compléter la révision minutieuse des différentes espèces d'*Oligocarpia* effectuées par Abbott en 1954 ; aussi l'essentiel de la diagnose pro-

posée par cet auteur reste-t-il valable. Quelques modifications doivent toutefois lui être apportées.

A) La découverte récente par Grauvogel-Stamm et Doubinger (1975) de fructifications de type *Oligocarpia* chez *Sphenopteris leptophylla* Bunbury a permis de montrer que :

- . le nombre des sporanges composant un sore peut varier de 7 à 30 chez cette espèce, le nombre le plus fréquent étant de 20 ;
- . les spores dont le diamètre est compris entre 32 et 49 μ s'apparentent au genre *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp dans la terminologie des spores dispersées.

B) Les prélèvements *in situ* effectués sur le matériel sarro-lorrain m'ont permis de déterminer le type et la taille des spores fournies par *Olig. brongniartii* Stur (p. 247) et de mettre en évidence une plus grande échelle de variations du diamètre des spores d'*Olig. gutbieri* (p. 240).

La diagnose d'Abbott doit donc être modifiée sur les points suivants :

- . nombre de sporanges composant un sore : 3 à 30 au lieu de 4 à 17 ;
- . spores de type *Granulatisporites* dont le diamètre est susceptible de varier entre 12 et 49 μ (et non de 28,75 à 37,50 μ).

Remarque : Grauvogel-Stamm et Doubinger (1975) décrivent le limbe fertile d'*Olig. leptophylla* "comme fortement réduit et visible seulement à la base et au sommet des pinnules". Ceci n'apparaît pas nettement sur leurs figurations (pl. 37) et le limbe semble plutôt caché par les sores de grande taille. Je ne pense pas qu'il faille modifier la diagnose d'Abbott sur ce point.

Diagnose :

Fructification de fougère leptosporangiée ; sores circulaires portés abaxialement sur la pinnule, placés à l'extrémité des nervures latérales au bord du limbe ou plus ou moins en retrait par rapport à celui-ci ; sore nu constitué d'un réceptacle en forme de dôme bas sur lequel s'insèrent de 3 à 30 sporanges disposés en un ou plusieurs cercles concentriques, avec parfois un ou plusieurs sporanges centraux ; sporanges portés par un pédicelle constitué d'une ou deux cellules ; anneau composé d'une seule rangée de cellules, transverse, médian, ou plus ou moins oblique ; stomium constitué de 5 à 6 cellules allongées ; spores trilètes s'apparentant au genre *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, diamètre variant de 12 à 49 μ .

Abbott a proposé (1954, p. 43) une classification des espèces du genre *Oligocarpia* basée essentiellement sur le nombre et la disposition des sporanges composant un sore et plus accessoirement sur l'aspect sphénoptéridien ou pécoptéridien du limbe. Avec ce groupe se pose encore le problème de la hiérarchie des caractères taxonomiques, le même type de fructification pouvant être porté par les deux formes de feuillage ou par un feuillage mixte. Ceci me conforte dans l'opinion qu'il est préférable d'accorder priorité aux organes reproducteurs dans l'établissement de la systématique.

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

- . *Oligocarpia gutbieri* Goeppert, 1841
- . *Oligocarpia brongniartii* Stur, 1883
- . *Oligocarpia* cf. *leptophylla* (Bunbury, 1853)
- . *Oligocarpia* cf. *mixta* (Schimper, 1869)

OLIGOCARPIA GUTBIERI Goepfert

Planches 57-61

Néotype :

- . Echantillon figuré par Daber 1955, pl. XII, fig. 1
- . Origine : Saxe, couches de *Zwickau*, Westphalien D supérieur
- . Collection F. Nindel, Museum für Naturkunde de Nerlin

- 1841 *Oligocarpia Gutbieri* Goepfert, p. 35, pl. IV, fig. 1, 2
- ? 1845 *Pecopteris Bredovi** Germar, pl. XIV
- 1855 *Oligocarpia Gutbieri*, Geinitz, p. 30, pl. 33, fig. 6, 6A-C, 7, 7A-B ; pl. 35, fig. 9, 9A
- 1880 *Oligocarpia Gutbieri*, Lesquereux, p. 266, pl. XLVIII, fig. 1-3b
- 1883 *Oligocarpia Gutbieri*, Stur, texte-fig. 14
- 1885 *Oligocarpia Gutbieri*, Stur, texte-fig. 18
- v. 1923 *Oligocarpia Gutbieri*, Kidston, p. 285, pl. LXII, fig. 1-3 ; pl. LXXV, fig. 1, 2
- ? 1929 *Oligocarpia gutbieri*, Crookall, p. 51, pl. XII, fig. n ; pl. XXXII, fig. i
- ? 1937 *Pecopteris Grigorievi** Zalessky et Tchirkova, p. 174, fig. 21-26
- ? v. 1951a *Pecopteris Bredovi*, P. Corsin, p. 210, pl. CXCVIII
- 1954 *Oligocarpia gutbieri*, Abbott, p. 44, fig. 5
- ? 1954 *Oligocarpia Gutbieri*, Novik, p. 17, pl. I, fig. 4
- 1955 *Oligocarpia gutbieri*, Daber, p. 13, pl. VIII, fig. 2 ; pl. XII, fig. 1-3
- 1965 *Sphenopteris (Oligocarpia) gutbieri*, Alvarez Ramis, p. 27, pl. XV, fig. 1, 1a, 2, 3 ; texte-fig. 19
- 1965 *Sphenopteris gutbieri*, Stockmans et Willièrè, pl. XIII, fig. 5
- 1969 *Oligocarpia gutbieri*, Darrah, p. 160, pl. 25, fig. 3 ; pl. 55, fig. 2
- 1970 *Sphenopteris (Oligocarpia) grigorievi*, R.H. Wagner in R.H. Wagner et Artiedà, pl. IX
- 1975 *Sphenopteris (Oligocarpia) gutbieri*, Knight, p. 269, pl. 18, fig. 1-5 ; texte-fig. 8
- 1975 *Oligocarpia gutbieri*, R.H. Wagner, pl. 38, 39
- ? 1975 *Sphenopteris (Oligocarpia) grigorievi*, Knight, p. 263, pl. 19, fig. 2, 2a ; texte-fig. 7
- ? 1975 *Pecopteris* sp. cf. *bredovi*, Knight, p. 458, pl. 39, fig. 1-5
- 1978 *Oligocarpia (Oligocarpia) brongniarti*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 5, pl. 2, fig. 2, 3 ; texte-fig. 5
- ? 1979 *Pecopteris bredovi*, Shchegolev, p. 123, pl. XXII, fig. 4, 4A ; texte-fig. 18, D1-3
- ? 1982 *Oligocarpia bellii* Zedrow et McCandlish, p. 109-117, pl. 1 ? ; texte-fig. 3-5

Outre plusieurs échantillons fertiles parfaitement conformes à l'organisation des fructifications décrite par Goepfert chez *Oligocarpia gutbieri*, le bassin sarro-lorrain a fourni un abondant matériel stérile dont l'attribution à cette espèce n'a pas été immédiate. Je vais en effet montrer un peu plus loin (p. 240) qu'il est tout à fait impossible de distinguer, à l'état stérile, les limbes de trois espèces : *Olig. gutbieri*, *Pecopteris bredovi* Germar et *Pecopteris grigorievi* Zalessky et Tchirkova. La décision d'attribuer le matériel à l'espèce de Goepfert résulte essentiellement de la découverte dans les mêmes niveaux d'échantillons fertiles dont un très peu fructifié sur lequel j'ai effectué un transfert.

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide et de construction catadrome.
- Feuillage stérile d'allure pécoptéridienne ; rachis circulaires, robustes, marqués de deux sillons longitudinaux, faisant entre eux des angles variant de 70 à 85° ;

* On trouvera dans Knight (1975, p. 263 et 458) les listes synonymiques complètes de *P. grigorievi* Zalessky et Tchirkova et *F. bredovi* Germar.

pennes de dernier ordre de largeur constante sur une grande partie de leur longueur puis décroissant très progressivement vers leur sommet ; léger recouvrement possible des pennes d'ordre n-1 ; pinnules peu évoluées (longueur : 3 mm) à sommet arrondi, étroitement serrées et insérées presque perpendiculairement au rachis par toute leur base, irriguées par une nervure médiane décurrente ayant émis plusieurs ramifications secondaires elles mêmes divisées une fois ; lobation lente, nettement postérieure à la différenciation nervuraire ; pinnule évoluée comptant en moyenne 5 paires de lobes très arrondis, insérée par une base rétrécie, s'inscrivant dans un contour triangulaire, irriguée par une nervure médiane redressée, chaque nervure secondaire divisée 2 ou 3 fois ; état de division des nervures catadromes moins prononcé que celui des nervures anadromes.

- Feuillage fertile identique au feuillage stérile ; fructifications situées à l'extrémité des nervures secondaires, occupant la moitié distale de la surface limbai- re ; sores composés de 3 à 5 sporanges annelés d'assez grande taille (le plus sou- vent 4 ou 5) disposés radialement sur un réceptacle commun constitué par un épais- sissement nervuraire, les anneaux en position externe ; spores trilètes, triangulaires de type *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, dont le diamètre varie de 20 à 36 μ .

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le matériel est toujours très fragmentaire aussi doit-on pour se rendre compte de la taille et de l'organisation de la fronde, faire appel à plusieurs échantillons.

- Le rachis le plus large que j'ai observé mesure 4 mm (pl. 57, fig. 1) ; il porte des pennes d'ordre n-1 relativement courtes (longueur : 50-60 mm).

- L'échantillon le plus différencié (pl. 57, fig. 6) est constitué d'un rachis n-2 large de 3 mm portant des pennes d'ordre n-1 longues de 95 à 100 mm et légèrement recou- vrantes. Les pennes de dernier ordre très peu évoluées n'excèdent pas 15 mm en longueur.

- Un autre spécimen (pl. 57, fig. 3) montre trois pennes d'ordre n-1, parallèles entre elles, sans doute insérées sur un même rachis non conservé portant des pennes de der- nier ordre longues de 22 mm.

La fronde est par conséquent au moins tripinnatifide, la largeur des rachis lui confère un aspect "assez raide". La priorité de construction est nettement catadrome.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

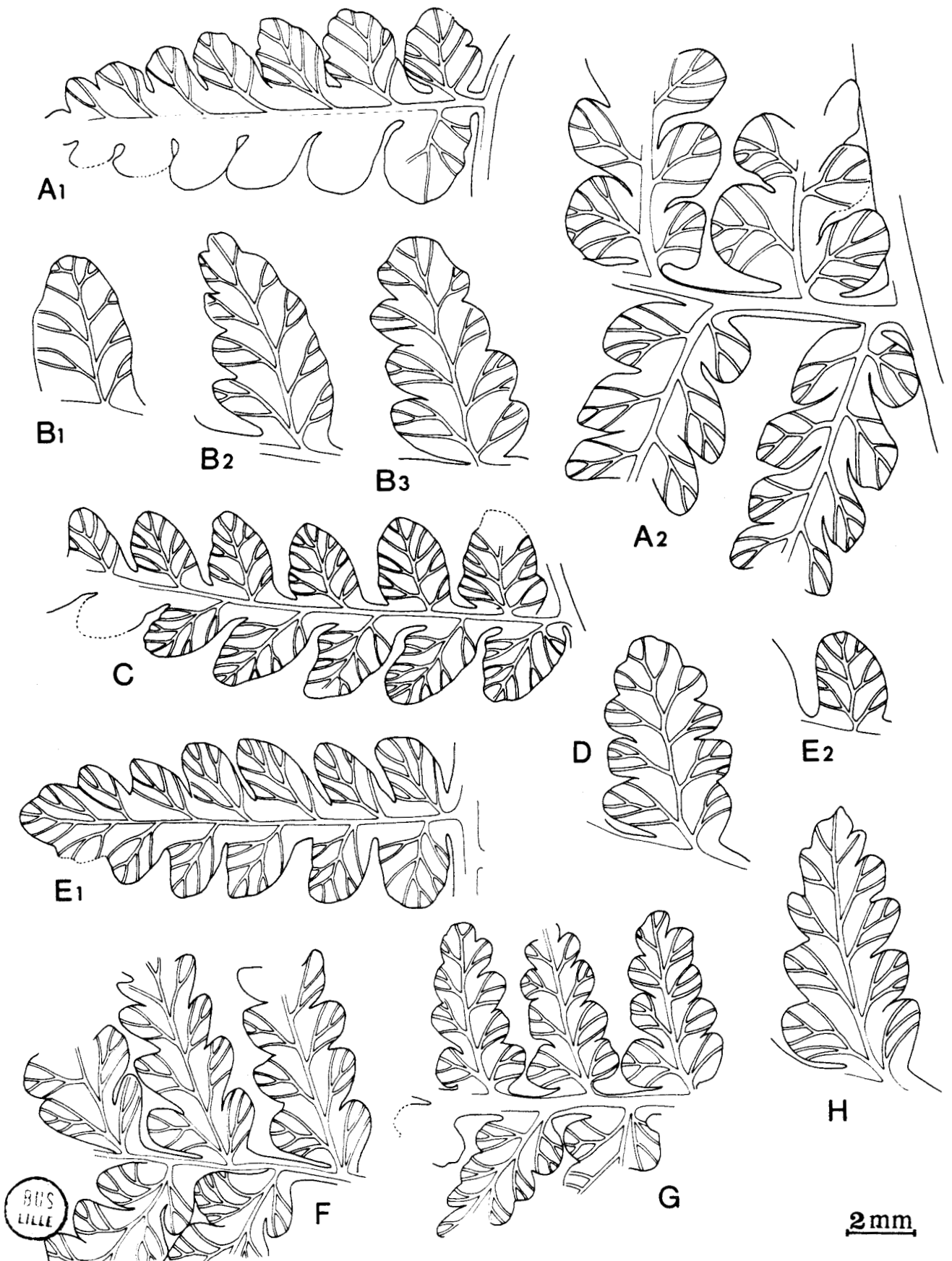
Circulaires et parcourus de deux sillons longitudinaux, ils font en- tre eux des angles variant de 70 à 85°. Aucune modification du limbe n'a été observée au ni- veau des différentes insertions.

b.- pennes :

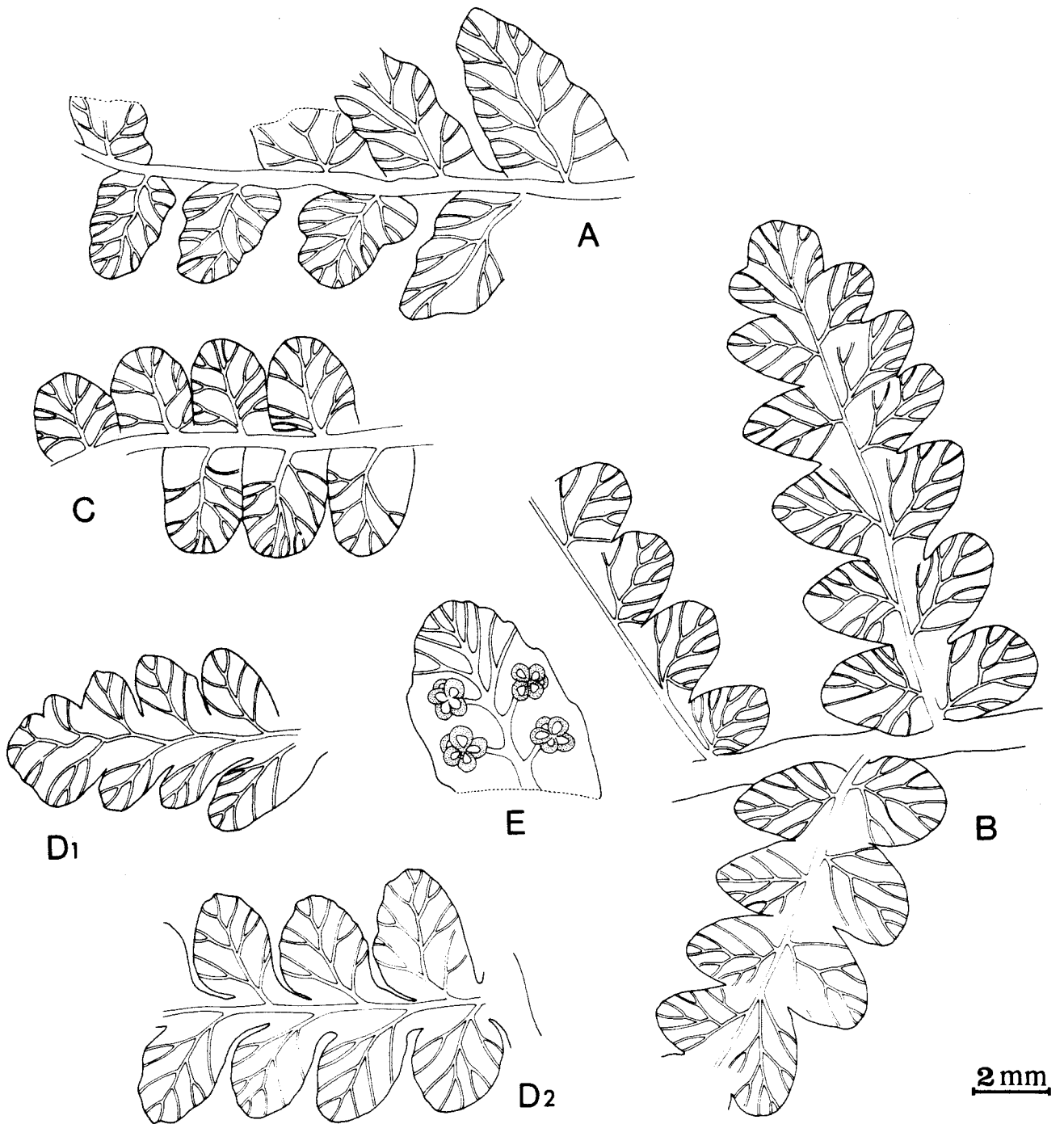
La différenciation du limbe étant relativement lente, les pennes con- servent une largeur à peu près constante sur une grande partie de leur longueur et ne se ré- trécissent que très lentement vers leur sommet (texte-fig. 68C, E1). Les pennes n-1 sont sus- ceptibles de présenter un léger recouvrement.

c.- pinnules :

Leur aspect est nettement pécoptéridien quand elles sont peu évo- luées et ne devient sphénoptéridien que lorsque plusieurs paires de lobes sont différenciées. Au sommet des pennes, les pinnules, longues de 3 mm, sont insérées presque perpendiculairement au rachis par toute leur base et leur apex est nettement arrondi (texte-fig. 68, E1, E2). La croissance apicale prédomine nettement sur la croissance en largeur et les pinnules adoptent progressivement une forme triangulaire allongée alors que les bords latéraux mon- trent quelques ondulations. Chacune de ces ondulations prend la forme d'un lobe bien arrondi chez les pinnules plus évoluées (texte-fig. 68, B1, B2). Les pinnules apparaissent un peu



Texte-fig. 68 - Quelques aspects du feuillage stérile des échantillons lorrains rapportés à *Oligocarpia gutbieri* Goepfert.
A1-A2 - Fragments de penne d'ordres n, n-1, d'après un échantillon non figuré.
B1-B3 - Quelques stades de différenciation des pinnules, d'après l'échantillon figuré en 4, pl. 58.
C - D'après l'échantillon figuré en 1, pl. 58.
D - D'après l'échantillon figuré en 3, pl. 58.
E1-E2 - D'après l'échantillon figuré en 4, pl. 57.
F - D'après l'échantillon figuré en 5, pl. 58.
G - D'après l'échantillon figuré en 2, pl. 58.
H - D'après un échantillon non figuré.



Texte-fig. 69 - Comparaison des morphologies limbaires d'*Oligocarpia gutbieri* Goepfert, *Pecopteris bredovii* Germar, *Sphenopteris (Oligocarpia) grigorievii* Zalesky et Tchirkova : reprise des figures originales ou dessins effectués d'après nature.

A, B - Reprise des figures originales 24 et 25 de Zalesky et Tchirkova (1937) représentant *Sphenopteris (Oligocarpia) grigorievii*.

C - Reprise de la figure originale de Germar (1845) représentant *Pecopteris bredovii*, pl. XIV, fig. 2

D1-D2 - Dessin d'après nature de l'échantillon figuré par P. Corsin (1951a) sous le nom de *Pecopteris bredovii*, pl. CXLVIII, fig. 1

E - Reprise du dessin original d'une pinnule fertile d'*Oligocarpia gutbieri*, d'après Goepfert, 1841, pl. IV, fig. 2.

Nervation et limbe se différencient selon les mêmes processus chez les trois "espèces".

dissymétriques, les lobes anadromes sont souvent un peu plus marqués que leurs équivalents catadromes. Cette dissymétrie s'accroît lors du passage de la pinnule au rang de plume de dernier ordre (texte-fig. 68, B3). On remarquera (pl. 57, fig. 5) que la pinnule basale anadrome est alors nettement plus développée que son équivalente catadrome et surtout que leurs positions respectives sont différentes : la pinnule anadrome est allongée, sa nervure médiane étant située parallèlement au rachis d'ordre antérieur alors que la nervure médiane de la pinnule basale catadrome généralement plus courte est bissectrice de l'angle formé par les rachis n et $n-1$.

d.- nervation :

Les divisions nervuraires précèdent largement l'individualisation des lobes et la pinnule peu évoluée est irriguée par un réseau nervuraire déjà bien différencié. Il est aussi intéressant de constater que le mode de division des nervures n'est pas toujours identique. On remarquera (pl. 58, fig. 3b) qu'à la base des plumes de dernier ordre l'intensité des divisions est souvent plus forte côté anadrome mais que le retard de différenciation du côté catadrome s'estompe quand les plumes sont plus évoluées. De plus on observe parfois, côté catadrome, que la pinnule basale porte une nervation de type *Polymorphopteris* R.H. Wagner alors que les suivantes montrent une nervation de type *Lobopteris*. Cette distinction n'est pas systématique et ne peut constituer un caractère spécifique mais il est intéressant de constater que les deux modes de division nervuraire peuvent coexister sur deux pinnules adjacentes.

3) Feuillage fertile :

Le spécimen peu fructifié (pl. 61, fig. 3a-c) dont j'ai pratiqué le transfert confirme l'opinion d'Abbott (1954, p. 41) sur l'apparition sans ordre précis des fructifications. Quelques pinnules portent un ou deux sores situés à l'extrémité des ramifications basales de la nervure principale.

Un autre échantillon largement fructifié (pl. 61, fig. 1, 1ab) montre un nombre considérable de sores, chaque pinnule portant 5 ou 6 sores de grande taille composés de 3 à 6 sporanges (nombre le plus fréquent : 4 ou 5). Le limbe n'est malheureusement pas conservé et on observe seulement le contour des pinnules. Par contre les nervures apparaissent en relief et on voit très bien les sporanges insérés radialement sur un réceptacle commun constitué par un renflement de la nervure. Les anneaux, disposés vers l'extérieur du sore, en délimitent nettement le contour. Tous les autres spécimens sont conformes à cette organisation.

Les spores obtenues sont toutes trilètes, de contour triangulaire à subcirculaire (pl. 60, fig. 2c, 4bc ; pl. 61, fig. 1c, 2b-d). L'observation au M.E.B. révèle une ornementation granuleuse régulièrement répartie et d'intensité variable selon le degré de maturité des échantillons. Ces spores s'apparentent donc au genre *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp dans la terminologie des spores dispersées. Leur diamètre varie de 20 à 30 μ . Ces dimensions sont légèrement inférieures à celles des spores que j'ai prélevées sur l'échantillon d'*Olig. gutbieri* figuré par Kidston (1923, pl. LXX, fig. 1), conservé à l'Institut of Geological Sciences de Londres et dont le diamètre est compris entre 27 et 44 μ . Il semble par conséquent que la taille des spores d'*Olig. gutbieri* soit plus variable que ne le pense Abbott qui fixe la fourchette des variations à 30-36 μ .

Remarques et discussion :

L'attribution à *Oligocarpia gutbieri* du matériel stérile n'a pas été immédiate. Par l'étude détaillée des échantillons les plus complets, il a été possible de reconstituer (texte-fig. 68) les étapes successives de la division limbaire et d'établir le lien entre échantillons situés à des niveaux différents de la fronde. Mais la comparaison de cette reconstitution avec les modèles de différenciations limbaires proposés par Zalesky et Tchirkova (1937, fig. 21-26) pour *Pecopteris grigorievii* ou par Germar (1845, pl. XIV) pour *Pecopteris bredovii* (texte-fig. 69) révèle qu'il est impossible d'en distinguer les limbes : même forme pécoptéridienne des pinnules peu évoluées, même nervation, même mode de différenciation très lent. D'ailleurs plusieurs spécimens ont la même origine (siège de *la Houve*, puits III, veine 1) que les échantillons figurés par P. Corsin (1951a, pl. CXCVIII) ; j'aurais donc très bien pu les déterminer *P. bredovii* ou *P. grigorievii*.

Mais l'organisation des fructifications de nos échantillons fertiles est parfaitement conforme à la description de Goepfert d'*Olig. gutbieri*. Dans ces conditions, pourquoi ne pas rapporter à cette espèce les échantillons stériles provenant de niveaux équivalents,

dont la morphologie limbaire est identique et qui sont par ailleurs parfaitement comparables au spécimen figuré sous ce nom par Daber (1955, pl. XII, fig. 1) et récolté dans la localité-type.

On ne dispose que de très peu d'informations sur les fructifications de *P. bredovii*. Un des spécimens figurés par Germar (1845, pl. XIV, fig. 3) est partiellement fructifié mais la lithogravure montre des sporanges juxtaposés sans qu'il soit possible de définir une quelconque organisation. Aucune allusion aux fructifications de cette espèce n'a été faite depuis.

Les types de *P. grigorievii* sont tous stériles. Knight (1975, p. 268) l'attribue au genre *Oligocarpia* à la suite d'une communication personnelle de R.H. Wagner signalant des fructifications de ce type sur des spécimens espagnols. R.H. Wagner a bien voulu me communiquer ces échantillons provenant du bassin houiller de Cineria Matallana (Leon, Espagne) et j'ai pu vérifier :

- 1/ que leur différenciation limbaire est identique à celle d'*Olig. gutbieri* ;
- 2/ que le nombre des sporanges composant un sore varie de 4 à 5, ce qui correspond justement à ce que j'ai décrit chez cette espèce.

A partir de ces données, deux hypothèses peuvent être envisagées :
- ou bien *Olig. gutbieri*, *P. bredovii* et *P. grigorievii* sont synonymes ;
- ou bien, nous sommes en présence d'une convergence morphologique à l'état stérile réalisée par trois espèces porteuses de fructifications différentes.

On ne dispose pour l'instant d'aucun élément de réponse et le problème risque de rester insoluble. Compte tenu de l'étroite ressemblance des trois formes, l'identification des échantillons fertiles qui seront récoltés à l'avenir sera toujours quasiment impossible, même s'ils proviennent des localités-types. Rien ne permet d'affirmer par exemple que les échantillons espagnols sont plus du *P. grigorievii* que du *P. bredovii* ou de l'*Olig. gutbieri*

Dans ces conditions, la position la plus logique à adopter consiste à considérer les trois formes comme synonymes. Knight (1975, p. 264) a déjà remarqué les ressemblances entre *P. bredovii* et *P. grigorievii*. Il hésite cependant à les mettre en synonymie faute d'informations sur la répartition stratigraphique de *P. bredovii*. Quant aux critères qu'il utilise pour différencier *Olig. gutbieri* et *Olig. grigorievii* (aspect plus robuste et plus pécoptéridien de la seconde espèce), ils sont du même ordre que ceux que l'on peut observer entre échantillons situés à des niveaux différents d'une même fronde. Compte tenu de mes observations et de ce que l'on sait des types, il paraît impossible de distinguer morphologiquement ces trois espèces.

Les données stratigraphiques ne peuvent être d'aucun secours, car même s'il s'agit de trois taxons différents, les confusions ont dû être tellement fréquentes qu'elles perdent toute signification, d'autant que l'on constate de ce fait un large recouvrement des répartitions données pour les trois espèces :

- Westphalien B à Stéphanien B pour *Olig. gutbieri* (Knight, 1975, p. 277),
- Cantabrien à Stéphanien C pour *P. bredovii* (Knight, p. 466 ; Novik, 1978, p. 99),
- Westphalien D supérieur à Stéphanien B pour *P. grigorievii* (Knight, p. 269 ; Novik, p. 101).

J'ai finalement opté pour la mise en synonymie de ces trois espèces en signalant les doutes qui subsistent par l'emploi de points d'interrogation dans la liste synonymique.

Notre matériel présente aussi beaucoup de ressemblances avec les spécimens que Landeskroener (*in* H. Potonié 1906, n° 61, p. 1-2) a décrits sous le nom d'*Ovopteris pecopteroides* et qui sont actuellement rapportés à *Sphenopteris leptophylla* Bunbury. Grauvogel-Stamm et Doubinger ont récemment découvert chez cette espèce (1975) des fructifications de type *Oligocarpia* composées de 7 à 30 sporanges permettant de la différencier facilement d'*Olig. gutbieri* à l'état fertile. A l'état stérile, la distinction n'est pas aussi aisée. En principe les pinnules d'*Olig. leptophylla* sont plus allongées et plus triangulaires avec des lobes légèrement indentés et plus aigus que chez *Olig. gutbieri*. Mais il arrive parfois également que chez cette dernière espèce le limbe soit partiellement endommagé et qu'il ne subsiste qu'aux points de plus forte résistance, là où aboutissent les nervures ; l'aspect des pinnules devient alors indenté.

Le mode de division des nervures me semble constituer un meilleur critère de différenciation. Si l'on compare la penne stérile la plus complète de la figure 1a, pl. 37 de Grauvogel-Stamm et Doubinger avec l'une des pennes du spécimen lorrain transféré (pl. 61, fig. 3b) qui mesurent toutes deux 5 mm et présentent un degré comparable de différenciation, on constate que les nervures secondaires chez *Olig. leptophylla* sont encore plus simples alors qu'elles sont déjà nettement dichotomes chez *Olig. gutbieri*. La nervation des pinnules basales anadromes est plus complexe et plus dense chez *Olig. gutbieri*. Toutes les ramifications nervuraires sont dirigées vers le sommet des pinnules chez *Olig. leptophylla* un peu à la manière des branches d'un chandelier, ce qui n'est pas le cas chez *Olig. gutbieri*. Cette disposition se retrouve sur les dessins de Landeskroener (1906, p. 1) et sur les échantillons figurés par Alvarez Ramis (1965, pl. III, fig. 1, 1a).

Abbott (1954, p. 47) différencie *Olig. lindsaeoides* (Ettingshausen) d'*Olig. gutbieri* par la taille très réduite de ses sores également composés de deux à cinq sporanges. L'état des échantillons d'Ettingshausen conservés au Geologische Bundesanstalt de Vienne ne permet plus malheureusement d'émettre une opinion à ce sujet.

Dans sa révision de 1954, Abbott est également amené à comparer *Olig. missouriensis* (White) à *Olig. gutbieri*. Il reconnaît une très forte ressemblance des deux espèces au niveau de l'organisation des sores et de la morphologie limbaire des pennes apicales et ne les différencie que sur la position relative des sores par rapport au bord du limbe. Or d'après ses figurations d'*Olig. missouriensis* (fig. 14, 16), les fructifications n'apparaissent guère plus éloignées du bord que chez *Olig. gutbieri*. Peut-être par la suite faudra-t-il envisager la synonymie de ces deux espèces ? Je ne puis me prononcer pour l'instant n'ayant pas vu le matériel original de l'espèce américaine.

J'ai omis volontairement dans la liste de synonymie d'*Olig. gutbieri* la citation de Bell (1938, p. 45, pl. XXXII) car les photographies de cet auteur représentent de très petits fragments dont la différenciation limbaire me semble assez éloignée de ce que j'ai observé : les pinnules profondément lobées sont très espacées le long des rachis fortement ailés. Les sores composés de un à trois sporanges sont aussi de très petite taille et rappellent davantage les descriptions des fructifications d'*Olig. lindsaeoides* (Ettingshausen).

Zodrow et Mc Candlish ont récemment créé (1982) l'espèce *Oligocarpia bellii* pour quelques spécimens récoltés dans l'île de Cape Breton en Nouvelle Ecosse (Canada). Dans le paragraphe consacré aux comparaisons avec les autres espèces du genre (p. 115) ces auteurs font essentiellement référence, en ce qui concerne *Oligocarpia gutbieri*, aux figurations de Bell. Ils retiennent comme principales différences entre les deux espèces : la forme des sporanges, l'emplacement des sores et la morphologie des pinnules. Compte tenu de ce que je viens de dire à propos des figurations de Bell il est difficile de porter un jugement sur ces comparaisons. Mais reprenons chacun des points envisagés :

1- Je ne constate pas de différences majeures entre le limbe des échantillons canadiens figurés en 2 et 3, pl. 1 par ces auteurs et celui des spécimens lorrains à pinnules en cours de lobation (pl. 58, fig. 3, 3ab).

2- Les sores d'*Oligocarpia gutbieri* n'occupent pas systématiquement une position apicale contrairement à ce que semblent croire Zodrow et Mc Candlish. Et la figuration originale de Goepfert (1841, pl. IV, fig. 2) montre clairement les sores situés à l'intérieur du limbe comme sur les représentations graphiques d'*Oligocarpia bellii*. J'ai en outre signalé plus haut dans la description que chez *Olig. gutbieri* les sores apparaissent aussi sans ordre précis.

3- Enfin il ne paraît pas raisonnable d'utiliser le critère : forme des sporanges quand on a affaire à des échantillons conservés en empreintes.

Sans pouvoir être vraiment affirmative faute d'avoir vu les spécimens canadiens, j'opterais volontiers pour la mise en synonymie d'*Olig. bellii* avec l'espèce-type du genre d'autant que le matériel provient de niveaux datés Westphalien D supérieur, niveaux dans lesquels *Olig. gutbieri* est particulièrement abondant. Le point d'interrogation devant la citation correspondante de la liste synonymique (p. 236) ne constitue qu'une précaution d'usage.

Il me semble aussi que les échantillons déterminés *Olig. brongniartii* par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 2, fig. 2, 3) doivent être rapportés à *Olig. gutbieri*. La forme triangulaire des pinnules en cours de lobation ainsi que la nervation de ces spécimens sont identiques à celles que j'ai décrites (comparer la texte-fig. 5, p. 26 de ces auteurs avec la texte-fig. 68H).

DalINVAL (1960, pl. LV, fig. 2, 2a) figure sous le nom de *Pecopteris* cf. *simonii* Zeiller un fragment de penne stérile dont l'aspect rappelle un peu celui de l'échantillon figuré ici en 1, la, pl. 59. Mais si la forme des pinnules est à peu près comparable, la nervation permet de les différencier très nettement : pour des pinnules de même taille, la densité des divisions nervuraires est très nettement supérieure sur le spécimen de DalINVAL.

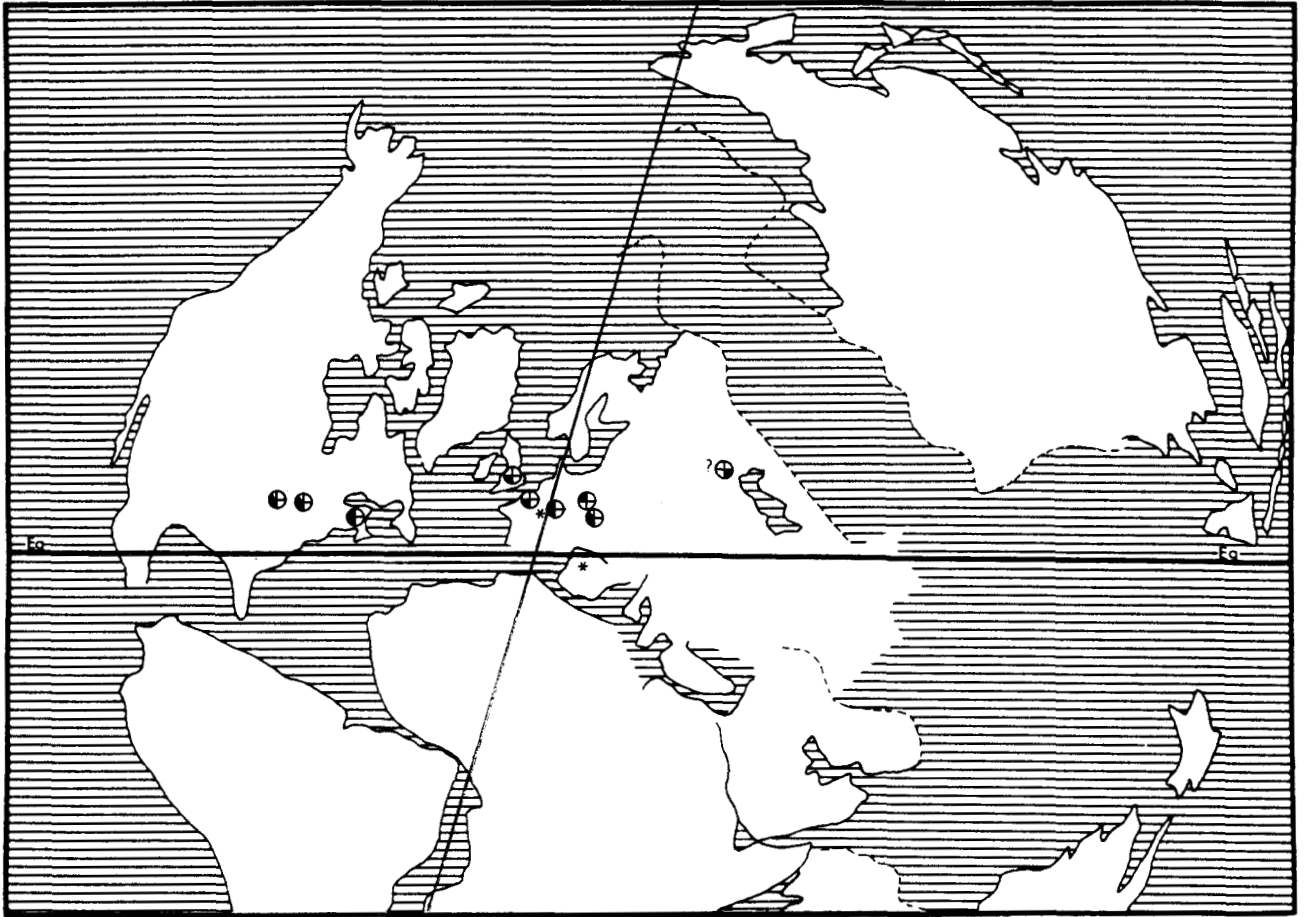
Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Siège de *la Houve*, puits III, veine 1, base des couches d'Ottweiler, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432672-432680, dont éch. figuré par Corsin 1951a, pl. CXCVIII, fig. 2, 2a, 3, 3ab).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Groupe de *St-Ingbert*, veine 22, sous T300, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432670-432671).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Barrois* à 885,20 m, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432556).
 - Sondage de *B2* à 561,32 ; 561,34 ; 561,36 m, juste sous T10, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432639-432641).
 - Sondage de *B31* à 556,10 et 556,11 m, Westphalien D (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432642-432643).
 - Sondage des *Chasseurs* à 549,30 m, sommet du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432662).
 - Sondage de *Cocheren 4* à 990,58 m, sommet du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432626).
 - Sondage de *Cocheren 8* à 1376,31 et 1385,98 m, juste sous T200, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432627-432628).
 - Sondage de *Cocheren 12* à 1150,88 et 1150,90 m, au niveau de la veine Georgette, 1/3 supérieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432629-432630).
 - Sondage de *Differten* à 936,00 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432665).
 - Sondage de *Emmersweiler* à 560,00 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432664).
 - Siège de *Faulquemont*, assise de la Houve, sans précision, Westphalien C supérieur ou D (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432693).
 - Sondage de *Folschviller 1* à 765,70 m, conglomérat de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432660).
 - Sondage de *Gargan 1* à 565,96 m, au mur de la veine 19, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432663).
 - Groupe de *Göttelborn*, veine Elisabeth, au-dessus de T100, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/5029, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 6, fig. 2).
 - Groupe de *Griesborn*, sans précision, stériles des niveaux inférieurs du Stéphanien ou du Westphalien D supérieur (Coll. Haas n° 304, 416 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432690-432691).
 - Sondage de *Guerting C4* à 796,58 ; 796,60-796,62 ; 796,89 ; 796,90 ; 797,06 ; 797,07 m, niveaux encadrant la veine Théodore, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432618-432625).
 - Sondage de *Hargarten 1* à 775,95 et 776,10 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432666-432667).
 - Groupe de *Hélène*, veines 4 et 13 des couches de Sulzbach, 1/3 supérieur et moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen et inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Groupe de *Hixberg*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° B/4244, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 2, fig. 2).
 - Sondage de *Hombourg 2/6* à 590,00 ; 590,01 ; 634,60 ; 742,20 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432635-432638).

- Groupe d'*Hostenbach*, sans autre précision, stériles des niveaux inférieurs du Stéphanien ou du Westphalien D (Coll. Haas n° 17, 22, 341, 342, 354-357, 373, 375-377 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432698-432709 dont éch. figurés par P. Corsin, 1951a, pl. CXCVIII, fig. 4, 4a).
- Siège de *la Houve*, veines Théodore et Jules, 1/3 supérieur et inférieur du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. Haas n° 396, 647 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432681-432682).
- Terris de *la Houve*, stériles des niveaux inférieurs du Stéphanien ou du Westphalien D (Coll. Haas n° 583, 598, 599, 648, 655 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432683-432687).
- Sondage de *LH Sud A1* à 488,41 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432668).
- Sondage de *Longeville* à 995,00 ; 995,02-995,04 m, conglomérat de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432631-432634).
- Sondage de *Marienu 1* à 1238,50 et 1315,70 m, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432648-432649).
- Sondage de *Marienu 4* à 857,90 et 857,91 m, au toit de la veine G, 1/3 inférieur du faisceau de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432650-432651).
- Siège de *Merlebach*, veine Bertha, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432713-432716).
- Siège de *Petite-Rosselle*, puits Simon, veine 12a, sous T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432694).
- Siège de *Petite-Rosselle*, puits Vuillemin, veine 8, un peu au-dessus de T200, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432695).
- Siège de *Petite-Rosselle*, sans autre précision (Coll. Haas n° 347, 542 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432696-432697).
- Sondage de *Porcelette* à 521,10 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432661).
- Siège de *Püttlingen*, veines Heinrich et Aspen, 1/3 supérieur du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. Haas n° 515, 685 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432710-432712 dont éch. figuré par P. Corsin, 1951a, pl. CXCVIII, fig. 1, 1a).
- Sondage de *Simon 21* à 174,15 et 181,42 m, entre les veines Wohlvert 2 et 1, limite Westphalien C-Westphalien D (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432653-432654).
- Sondage de *Ste-Fontaine 1* à 680,00 ; 695,02 ; 695,04 ; 695,05 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432601-432604).
- Sondage de *Ste-Fontaine 2* à 968,81 m, entre les veines E et F, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432605).
- Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 836,79 et 836,80 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432606-432607).
- Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 457,05 ; 529,90 ; 706,80 m, 1/3 moyen et supérieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432608-432610).
- Sondage de *Stocken* à 714,00 ; 1051,50 ; 1054,00 ; 1097,20 ; 1183,00 ; 1183,60 ; 1183,61 ; 1183,90 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432611-432617).
- Sondage de *Tritteling* à 1008,70 et 1185,00 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432646-432647).
- Sondage de *Valmont 3* à 1219,80 m, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432669).
- Groupe de *Viktoria*, veines Heinrich, Beust, Amelung, respectivement faisceau de Steinbesch et faisceau de Laudrefang et sommet du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien D supérieur à C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/4192, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 2, fig. 3 ; Collection lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432692).

Oligocarpia gutbieri est donc une espèce très abondante dans le bassin sarro-lorrain où elle semble caractériser le Westphalien D. Elle a toutefois été rencontrée dans le Westphalien C inférieur, un peu au-dessous de T300 et existe encore dans les niveaux inférieurs du Stéphanien.

Répartition générale :



Texte-fig. 70 - Distribution géographique et répartition stratigraphique d'*Oligocarpia gutbieri* Goepfert.

OLIGOCARPIA BRONGNIARTII Stur

Planches 62-64

Néotype :

- . Echantillon figuré ici en 1, la-f, pl. 63
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, sondage du *Chêne aux sorcières* à 457,40 m, 24 m sous T100, conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur
- . Collection : Laboratoire de Paléobotanique de Lille, SPH. H.B.L. n° 432516

- 1883 *Oligocarpia Brongniarti* Stur, p. 688, texte-fig. 16
- v. 1883 *Oligocarpia formosa*, Zeiller, p. 190, pl. X, fig. 6-12
- 1885 *Oligocarpia Brongniarti*, Stur, p. 131, pl. LVII, fig. 2, 3 ; texte-fig. 20
- v. 1886-88 *Sphenopteris (Oligocarpia) Brongniarti*, Zeiller, p. 97, pl. XI, fig. 3-5 ;
texte-fig. 35



- 1888 *Oligocarpia Brongniarti*, Toula, pl. II, fig. 23-25
1899 *Oligocarpia Brongniarti*, H. Potonié, p. 101, fig. 87
1910 *Sphenopteris (Oligocarpia) Brongniarti*, Renier et al., pl. 61
1915 *Oligocarpia Brongniarti*, Depape et Carpentier, pl. 9, fig. 8, 9
1923 *Oligocarpia Brongniarti*, Kidston, p. 289, pl. LXIX, fig. 2, 2a, 3, 3a ; texte-fig. 19
1925 ? *Oligocarpia brongniarti*, Crookall, p. 389, pl. XVI, fig. 8
1932 *Sphenopteris Brongniarti*, Corsin, p. 35, pl. 33, fig. 4a-g
v. (pars) 1935 *Oligocarpia brongniarti*, Gothan, p. 55, pl. 47, fig. 1-7
1938 *Oligocarpia brongniarti*, Bell, p. 42, pl. XXIX : pl. XXX, fig. 1, 2
1938 *Sphenopteris (Oligocarpia) Brongniarti*, Zalesky et Tchirkova, p. 18, texte-fig. 18ab, 19, 20
1944 *Oligocarpia brongniarti*, Bell, p. 76, pl. XXV, fig. 2, 4
1951 *Oligocarpia brongniarti*, Jongmans, pl. I, fig. 12
1952 *Oligocarpia Brongniarti*, Novik, p. 58, pl. I, fig. 5-7
1954 *Oligocarpia brongniarti*, Abbott, p. 49, fig. 6-12, 17, 17a-b
? 1954 *Oligocarpia Brongniarti*, Novik, p. 18, pl. I, fig. 2
v. 1956 *Oligocarpia Brongniarti*, Danzé, p. 292, pl. XLIV, fig. 3, 4 ; pl. XLV
1965 *Sphenopteris brongniarti*, Stockmans et Willièrè, pl. XXVI, fig. 3, 3a

Les échantillons sarro-lorrains, presque tous fertiles, n'apportent aucune information nouvelle sur l'architecture de la fronde, le mode de différenciation limbairé et l'organisation des fructifications. Par contre, les prélèvements *in situ* permettent pour la première fois de préciser quel est le type et la taille des spores fournies par l'espèce.

Dans sa révision détaillée du genre, Abbott (1954, p. 49) a donné une description minutieuse d'*Oligocarpia brongniarti* en insistant sur les caractères des fructifications, description dont Danzé (1956, p. 292) s'est largement inspiré. Je reprendrai pour ce qui concerne le limbe stérile la diagnose proposée par cet auteur en en modifiant un peu l'ordre par souci de cohérence avec les autres diagnoses de ce travail. Le paragraphe consacré à l'organisation des fructifications sera extrait de la monographie d'Abbott (p. 50). Une seule modification sera apportée à la description de cet auteur, puisque j'ai observé parfois un nombre de sporanges par soie supérieur à celui indiqué. Je la compléterai par les données concernant les spores.

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis circulaires ou légèrement aplatis, parcourus longitudinalement par deux sillons, couverts d'une fine striation longitudinale et de quelques rares punctuations, faisant entre eux des angles variant de 80 à 90° ; pennes conservant une largeur constante sur la plus grande partie de leur longueur, avec possibilité d'un léger recouvrement ; pinnules peu évoluées d'allure pécoptéridienne, insérées obliquement sur le rachis par toute leur base ; apparition de deux entailles (la première formée étant catadrome) de part et d'autre du sommet de la pinnule, soulignant la différenciation précoce des deux premiers lobes ; croissance apicale prédominante d'où la forme triangulaire des pinnules évoluées ; passage au rang de penna de dernier ordre correspondant à l'apparition de la 5ème paire de lobes ; nervation constituée d'une nervure principale légèrement décurrente, dichotome, les nervures secondaires étant plusieurs fois divisées sous des angles assez larges pour former un éventail relativement ouvert.
- Feuillage fertile identique au feuillage stérile : sores situés vers l'extrémité des nervures secondaires, composés de 7 à 12 sporanges annelés dont 6 à 9 sont insérés radialement sur un réceptacle commun autour de 1 à 3 sporanges centraux ; sporanges piriformes, de 0,3 mm de diamètre, légèrement pédonculés ; anneau oblique de 25° sur l'équateur, composé de 16 à 18 cellules aux parois épaissies ; partie de la zone de déhiscence inférieure à l'anneau formée de 3 cellules étroites, allongées, plus ou moins médianes sur le sporange ; partie supérieure de l'anneau formée de 1 ou 2 cellules allongées et étroites ; autres cellules de la paroi sporangiale avec un aspect irrégulier et des cloisons fines ;

spores trilètes, de contour subtriangulaire, ornées d'une granulation régulière plus ou moins apparente selon l'état de maturation des échantillons macérés, de type *Granularisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, diamètre variant de 15 à 30 μ .

Description :

Etant donné que l'espèce a déjà été longuement étudiée par Abbott (1954) et Danzé (1956) je limiterai la description à quelques points particuliers.

1) Organisation de la fronde :

L'échantillon le plus différencié que l'on connaisse est l'un des deux spécimens figurés par Stur (1885, pl. LVII, fig. 3). Il représente deux fragments de penes d'ordre n-2, parallèles entre elles, insérées sur un même rachis n-3 malheureusement mal conservé. Par conséquent l'organisation de la fronde d'*Oligocarpia brongniartii* est au moins quadripinnatifide. Sa construction est catadrome. Danzé (1956, p. 293) signale dans sa diagnose la présence d'aphlébies à la base des axes d'ordres n-1 et n-2. Je n'en ai pas observé sur le matériel sarro-lorrain. Je n'ai malheureusement pas pu retrouver les échantillons de Stur dans les collections du Bundesanstalt de Vienne mais il semble qu'il n'y ait pas non plus d'aphlébies d'après les reproductions photographiques originales.

2) Feuillage stérile :

Les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille ne renferment que deux échantillons stériles dont les caractères sont conformes aux descriptions antérieures. Il s'agit dans les deux cas de fragments de penes d'ordre n-2 dont les rachis principaux, larges respectivement de 1 et 2 mm, sont du même ordre de grandeur que ceux des figurations originales.

La différenciation limbale illustrée par la texte-fig. 71 correspond à la constitution proposée par Danzé (1956, texte-fig. 26, p. 294). On remarquera que les divisions nervuraires précèdent l'individualisation des lobes. La nervation est aussi souvent plus complexe dans les pinnules basales anadromes (ou lobes très évolués) que dans les éléments catadromes équivalents de taille généralement plus réduite. J'avais déjà fait la même observation chez *Olig. gutbieri*.

3) Feuillage fertile :

Il est identique au feuillage stérile et aucun de nos échantillons, ni de ceux précédemment figurés ne permet de déterminer l'ordre d'apparition des organes reproducteurs. Les sores composés de 7 à 12 sporanges sont insérés vers l'extrémité des nervures secondaires et atteignent les bords du limbe (pl. 62, fig. 4b). 1 à 3 sporanges occupent une position centrale, les autres sont insérés radialement sur un seul cercle. Quelques sores observés au M.E.B. (pl. 64, fig. 1b-d) montrent très bien les parois épaissies des grosses cellules constituant l'anneau.

Presque tous les prélèvements effectués se sont révélés fructueux. Ils ont fourni des spores trilètes à contour subtriangulaire, ornées d'une granulation régulière dont l'intensité varie entre spores provenant d'échantillons différents mais aussi d'un même spécimen. Ces variations sont donc probablement liées au degré de maturation du matériel. La plupart des spécimens ont fourni des spores dont le diamètre est compris entre 21 et 30 μ . Un seul échantillon (pl. 64, fig. 2, 2a-e) a donné des spores plus petites (15 à 21 μ), couvertes d'une ornementation granuleuse bien marquée et pourtant l'organisation de ses fructifications est tout à fait comparable à celle des autres spécimens.

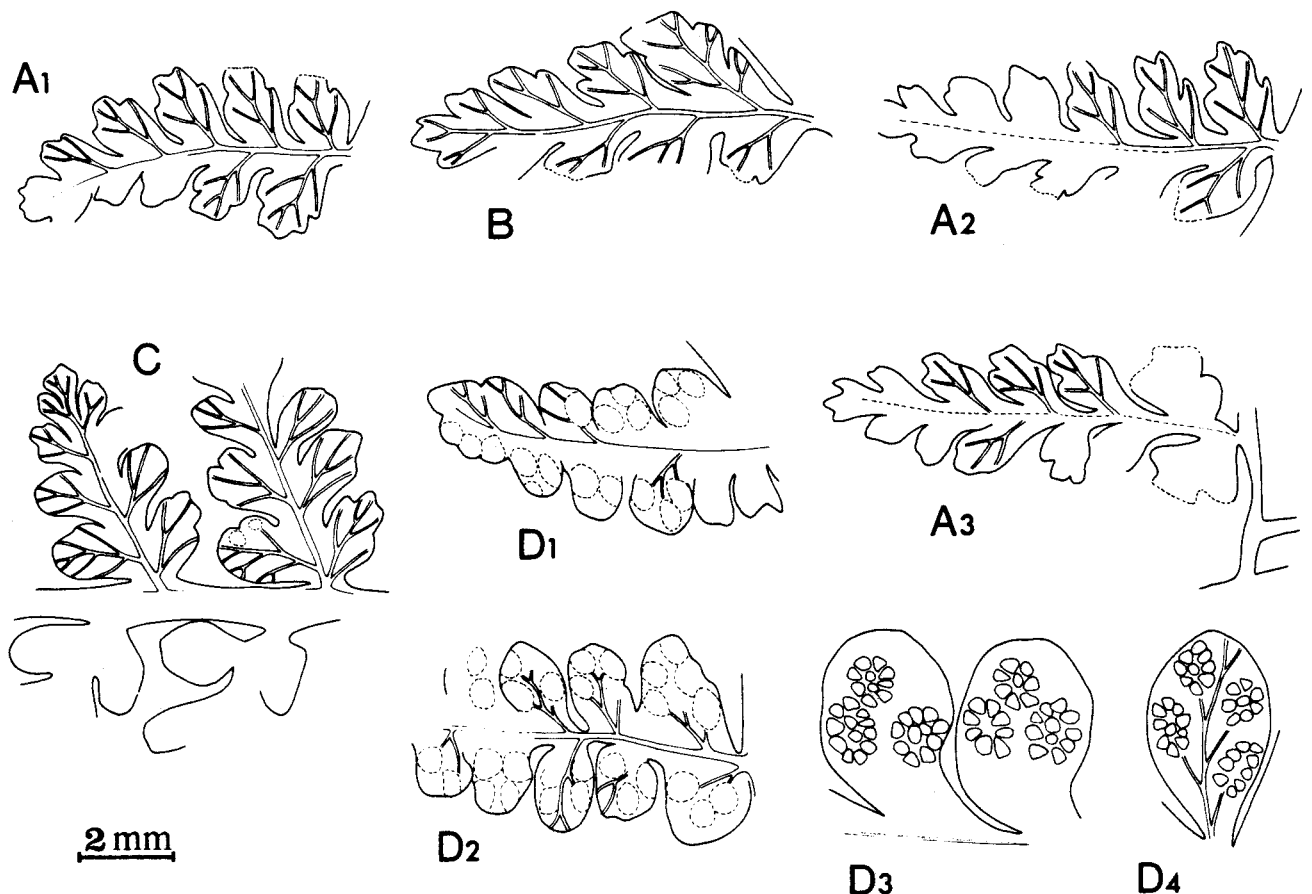
Remarques et discussion :

Oligocarpia brongniartii ne pose pas de gros problèmes de détermination quand on a affaire à des échantillons fructifiés car l'organisation des sores avec le ou les quelques sporanges centraux est tout à fait caractéristique. J'ai en outre pu vérifier l'homogénéité du type et de la taille des spores fournies par cette espèce en effectuant des prélèvements sur les échantillons figurés par Gothan (1935, pl. 47, fig. 2-7) et conservés au Museum für Naturkunde de Berlin, ainsi que sur plusieurs spécimens provenant des mines de la Clarence,

siège de Bruay (bassin du Nord de la France), conservés dans la typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon.

Les échantillons fertiles d'*Olig. brongniartii* sont apparemment fréquents et il est bien rare de récolter des spécimens uniquement stériles. Leur identification générique est toujours assez facile : l'aspect pécoptéridien des pinnules dont les lobes arrondis présentent toujours une nervation fortement différenciée est très caractéristique.

Parmi les espèces rapportées au genre, *Olig. mixta* est à mon avis la seule espèce qui risque d'être confondue avec *Olig. brongniartii*. La taille beaucoup plus réduite des pinnules et l'aspect plus indenté des lobes doivent permettre de les différencier, tout au moins à l'état stérile. A l'état fertile, il ne devrait pas y avoir de problème de détermination puisque les sores d'*Olig. mixta*, de taille nettement inférieure à celle des sores d'*Olig. brongniartii*, ne comptent généralement que 3 à 5 sporanges (le nombre le plus fréquent que j'ai observé sur le matériel lorrain, p. 257, étant de 4).



Texte-fig. 71 - Morphologie du limbe stérile et organisation des fructifications d'*Oligocarpia brongniartii* Stur.

A1-A3 - Premières étapes de la différenciation limbair, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 62.

B, C - Fragments de pennes d'ordres n et n-1 conformes à la reconstitution proposée par Danzé, 1956, texte-fig. 26, d'après des échantillons non figurés.

D1-D4 - Organisation des sores composés de 7 à 12 sporanges dont 1 à 3 d'entre eux occupent une position centrale, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 63.

Pas plus que Danzé (1956, p. 298) je ne puis me prononcer sur l'éventuelle synonymie avec *Olig. brongniartii* du *Sphenopteris splendens* décrit par Dawson (1871, p. 53, pl. 16, fig. 186, 186a) en raison de la mauvaise qualité des figurations. Je rappellerai que cette synonymie a successivement été admise par Stopes (1914, p. 40) et Kidston (1923, p. 290) puis rejetée par Abbott (1954, p. 58). Par contre l'échantillon figuré par Darrah (1969, pl. 53, fig. 1) sous le nom de *Sphenopteris splendens* Lesquereux n'a aucun point commun avec *Oligocarpia brongniartii* et s'apparente vraisemblablement aux *Pteridospermopsida*.

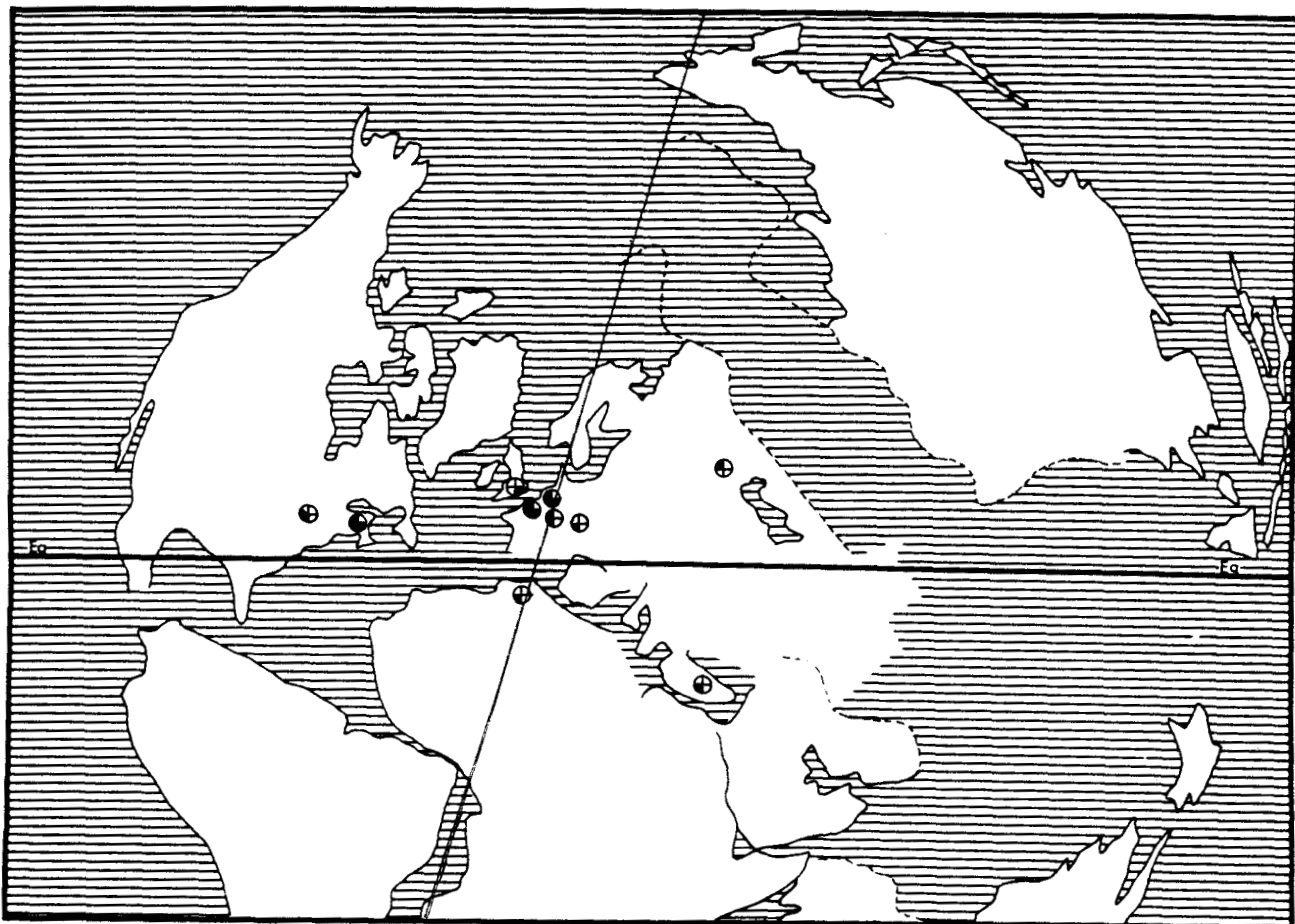
Les figurations de Zalessky et Tchirkova (1938) et de Novik (1954) ont beaucoup perdu à l'impression et il est difficile de se prononcer sur l'exactitude de leurs déterminations. La présence d'*Oligocarpia brongniartii* dans le bassin du Donetz n'a donc pu être vérifiée.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Groupe de *Kohlwald*, veine Huyssen, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Hombourg 2/5* à 852,88 et 852,90 m, à 200 m sous T500, sommet du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432508-432509).
- Autres gisements :
 - Sondage d'*Atton* à 889,00 m, pour information T400 à 863 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Tytothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).
 - Sondage du *Chêne aux sorcières* à 457,40 m, à 24 m sous T100, conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432516).
 - Sondage d'*Hergarten 2* (= *Moulin du Soleil*) à 742,30 ; 778,00 ; 1128,00 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432510-432512).
 - Groupe d'*Hélène*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Groupe de *Mellin*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de *Marienau 1* à 861,20 ; 861,21 ; 873,60 m, niveau de la veine G, faisceau de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432517-432519).
 - Sondage de *Marienau 4* à 795,64 m, au toit de la veine H2, base du faisceau de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432520).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 993,23 ; 999,85 ; 1011,57 ; 1011,58 ; 1241,19 ; 1241,20 m, pour information T300 à 1039,87 m, faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen et inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432501-432506).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 662,98 m, 1/3 moyen du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432507).
 - Siège de *Sarrebruck*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de *Valmont 4* à 1456,20 ; 1456,25 ; 1456,30 m, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432513-432515).
 - Sondage de *Wenheck* à 1214,40 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432521).

Oligocarpia brongniartii est une espèce relativement fréquente dans le bassin sarro-lorrain. Jusqu'ici elle y a été récoltée dans des niveaux allant du sommet du faisceau de Rothell (Westphalien C inférieur) au sommet du faisceau de Steinbesch (Westphalien D supérieur).

Répartition générale :



Texte-fig. 72 - Distribution géographique et répartition stratigraphique d'*Oligocarpia brongniartii* Stur.

OLIGOCARPIA LEPTOPHYLLA (Bunbury)

Néotype :

- . Echantillon fertile figuré par Grauvogel-Stamm et Doubinger, 1975, pl. 37, 38 ; texte-fig. 1
- . Origine : Massif Central, France, Bassin de *Blanzay*, probablement Stéphanien B
- . Collection : Musée de l'Institut de Géologie et de Paléontologie de Strasbourg



- 1853 *Pecopteris leptophylla* Bunbury, pl. VII, fig. 11a, b
- 1879-80 *Sphenopteris goniopteroides* Lesquereux, p. 269, pl. LV, fig. 3, 3a, 4 ?, 4a
- 1892 *Pecopteris leptophylla*, Zeiller, p. 31, pl. VII
- 1893 *Sphenopteris burgkensis* Sterzel, p. 9, pl. I, fig. 1, 1b, 2
- 1906 *Ovopteris pecopteroides* Landeskroener in H. Potonié, Lief. IV, n° 61
- 1944 *Sphenopteris pecopteroides*, Teixeira, texte-fig. 38
- 1958 *Sphenopteris burgkensis*, Barthel, p. 45, pl. XIII, fig. 4

- 1962b *Pecopteris leptophylla*, R.H. Wagner, pl. 33, fig. 37, 37a
1963 *Ovopteris pecopteroides*, Doubinger et Alvarez Ramis, p. 195, pl. III, fig. 3, 4 ;
texte-fig. 2
1965 *Sphenopteris leptophylla*, Alvarez Ramis, p. 15, pl. I-IV ; texte-fig. 7, 8
1965 *Sphenopteris goniopteroides*, Alvarez Ramis, p. 57, pl. L, fig. 1-4
1965 *Pecopteris brieni* Stockmans et Willière, pl. XXVIII, fig. 1, la
1968 *Sphenopteris goniopteroides*, Germer, Kneuper et R.H. Wagner, pl. 1, fig. 2, 6
1969 *Sphenopteris asturica* Alvarez Ramis et Doubinger, p. 60-62, fig. 1, 2
1970 *Sphenopteris goniopteroides*, R.H. Wagner in R.H. Wagner et Artieda, pl. VI, fig. D
1971 *Sphenopteris asturica*, Alvarez Ramis et Doubinger, p. 62, pl. II, fig. 3, 3a
1975 *Sphenopteris leptophylla*, Knight, p. 303, pl. 22, fig. 1-4
1975 *Oligocarpia (Sphenopteris) leptophylla*, Grauvogel-Stamm et Doubinger, p. 411, pl.
37-38 ; texte-fig. 1
1976 *Botryopteris burgkensis*, Barthel, p. 25, pl. 4, fig. 1, 2 ; pl. 5-7
v. 1978 *Sphenopteris goniopteroides*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 9, pl. 3, fig.
5 ; texte-fig. 12
1982 *Sphenopteris leptophylla*, Langiaux, p. 88, pl. 2, fig. 3 ; texte-fig. 11
1982 *Oligocarpia (Sphenopteris) leptophylla*, Langiaux, p. 97

La découverte récente par Grauvogel-Stamm et Doubinger (1975) d'un échantillon fructifié de *Sph. leptophylla* a permis d'en déterminer l'appartenance générique. L'espèce a déjà été longuement étudiée par Alvarez Ramis (1965) et Knight (1975). Outre une description précise du limbe stérile, ces auteurs ont aussi proposé plusieurs mises en synonymie qu'après vérifications j'ai rassemblé dans la liste synonymique présentée ci-dessus.

Alvarez Ramis (1965, p. 16) a proposé une diagnose relativement brève du feuillage stérile de *Sph. leptophylla* que Grauvogel-Stamm et Doubinger (1975) reprennent à leur compte et complètent par les données sur les fructifications. Ces éléments suffiront pour situer les spécimens sarro-lorrains par rapport à cette dernière définition de l'espèce. Pour plus ample information sur la morphologie du limbe stérile, je prie le lecteur de bien vouloir se reporter à la description détaillée de Knight (1975, p. 304).

Diagnose :

- Feuillage stérile : (d'après Alvarez Ramis, 1965, p. 16) :
"Pinnules ovales, triangulaires, acuminées et plus ou moins inclinées vers le sommet de la penna ; bords lobés, chaque lobe indenté en dents de scie ; pinnules insérées par toute leur base ou légèrement contractées, généralement de grande taille mais de fortes variations selon la position dans la fronde ; nervation typiquement pécoptéridienne" (traduction de l'espagnol).
- Feuillage fertile : (d'après Grauvogel-Stamm et Doubinger, 1975, p. 415) :
"Limbe des pinnules fertiles très réduit, subsistant le long du rachis * ; fructification de type *Oligocarpia* avec sores circulaires à ovales, situés à l'extrémité des nervures latérales ; sores composés de 7 à 30 sporanges piriformes avec annulus apical nu ;
spores trilètes (32 à 49 μ , moyenne : 38,4 μ) correspondant à la forme dispersée : *Granulatisporites parvus* (Ibrahim) Potonié et Kremp".

Nos collections renferment trois échantillons fertiles dont l'organisation des sores et les caractères des spores sont conformes à la description des fructifications d'*Olig. leptophylla* selon Grauvogel-Stamm et Doubinger. Deux d'entre eux montrent de nombreux sores épars de type *Oligocarpia*, composés de nombreux sporanges, sans aucune indication sur le limbe. Le troisième correspond au négatif de la surface supérieure d'une extrémité de penna très fructifiée dont on observe le contour pécoptéridien du limbe.

Par ailleurs, Alvarez Ramis et al. (1978) ont déterminé *Sphenopteris goniopteroides* Lesquereux, un spécimen récolté dans les séries inférieures stéphanienues du groupe d'*Endorf* en Sarre. Or cette espèce est considérée à juste titre par Knight comme synonyme de *Sphenopteris leptophylla*. On pourra vérifier que cet échantillon refiguré ici en 2, pl.

* J'ai déjà signalé (p. 235) que l'observation des figurations de ces auteurs ne révèle pas de réduction particulière du limbe consécutive au développement des fructifications ; c'est d'ailleurs ce qui semble confirmer l'échantillon décrit p. 252.

65 présente tous les caractères de l'espèce de Bunbury : pinnules triangulaires d'assez grande taille, d'aspect pécoptéridien ; nervules généralement simples et redressées vers le sommet des pinnules à la manière des branches d'un chandelier.

Par conséquent, *Olig. leptophylla* est présent dans le bassin sarro-lorrain. Mais compte tenu du peu d'informations fournies par nos spécimens sur la morphologie limbaire, il m'a semblé préférable de faire précéder la détermination d'un cf.

OLIGOCARPIA cf. LEPTOPHYLLA (Bunbury)

Planche 65

Description :

Feuillage fertile :

Le seul échantillon sur lequel le limbe est apparent, représente une extrémité de penne peu différenciée portant 5 à 6 pinnules de part et d'autre du rachis (pl. 65, fig. 3a, b). Autant qu'on puisse en juger, les pinnules ont un aspect pécoptéridien : leur sommet est arrondi et elles sont insérées obliquement sur le rachis par toute leur base. Les pinnules les plus différenciées portent 3 paires de lobes arrondis. Presque toute la surface de chaque lobe est occupée par un sore à peu près circulaire ; les pinnules à 3 paires de lobes portent donc 6 sores dont la taille décroît de la base au sommet des pinnules. De ce fait, le nombre des sporanges qui les constituent varie : 18 à 20 pour les plus grands (diamètre = 0,9 mm), 11 pour les plus petits (diamètre = 0,6 mm).

Les deux autres spécimens (pl. 65, fig. 1, lab) ne montrent aucune trace de limbe mais de nombreux sores composés de 10 à 26 sporanges, selon leur taille, dont la disposition est comparable à celle observée sur l'échantillon précédent.

Les sporanges annelés sont toujours disposés sur deux ou trois cercles concentriques ; un à trois d'entre eux occupent une position centrale.

Les échantillons étant sans doute peu matures, je n'ai obtenu que des masses non dissociables de spores trilètes, au contour nettement triangulaire, ornées d'une granulation bien marquée et dont le diamètre varie de 26 à 34 μ (pl. 65, fig. 1d-f). Cette description correspond au genre *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp de la terminologie des spores dispersées.

Remarques et discussion :

L'organisation des fructifications sur le tout petit fragment de limbe conservé correspond bien à celle décrite par Grauvogel-Stamm et Doubinger puisqu'on compte 5 à 6 sores par pinnule, composés de 11 à 20 sporanges (la fourchette retenue par ces auteurs est de 7 à 30).

Le type de spores obtenues à partir du matériel lorrain est commun à toutes les espèces du genre *Oligocarpia* et ne peut donc être utilisé comme critère de discrimination spécifique.

La taille de ces spores est en moyenne inférieure à celle indiquée dans la diagnose de l'espèce. Mais il serait déraisonnable de fonder une discrimination sur ce seul critère étant donné que tout comme celui de Grauvogel-Stamm et Doubinger, notre matériel est très fragmentaire.

Sachant qu'*Oligocarpia leptophylla* est présent dans le bassin sarro-lorrain, les similitudes entre nos spécimens et celui de Blanzky paraissent suffisantes pour justifier leur rapprochement. L'utilisation d'un cf. constitue une précaution d'usage qui, à mon avis, est rendue nécessaire par la pauvreté du matériel et par les différences constatées au niveau du diamètre des spores.

Si la récolte d'un nouveau matériel venait confirmer cette détermination, je pourrais affirmer que le limbe fertile d'*Olig. leptophylla* n'est pas aussi réduit que Grauvogel-Stamm et Doubinger semblent le penser. Notre échantillon, qui correspond au négatif de la face supérieure du limbe, permet de suivre le contour des pinnules et de juger de l'importance relative des sores. Ceux-ci sont tellement grands qu'ils cachent presque entièrement le limbe. Aussi, lorsqu'on ne dispose que d'un positif, le limbe n'apparaît conservé qu'au sommet et à la base des pinnules et c'est ce qu'ont observé Grauvogel-Stamm et Doubinger.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

L'échantillon sarrois figuré par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 3, fig. 5) provient du groupe d'Ensдорф, veine Wahlschied, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

Deux spécimens dont un conservé en empreinte et contre-empreinte proviennent du sondage de Ste-Fontaine 3 où ils ont été récoltés à 836,15 ; 836,16 et 836,77 m, soit au niveau des veines A et B, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432901-432903).

Le dernier a été recueilli au toit de la veine Georges du siège de la Houve, veine située à la base du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob. Lille, SPH. H.B.L. n° 432904).

Oligocarpia leptophylla est donc présent en Sarre-Lorraine mais y est peu abondant. Les niveaux où a été récolté *Olig. cf. leptophylla* (Westphalien C moyen aux niveaux inférieurs du Stéphanien) correspondent assez bien avec la répartition générale de l'espèce proposée par Knight (1975, p. 312) : Westphalien D supérieur à Autunien. *Olig. leptophylla* apparaîtrait donc un peu plus tôt dans le bassin sarro-lorrain.

OLIGOCARPIA MIXTA (Schimper)

Holotype :

- . Echantillon figuré par Lesquereux 1879, pl. LIV, fig. 1-3a
- . Origine : Clinton, Illinois, Etats-Unis
- . Collection : non répertorié précisément.

- 1866 *Sphenopteris rigida* Lesquereux, p. 435, pl. XXXIX, fig. 5, 5a
- 1869 *Sphenopteris* (*Cheil. ?*) *mixta* Schimper, p. 382
- 1979-80 *Sphenopteris mixta*, Lesquereux, p. 276, pl. LIV, fig. 1-3a
- v. 1886-88 *Sphenopteris mixta*, Zeiller, p. 95, pl. XII, fig. 3, 3A
- 1913 *Sphenopteris cf. mixta*, Gothan, p. 35, pl. 8, fig. 4
- 1954 *Oligocarpia mixta*, Abbott, p. 54, fig. 24-26
- v. 1956 *Sphenopteris mixta*, Danzė, p. 431, pl. LXX, fig. 5, 5a
- 1956 *Sphenopteris cf. mixta*, Danzė, p. 436, pl. LXX, fig. 6, 6a

Le bassin sarro-lorrain a fourni plusieurs exemplaires bien fructifiés dont la morphologie limbaire et l'organisation des sores sont conformes à celles décrites par Abbott (1954, p. 54) pour *Oligocarpia mixta* (Schimper). Mais l'implantation des sores sur la pinnule et la taille des spores obtenues à partir de plusieurs prélèvements se sont révélées légèrement différentes. Pour justifier la détermination *Olig. cf. mixta* de ces échantillons, il me paraît nécessaire de rappeler la diagnose d'*Olig. mixta* d'une part et d'effectuer une mise au point des citations contradictoires concernant cette espèce d'autre part.

Diagnose :

(d'après Abbott, 1954, p. 54) :

- Fronde d'organisation quadripinnatifide.
- Feuillage stérile : rachis ronds, finement striés et ponctués, ceux d'ordre n-2 flexueux, ceux d'ordre n-1 fins et ailés ;
pennes alternes, ovales-lancéolées, non recouvrantes ;
pinnules ovales, légèrement lobées, décurrentes ;
nervation flexueuse ; nervures latérales divisées une à trois fois.
- Feuillage fertile : presque identique au feuillage stérile mais avec des pinnules moins profondément découpées ; une division nervuraire supplémentaire sur le bord du limbe ; sores situés près du bord des pinnules et plus ou moins concentrés, sans disposition précise, au sommet des lobes, constitués de 4 à 6 sporanges piriformes (généralement 5), pédicellés, larges de 0,3 mm ; pédicelle constitué en hauteur de 2 cellules ; anneau oblique composé de 20-21 cellules à parois épaissies, interrompu par un stomium formé de 3 cellules isodiamétriques ;
spores trilètes, très finement ponctuées, diamètre : 31 μ .

Remarques et discussion :

L'interprétation d'*Oligocarpia mixta* ne fait pas l'unanimité des auteurs : ce sont essentiellement les déterminations des fragments stériles qui font l'objet de controverses puisque depuis le rattachement de l'espèce par Abbott (1954) au genre *Oligocarpia*, aucune description du limbe fertile n'a été publiée. Afin de clarifier nos connaissances sur cette espèce, il paraît indispensable d'en analyser les diverses citations et figurations.

En 1866, Lesquereux détermine à tort *Sphenopteris rigida* Brongniart un échantillon américain. Schimper (1869) rectifie cette erreur et crée pour ce spécimen l'espèce *Sphenopteris mixta*. En 1879-80 Lesquereux reconnaît le bien fondé de la rectification, figure de nouveau cet échantillon et deux autres fragments de fronde. Mais seuls les agrandissements 1a, 1b, 3a sont à retenir pour se faire une bonne idée de la différenciation limbaire. Lesquereux propose en outre une diagnose très brève.

En 1886-88, Zeiller figure (pl. XII, fig. 3, 3A) le premier échantillon européen rapporté à l'espèce qui sera repris dans le travail de Danzé (1956, pl. LXX, fig. 5, 5a). J'ai pu étudier ce spécimen qui est conservé dans la typosèque de l'Université Claude Bernard de Lyon. L'agrandissement 3A qu'en a proposé Zeiller lui est parfaitement fidèle ; il suffit donc de comparer les dessins respectifs de Zeiller et de Lesquereux pour vérifier que la détermination de Zeiller est exacte. Toutefois ce dernier décrit une pilosité abondante de la surface du limbe à laquelle Lesquereux ne fait aucune allusion.

Les figurations de White (1899, pl. XI, fig. 3 ; pl. XII, fig. 1, 2 ; pl. XIII, fig. 4, 5), de Kidston (1923, pl. XI, fig. 6, 6a-c) et de Bell (1944, pl. VIII, fig. 1, 3) me paraissent plus douteuses. Elles représentent toutes des fragments au limbe beaucoup plus opulent : pinnules de grande taille (plus du double de celles du spécimen de Zeiller), nettement triangulaires, à différenciation beaucoup plus lente.

C'est en 1954 qu'Abbott rapporte l'espèce de Schimper au genre *Oligocarpia*. Il est bien sûr plus difficile de se faire une opinion sur les figurations de cet auteur (fig. 25-26) puisqu'il s'agit uniquement de dessins. Cependant, lorsqu'on compare le croquis 25 représentant le limbe stérile avec les dessins originaux de Lesquereux on ne constate pas de différences majeures dans le mode de différenciation ; seul le degré de division des frag-

ments varie. De plus, le croquis 26 d'Abbott qui correspond à une extrémité fertile au même stade de différenciation que l'agrandissement 1a de Lesquereux montre le même rachis ailé, flexueux, la même taille et la même forme de pinnules.

Je ne partage donc pas l'avis de Danzé (1956, p. 434) qui juge inexactes les déterminations d'Abbott. Danzé considère en effet que "l'espèce *Sphenopteris mixta* comprend en réalité deux taxons différents qui ne peuvent pas rester en synonymie". Il admet que l'échantillon figuré par Zeiller est bien conforme aux dessins originaux de Lesquereux et propose d'attribuer à ce spécimen la valeur d'un type admettant que les dessins de Lesquereux "peuvent ne pas être rigoureusement fidèles". Il considère en outre que les échantillons publiés par White (1899), Kidston (1923) et Abbott (1954) constituent un ensemble homogène mais différent des originaux de Lesquereux. Si j'approuve le rejet de la liste synonymique d'*Olig. mixta* des citations de White, Bell et Kidston, je pense qu'il serait préférable d'attendre de nouvelles récoltes dans la localité-type pour désigner un néotype, si toutefois le besoin s'en fait sentir.

Danzé (1956, p. 436, pl. LXX, fig. 6, 6a) figure également sous le nom d'*Oligocarpia* cf. *mixta* un échantillon stérile très proche du matériel lorrain par ses rachis ultimes ailés et la petite taille de ses pinnules différenciées exactement selon le même processus. Les critères qui, aux yeux de Danzé, justifient l'utilisation d'un cf. : "lobes avec des sinus francs, dissymétrie nette de la pinnule, limbe glabre et nervation facilement observable" se retrouvent sur les figurations originales de Lesquereux et cet échantillon est tout à fait représentatif de l'espèce de Schimper.

Gothan enfin (1913, p. 35, pl. 8, fig. 4) rapproche de *Sphenopteris mixta* un échantillon dont le limbe présente une forte pilosité qui justifie à son sens l'utilisation d'un cf. Dans la mesure où on accepte dans la liste synonymique d'*Olig. mixta* l'échantillon de Zeiller qui présente le même caractère, il n'y a pas lieu d'exclure le spécimen de Gothan. Mais peut-être le spécimen de Zeiller aurait-il dû être déterminé *Sph. cf. mixta* ? Il paraît difficile de prendre une décision à ce propos sans avoir vu les échantillons américains originaux.

OLIGOCARPIA cf. *MIXTA* (Schimper)

Planches 66-68

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le plus grand spécimen lorrain représente un fragment de penne d'ordre n-2 dont le rachis principal n'excède pas 1,6 mm de largeur (pl. 68, fig. 1). Il porte des pennes d'ordre n-1 peu évoluées, longues de 22 mm ; ces dimensions sont très éloignées de celles du grand spécimen figuré par Lesquereux (1879-80, pl. LIV, fig. 1) qui est constitué d'un rachis d'ordre n-3 large de 12 mm sur lequel s'insèrent trois pennes d'ordre n-2 incomplètes très recouvrantes. Mais les différents éléments de nos échantillons sont dans les mêmes rapports de taille que ceux des deux autres spécimens américains (fig. 2, 3, même planche). La fronde était donc au moins quadripinnatifide.

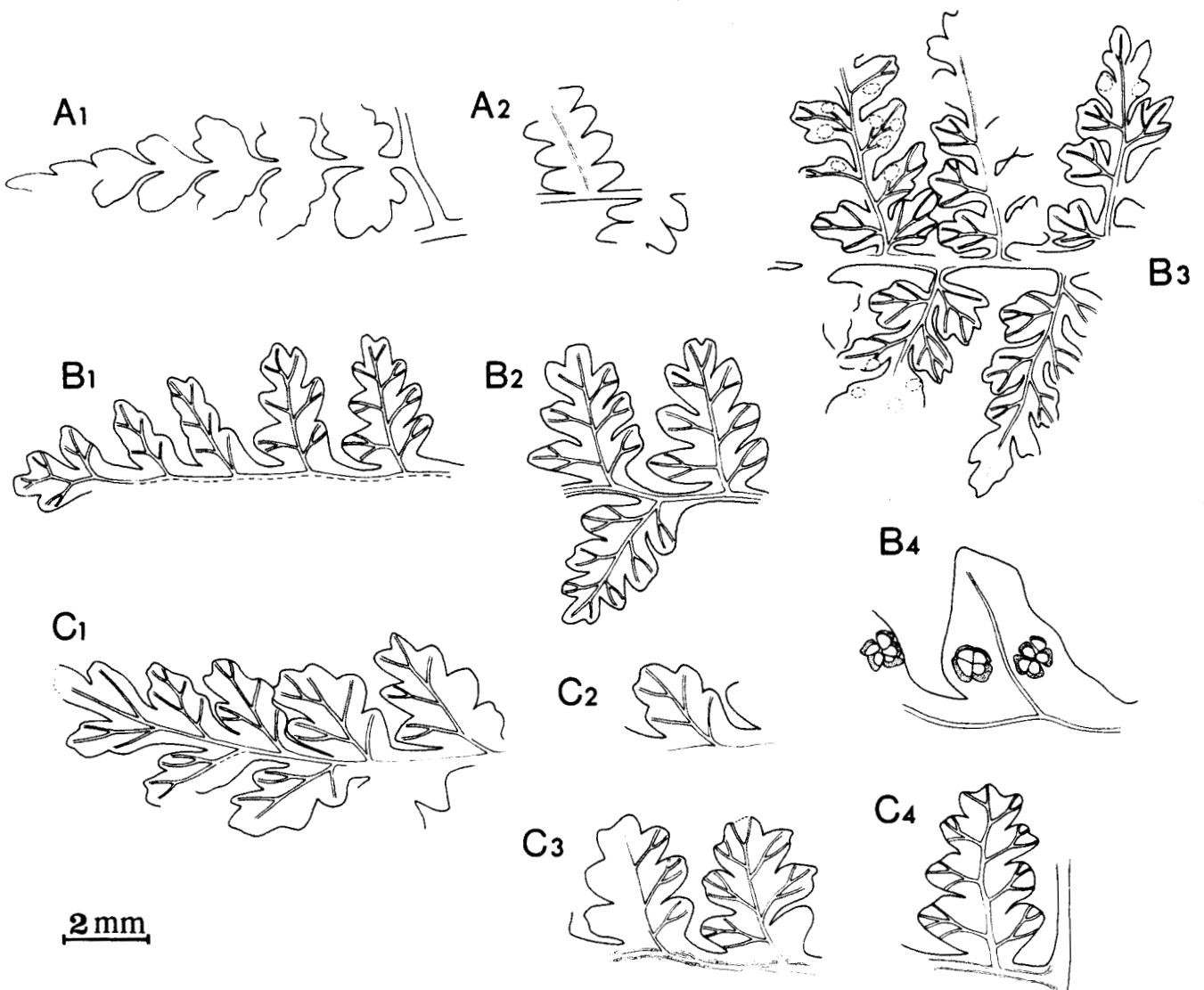
2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis n-2 et n-1 sont légèrement aplatis ; ils font entre eux des angles variant de 60 à 90°, sont couverts d'une fine striation longitudinale mais dépourvus de ponctuations. Les rachis de dernier ordre nettement ailés sont toujours flexueux.

b.- penne :

Très allongées, triangulaires, leur largeur se rétrécit assez rapidement vers leur sommet et elles sont non recouvrantes.



Texte-fig. 73 - Morphologie du limbe stérile et organisation des fructifications d'*Oligocarpia* cf. *mixta* (Schimper).

A1-A2 - Dessins réalisés d'après l'échantillon figuré par Zeiller, 1886, pl. XII, fig. 3 et par Danzé, 1956, pl. LXX, fig. 5, 5a sous le nom de *Sphenopteris mixta* (Schimper).

B1-B3 - Fragments stériles à des stades variés de différenciation.

B4 - Pinnule fertile portant deux sores de petite taille, nettement situés sur le limbe et composés de 4-5 sporanges, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 66.

C1-C4 - Pinnules stériles de plus en plus évoluées passant au rang de petite penne (C4), d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 68.



c.- pinnules :

Elles se caractérisent par leur petite taille et leur différenciation rapide. La pinnule peu évoluée (ou lobe) est insérée par toute sa base et son sommet apparaît légèrement tronqué (texte-fig. 73, B1). Très vite deux petites entailles se forment de part et d'autre du sommet amorçant l'individualisation de la première paire de lobes et l'insertion de la pinnule se rétrécit. La croissance en largeur prédominant légèrement dans un premier temps la pinnule s'inscrit dans un contour subcirculaire, les sommets des lobes latéraux n'étant que très peu en retrait par rapport à l'apex de la pinnule. La croissance en longueur s'effectue ensuite et la pinnule adopte une forme triangulaire à base large, les lobes basaux sont bien développés.

La pinnule évoluée qui mesure de 3 à 3,5 mm en longueur compte 3 paires de lobes bien individualisés, à sommet arrondi (texte-fig. 73, B2, C3). Elle apparaît souvent dissymétrique car les lobes anadromes sont un peu plus développés que leurs équivalents catadromes et plus redressés par rapport à la nervure médiane. Le passage au rang de penne de dernier ordre correspond à l'apparition de la 4ème paire de lobes. A ce stade, le lobe basal anadrome amorce sa division (texte-fig. 73, C4).

d.- nervation :

Elle est très fine mais bien visible. La nervure médiane non décurrente émet une ramification vers chaque lobe, laquelle se divise à son tour une fois sauf dans le lobe basal anadrome où on compte deux divisions de la nervure secondaire (texte-fig. 73, B2). Les divisions nervuraires précèdent donc les indentations des lobes mais sont peu nombreuses, contrairement à ce que j'ai observé chez la plupart des espèces du genre *Oligocarpia*.

3) Feuillage fertile :

Il est identique au feuillage stérile, les lobes apparaissant peut être un peu moins marqués. Quelques pennes partiellement fructifiées montrent nettement le développement acroscopique des sores et leur insertion vers l'extrémité des ramifications nervuraires, au milieu du limbe. Le transfert (pl. 67, fig. 1, lab) réalisé à partir de la contre-empreinte de l'échantillon figuré en 3, pl. 66 a permis de vérifier que les sores circulaires sont constitués de 3 à 6 sporanges annelés (le plus souvent de 3 ou 4, très rarement de 6). Les anneaux disposés vers l'extérieur du sore en délimitent le contour.

Les spores obtenues à partir des différents échantillons sont trilètes, de contour triangulaire à subcirculaire, ornées d'une granulation régulière plus ou moins intense selon les prélèvements. Elles s'apparentent au genre *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp ; leur diamètre varie de 21 à 26 μ (pl. 67, fig. 1f, g ; 2b, c).

Remarques et discussion :

Comment se situent les échantillons lorrains par rapport à notre mise au point d'*Oligocarpia mixta* (p. 254) ? Pour ce qui est du feuillage stérile, le matériel est parfaitement conforme aux dessins proposés par Lesquereux : mêmes rachis de dernier ordre ailés et flexueux, même mode de différenciation limbaire avec une légère dissymétrie des pinnules du fait du plus fort redressement des lobes anadromes par rapport à la nervure médiane, même nervation fine, nettement visible.

Quelques petites différences par contre sont à noter en ce qui concerne l'organisation des fructifications et les spores qu'elles produisent.

Abbott (1954, p. 55) décrit les sores d'*Oligocarpia mixta* comme étant composés de 4 à 6 sporanges situés sur le bord des pinnules et plus ou moins concentrés au sommet des lobes. Les échantillons lorrains portent effectivement des sores constitués de 3 à 6 sporanges mais nettement situés sur le limbe comme en témoignent les figures 2b, 3c, pl. 66. D'autre part, les prélèvements ont fourni des spores de type *Granulatisporites* dont la taille varie de 21 à 26 μ alors qu'Abbott a obtenu des spores finement ponctuées un peu plus grandes (31 μ de diamètre).

Ces différences ne me paraissent pas justifier la création d'un taxon nouveau pour le matériel lorrain. Les échantillons fertiles d'*Olig. mixta* sont apparemment peu fréquents et nos connaissances sur les fructifications de cette espèce se limitent en fait aux descriptions d'Abbott. L'observation d'un plus grand nombre d'échantillons révélera peut-être une plus large variabilité dans la disposition des sores. Il est aussi possible que les spores étudiées par Abbott proviennent d'échantillons non matures, ce qui expliquerait les différences constatées au niveau de l'ornementation. Enfin ce n'est pas un écart de quelques microns dans les mesures du diamètre des spores qui peut justifier une distinction spécifique. L'utilisation d'un cf. m'a paru être la meilleure solution pour témoigner des quelques différences observées d'autant que la répartition stratigraphique du matériel lorrain correspond parfaitement à celle retenue par Abbott pour *Oligocarpia mixta*.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Siège de *la Houve*, veine Henri, 1/3 supérieur du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433006).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Siège de *Petite-Rosselle*, puits St-Ingbert, veine 12 Sud, sommet du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433008).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Cocheren 6* à 1333,40 m, Westphalien D (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433004).
 - Sondage d'*Eply* à 908,00 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).
 - Sondage de *Marienu 3* à 803,85 m, conglomérat de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433002).
 - Siège de *Merlebach*, veine Henriette, sommet du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433007).
 - Sondage de *Morsbach* à 1354,36 m, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433001).
 - Puits de *Simon*, veine Wohlvert, limite Westphalien C-Westphalien D (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 433009-433011).

Oligocarpia cf. *mixta* est peu abondant dans le bassin sarro-lorrain mais sa répartition stratigraphique y est vaste : elle débute dans le Westphalien B supérieur et se termine dans le Westphalien D supérieur.

Abbott (1954) signale *Oligocarpia mixta* dans toute l'épaisseur des Allegheny Formations = Westphalien C et D. L'échantillon figuré par Gothan (1913) provient du Mulden-Gruppe = Westphalien A-C mais il est si petit qu'un doute demeure sur sa détermination. Les échantillons du Nord de la France, décrits par Zeiller et Danzé, ont été récoltés dans le Westphalien C. Par conséquent, la répartition des échantillons sarro-lorrains est assez voisine de celle d'*Olig. mixta* et constitue une justification supplémentaire de leur rapprochement avec cette espèce.

CONCLUSIONS SUR LE GENRE *OLIGOCARPIA* Goeppert

Le genre *Oligocarpia*, bien représenté en Sarre-Lorraine par quatre espèces, est particulièrement abondant dans le Westphalien C supérieur et le Westphalien D et les échantillons fructifiés sont relativement fréquents.

Ce genre de fructification est particulièrement intéressant puisqu'il réunit des espèces dont les feuillages appartiennent à des genres de forme différents : de type *Sphenopteris* pour *Olig. cf. mixta*, de type *Pecopteris* pour *Olig. gutbieri* et *Olig. cf. leptophylla*, de type mixte pour *Olig. brongniartii*. Alors que la taille et la forme des éléments limbaires varient très fortement d'une espèce à l'autre, dans des proportions allant parfois du simple au double, les caractères des fructifications sont d'une remarquable stabilité (tabl. 12).

L'homogénéité du genre se manifeste au niveau de l'organisation des fructifications (seul le nombre des sporanges constituant un sore varie) et au niveau des spores dont le type et la taille sont constants. Les quatre espèces présentes dans le bassin ont toutes fourni des spores de type *Granulatisporites* dont le diamètre est compris entre 20 et 44 μ pour *Olig. gutbieri*, 21 à 30 μ pour *Olig. brongniartii*, 26 à 34 μ pour *Olig. cf. leptophylla*,

21 à 26 μ pour *Olig. cf. mixta*. Et par conséquent, il est exclu d'envisager d'utiliser les caractères des spores pour établir des distinctions spécifiques, tout au moins dans cet ensemble.

Cette constance des caractères des organes reproducteurs face à la variabilité de la morphologie limbaire justifie la priorité qui est accordée aux fructifications dans l'établissement des classifications systématiques.

On pourrait considérer que la nervation constitue une autre constante du genre puisque toutes les espèces présentent une nervation sphénoptéridienne, même lorsque les pinnules ont un aspect typiquement pécoptéridien. Mais en fait, ce type de nervation est commun à tous les genres sphénoptéridiens.

GENRE GRAMBASTIA Brousmiche

Espèce-type : *Grambastia goldenbergii* (Andrae, 1865)

1978 *Grambastia* nov. gen. Brousmiche, p. 164

Diagnose :


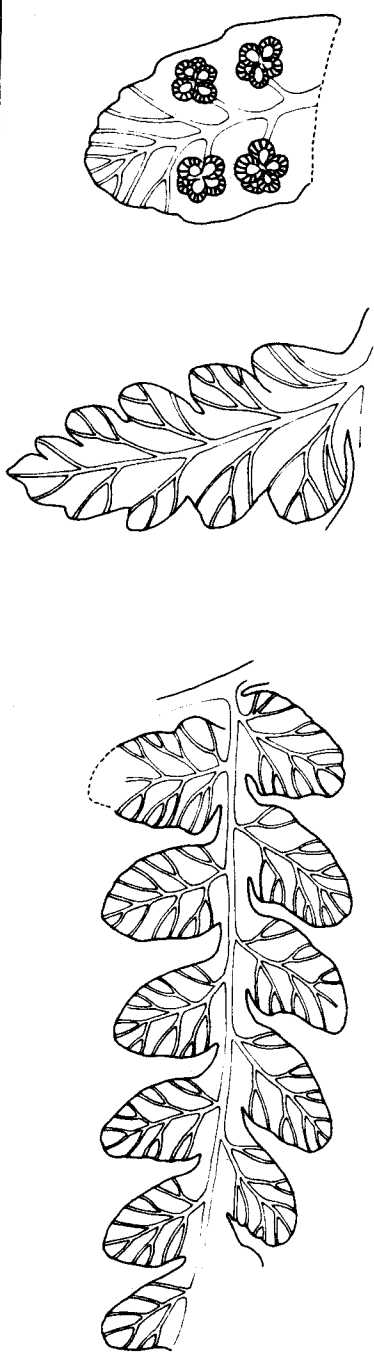
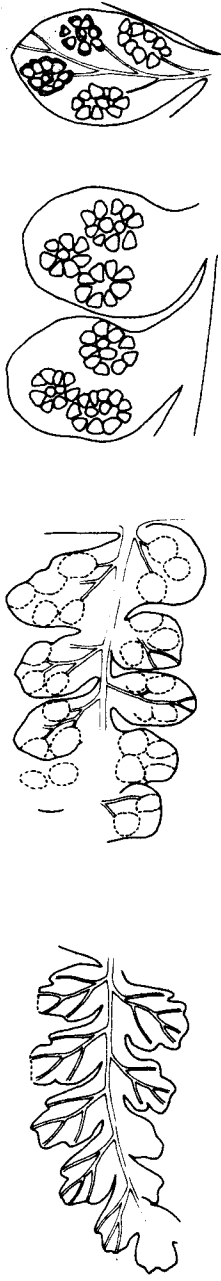
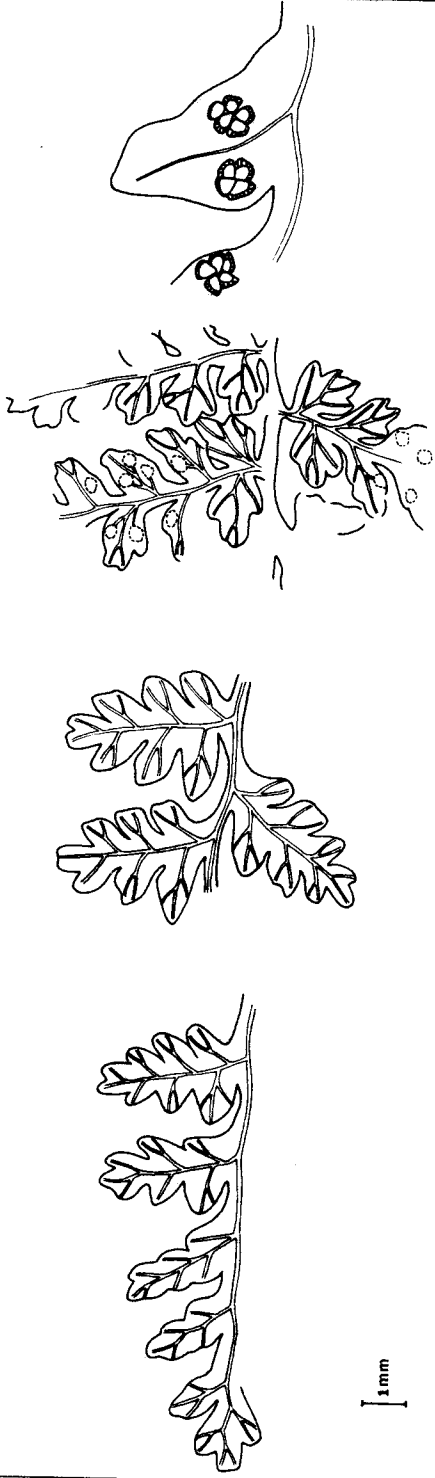
De la diagnose proposée en 1978, seule est retenue ici la partie concernant les fructifications.

Fructification de fougère leptosporangiée ; limbe fertile profondément modifié par l'apparition des fructifications ; sores abaxiaux, dépourvus d'indusie, situés à l'intérieur du limbe entre les ramifications nervuraires, composés de 15 à 25 sporanges en forme de massue, annelés ; anneau constitué d'une seule rangée de cellules à parois épaissies, couvrant plus de la moitié de la surface du sporange, interrompu par une large zone de déhiscence ; spores de type *Leiotriletes* (Naumova) ou *Punctatisporites* (Ibrahim), dont la taille varie de 28 à 42 μ .

Remarques et discussion :

L'attribution au genre *Discopteris* par Stur (1885, p. 156) de l'espèce *Sphenopteris goldenbergii* Andrae a très vite fait l'objet de discussion. Et si, en 1913, Gothan la maintient dans ce genre en la plaçant dans sa section des *Eudiscopteris*, il envisage quelques années plus tard (1954) l'éventualité que cette espèce ne soit pas un vrai *Discopteris*.

La découverte de l'existence d'un anneau bien différencié sur les sporanges d'un échantillon lorrain typique de *Sph. goldenbergii*, dont j'avais effectué un transfert, m'a permis (1978) de résoudre cette question. Grâce à la description détaillée de la morphologie limbaire et de l'organisation des fructifications, j'ai pu montrer que l'espèce d'Andrae se différencie nettement des espèces traditionnellement rapportées au genre *Discopteris* et que la disposition des sporanges n'a par ailleurs rien de comparable avec celle du genre *Oligocarpia* qui possède lui aussi des sporanges à anneau unisériel. Je ne reviendrai pas sur les différents arguments, déjà longuement développés (1978, p. 163), qui m'ont conduit à créer le genre *Grambastia* et prie le lecteur de bien vouloir se reporter au travail cité.

<p><i>Oligocarpia gutbieri</i></p> <p></p> <p><i>Granulatisporites</i> 20-44 μ</p>	
<p><i>Oligocarpia brongniartii</i></p> <p><i>Granulatisporites</i> 21-30 μ</p>	
<p><i>Oligocarpia cf. mixta</i></p> <p><i>Granulatisporites</i> 21-26 μ</p>	

Tabl. 12 - Etude comparative des principaux caractères morphologiques des espèces sarro-lorraines rapportées au genre *Oligocarpia* Goepfert.

GRAMBASTIA GOLDENBERGII (Andrae)

Planches 69-70

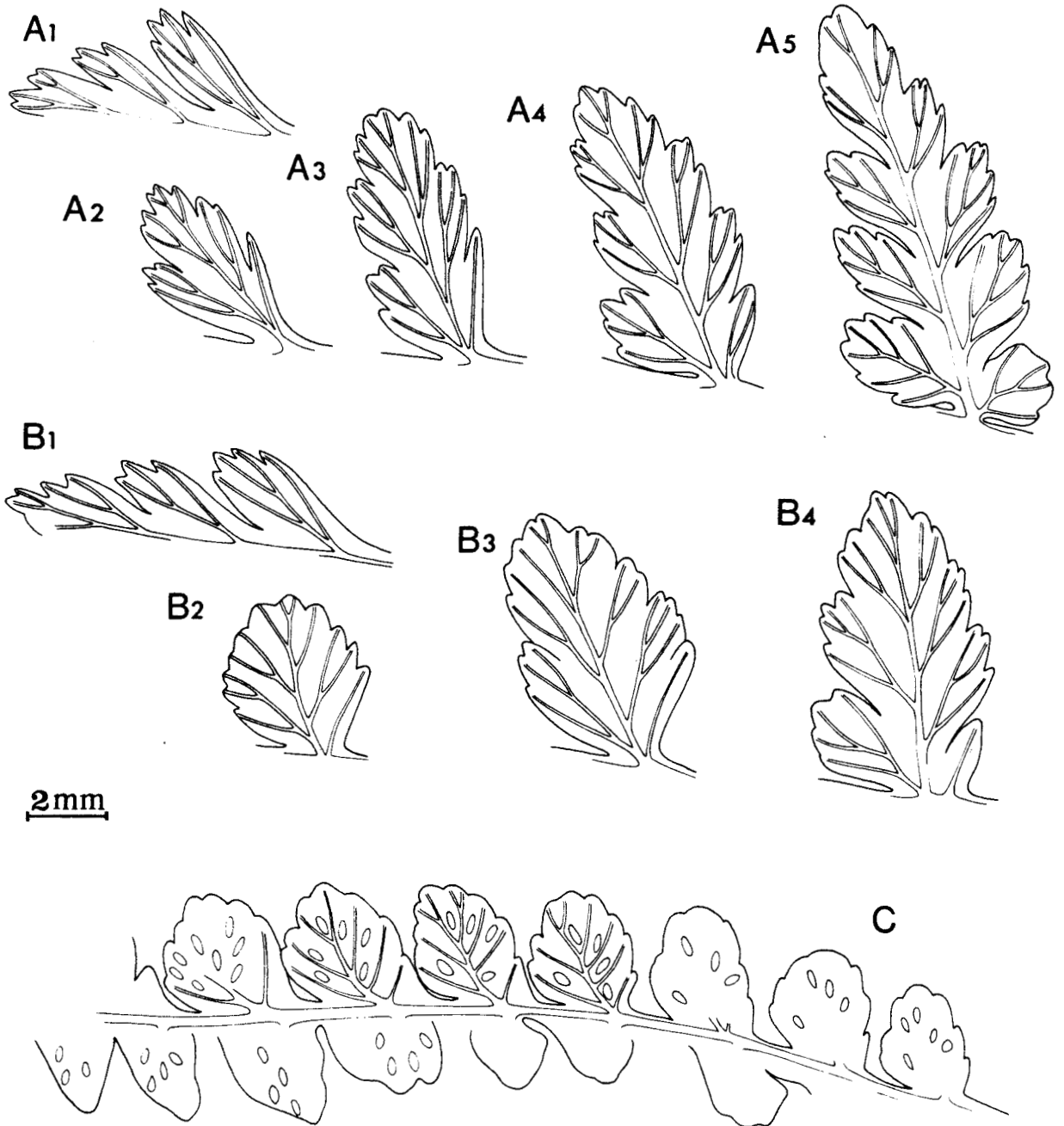
Néotype :

- . Echantillon figuré par Landeskroener (1906 *in* H. Potonié) sous le nom d'*Ovopteris cristata*, fig. 5A, repris ici en 2, 2ab, pl. 69
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, groupe de *Friedrichstahl*, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur
- . Collection : Museum für Naturkunde de Berlin

- 1865 *Sphenopteris Goldenbergii* Andrae, p. 43, pl. XIV
- v. 1885 *Discopteris Goldenbergii*, Stur, p. 153, pl. LIII, fig. 6
- v. 1906 *Ovopteris cristata forma Goldenbergii*, Landeskroener *in* Potonié, Lief. IV, n° 62, p. 6, fig. 4
- 1913 *Discopteris Goldenbergii*, Gothan, p. 127
- 1919 *Discopteris goldenbergii*, Potonié et Gothan, p. 91
- 1923 *Sph. (Discopteris) Goldenbergii*, Gothan *in* Gürich, p. 45, pl. 11, fig. 2, 2a
- 1927 *Discopteris Goldenbergii*, Hirmer, p. 617
- 1954 *Sphenopteris ("Discopteris") goldenbergii*, Gothan, p. 237
- 1957 *Discopteris goldenbergii*, Guthörl, p. 4, 54, fig. h.-t. C, fig. 1a
- ? 1967 *Sphenopteris goldenbergii*, Alvarez-Ramis, p. 22, fig. 23, pl. VIII, fig. 3, 4, 4a, 5
- 1971 *Discopteris goldenbergii*, Germer, p. 10, pl. I, fig. 3 ; texte-fig. 4, 5
- 1977 *Discopteris goldenbergii*, W. Remy et R. Remy, p. 230, fig. 113b, c
- 1978 *Grambastia goldenbergii*, Brousmiche, p. 158, pl. 1-4 ; texte-fig. 1, 2
- v. 1978 *Sphenopteris (Discopteris) goldenbergii*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 7, pl. 3, fig. 4 ; texte-fig. 11
- v. 1978 *Sphenopteris cf. integra*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 10, pl. 4, fig. 1, 2
- v. 1978 *Sphenopteris sp. aff. herbacea*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 20, pl. 9, fig. 5 ; texte-fig. 32

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : très polymorphe ; rachis ronds, relativement larges, couverts d'une fine striation longitudinale et de nombreuses ponctuations ; extrémités des rachis de dernier ordre ailées du fait de la décurrence du bord catadrome des pinnules peu évoluées ; pas d'éléments ahléboïdes ; pennes non recouvrantes, rubanées sur les 3/4 de leur longueur et s'effilant progressivement vers leur sommet ; pinnules peu évoluées, très obliques sur le rachis, généralement trilobées ; différenciation alterne des lobes allongés et pointus, subégaux et fasciculés jusqu'à l'apparition du troisième lobe catadrome ; incision des lobes contemporaine de l'apparition de la troisième paire de lobes ; pinnules à ce stade rendues dissymétriques par le développement inégal des lobes basaux : lobe anadrome élargi et largement tridenté, lobe catadrome indivis spiniforme ; pinnules évoluées, très polymorphes selon que la croissance apicale prédomine ou non : forme allongée ovale ou au contraire beaucoup plus arrondie, presque semi-circulaire mais lobe basal catadrome toujours spiniforme ; nervation bien visible, nervure principale non décurrente se divisant autant de fois qu'il est nécessaire pour irriguer chaque indentation du limbe.
- Feuillage fertile : très modifié par le développement acroscopique des fructifications ; limbe généralement recroquevillé ; taille des pinnules réduite jusqu'au 1/3 de celle des pinnules stériles ; pinnules élargies parallèlement au rachis d'ordre n ; début de fructification marqué par des sores oblongs (6 à 7 ? par pinnule) disposés sur le limbe entre les ramifications nervuraires ; à maturité : sporanges tellement nombreux et superposés qu'il est im-



Texte-fig. 74 - Polymorphisme du limbe stérile et organisation des fructifications de *Grambastia goldenbergii* (Andrae), reprise d'un travail antérieur, 1978, fig. 1, 2.
A1-A5 - Type de feuillage dont la croissance longitudinale est prédominante.
B1-B4 - Type de feuillage dont les croissances longitudinale et latérale sont à peu près équivalentes.
C - Fragment de penne fertile montrant l'implantation des sores dans l'angle de bifurcation des nervures secondaires, d'après l'échantillon figuré par Stur, 1885, pl. LIII, fig. 6, repris ici en l, pl. 70.



possible d'en apprécier la disposition ; sporanges en forme de massue, munis d'un anneau constitué d'une seule rangée de grandes cellules à parois épaissies ; spores trilètes ovales ou largement arrondies, lisses ou finement ponctuées de type *Leiotriletes* (Naumova) ou *Punctatisporites* (Ibrahim), diamètre variant de 28 à 42 µ.

Description :

Les échantillons sarro-lorrains récoltés depuis 1978 n'apportent aucun élément nouveau à la description détaillée donnée par ailleurs (1978, p. 158) et confirment l'important polymorphisme déjà constaté. Je reproduis ici texte-fig. 74, les dessins qui à mon avis illustrent parfaitement les principaux caractères retenus dans la diagnose.

Remarques et discussion :

L'étude des principales collections européennes m'a permis de vérifier que le matériel fertile sarro-lorrain est bien conforme au premier échantillon fructifié figuré par Stur (1885, pl. LIII, fig. 6) et de m'assurer que la forme *goldenbergii* de l'*Ovopteris cristata* de Landeskroener correspond bien au *Sphenopteris goldenbergii* d'Andrae. Il suffit de comparer les figures 1, 1a-c, 2, 2a, pl. 69 représentant plusieurs fragments de l'échantillon de Landeskroener avec les dessins de la texte-fig. 74 pour constater qu'ils correspondent parfaitement aux stades de différenciation caractéristiques de *Sph. goldenbergii*.

L'observation du matériel conservé à Sarrebruck et plus particulièrement des échantillons figurés par Alvarez Ramis et al. (1978) me conduit en outre à proposer la mise en synonymie avec *Grambastia goldenbergii* des spécimens déterminés par ces auteurs *Sph. sp. aff. herbacea* Boulay et *Sph. cf. integra* Andrae. Les figures 5, 5a, 7, 7a, pl. 69 les reproduisent en partie : leur comparaison avec les figures 4, 4a, 6, 6a, même planche permettra de vérifier qu'ils entrent parfaitement dans l'échelle des variations morphologiques de l'espèce d'Andrae. Ils correspondent à différents degrés de division du limbe et sont conformes aux deux morphotypes illustrés par la texte-fig. 74.

Une seule espèce présente quelques analogies à l'état stérile avec le feuillage de certaines formes de *Grambastia goldenbergii* (en particulier au niveau des penne de dernier ordre peu évoluées ou des extrémités de penne). Il s'agit du *Pecopteris cristata* Brongniart que je considère p. 148 comme un synonyme de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart). La distinction est toutefois aisée car les pinnules de *R. chaerophylloides* ne montrent jamais une dissymétrie aussi accusée que celle de *Sph. goldenbergii*, les lobes basaux catadromes ne sont pas spiniformes ; leur nervation est aussi beaucoup plus fine, plus sinueuse et moins dense.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

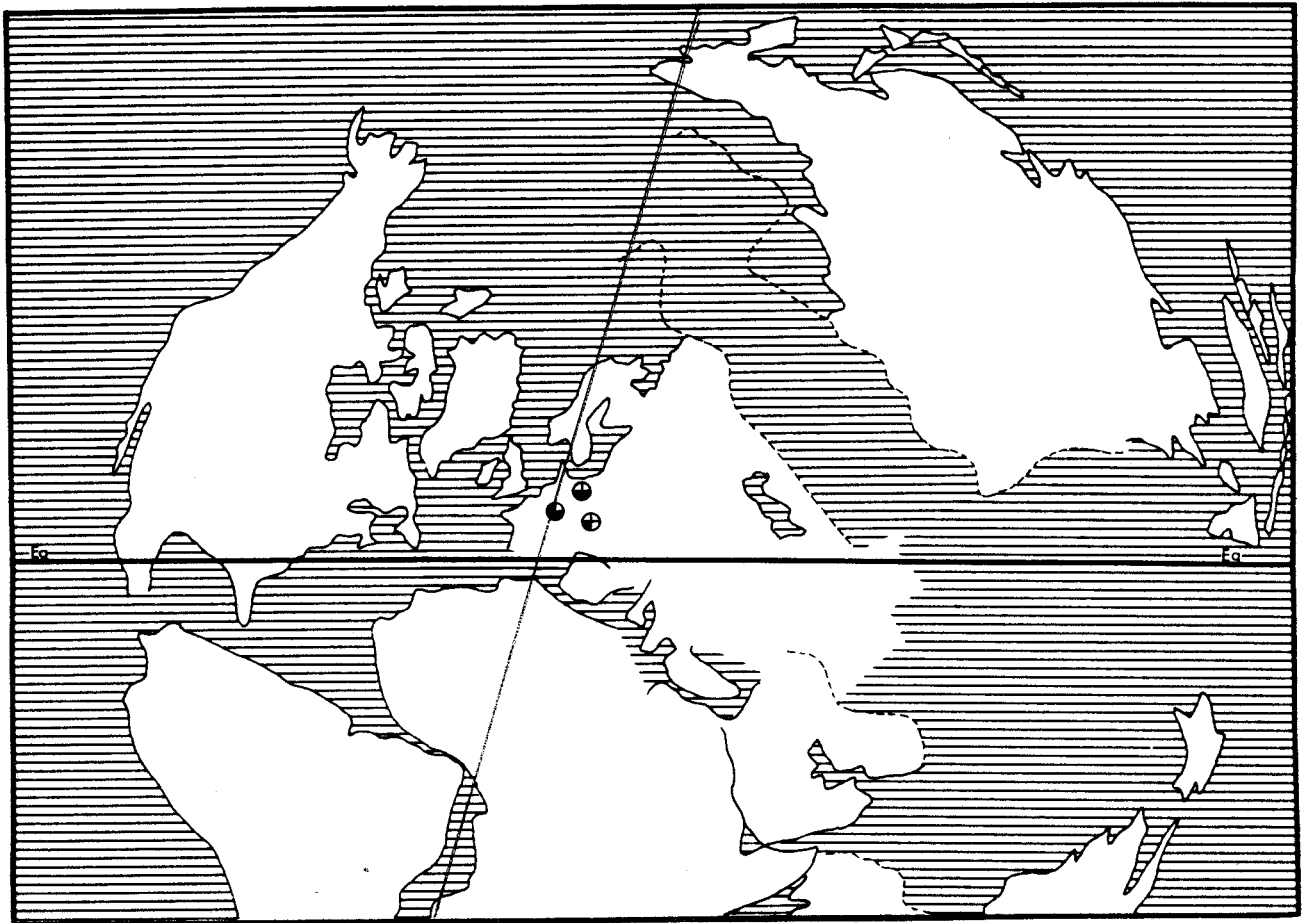
- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de Barrois à 386,05 m, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432075).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de Hombourg 2/5 à 853,16 m, à 4 m au-dessus de T600, 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432120).
- Autres gisements :
 - Sondage de Barrois à 386,10 ; 390,00 ; 390,05 ; 442,65 ; 478,60 ; 481,10 ; 482,60 ; 531,05 m, base du faisceau de Laudrefang et sommet du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien D inférieur-Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432076-432083).
 - Groupe de Brefeld, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° B/1849, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 9, fig. 5).
 - Sondage des Bruyères à 830,15 et 835,15 m, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432112-432113).
 - Sondage de Carling à 1257,00 m, à 50 m au-dessus de T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432106).

- Sondage du *Champ de tir* à 870,00 et 1093,00 m, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432097-432098).
- Sondage des *Chasseurs* à 857,90 et 858,00 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432107-432108).
- Sondage de *Cocheren 4* à 1085,60 m, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432089).
- Sondage de *Cocheren 8* à 1050,24 ; 1050,25 ; 1050,40 ; 1279,05 ; 1387,90 m, pour information T100 à 1160 m, base du faisceau de Laudrefang-sommet du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien D inférieur-Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432084-432088).
- Sondage de la *Chête* à 857,40 ; 857,41 ; 857,60 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432102-432104).
- Groupes de *Dechen* et de *Dudweiler*, sans autre précision (Coll. Museum für Naturkunde de Berlin ; Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage d'*Emmersweiler* à 613,00 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432114).
- Sondage d'*Eply* à 875,00 et 1205,00 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen et 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien C inférieur (Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).
- Sondage de *Fochloch* à 859,74 m, à 45 m au-dessus de T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432110).
- Sondage de *Gargan 1* à 952,59 m, à 2 m sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432096).
- Groupe d'*Hélène*, veine 13, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/681, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 4, fig. 1).
- Bowette d'*Hirschbach* à 1143,50 m de la veine 21, lambeau de l'assise de Sulzbach (Pruvost, 1934, p. 126), Westphalien C inférieur ou moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432140-432142).
- Sondage de *Hombourg 2/5* à 585,40 ; 821,08 ; 821,10 ; 853,15 m, pour information T400 à 534,70 m ; T500 à 644,90 m ; T600 à 857,60 m, base du faisceau de Neunkirchen-sommet du faisceau de Rothell, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432116-432119).
- Sondage de *Hombourg 2/6* à 722,20 m, à 153 m au-dessus de T300, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432115).
- Groupe de *Jägersfreude*, veine D, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Groupe de *König*, mines du roi, sans autre précision (Coll. Museum für Naturkunde de Berlin).
- Sondage de *Marienu 1* à 1246,55 m, pour information T200 à 1278 m, 1/3 supérieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432109).
- Groupe de *Maybach*, veine 4, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/1916, éch. figuré par Alvarez-Ramis et al. 1978, pl. 3, fig. 4).
- Siège de *Merlebach*, puits V, veine I à 404,00 m ; veine V à 473,00 m, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432126-432137).
- Groupe d'*Ottenhausen*, sans autre précision, une des deux localités-types citées par Andrae (1865, p. 44) (Coll. Museum für Naturkunde de Berlin).
- Siège de *Petite-Rosselle*, sans autre précision (Coll. Haas n° 571, 572, 621, 622, 623 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432143-432148).
- Siège de *Ste-Fontaine*, veine C, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432125).
- Sondage de *Ste-Fontaine 1* à 309,55 ; 309,56 ; 487,65 ; 604,80 ; 604,81 ; 1005,98 m, du sommet du stérile de Geisheck à 12 m au-dessus de T300 = 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432001-432006).
- Sondage de *Ste-Fontaine 2* à 526,05 ; 526,07 ; 693,00 ; 693,04 ; 693,05 ; 720,01 ; 725,16 ; 731,80 ; 814,90 ; 965,66 ; 965,67 ; 1043,08 ; 1043,16 ; 1079,76 m, pour information T200 à 452,22 m, T300 à 1115,95 m, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle à 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432007-432020).
- Sondage de *Ste-Fontaine 3* à 824,24 ; 869,75 ; 870,46 ; 870,47 ; 870,64 ; 870,66 ; 870,86 ; 870,88 ; 964,64 ; 982,62 ; 982,63 ; 982,64 ; 995,66 ; 995,67 ; 995,68 ; 998,24 ; 998,25 ; 1007,59 ; 1007,60 m, pour information T300 à 1039,87 m, base du stérile de Geisheck et 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432021-432039).
- Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 529,90 ; 537,65 ; 537,68 ; 676,38 ; 734,49 ; 734,50 ; 1001,78 ; 1055,16 ; 1071,81 ; 1071,82 ; 1071,84 ; 1071,85 ; 1071,86 ; 1071,87 ; 1071,96 ; 1083,84 ; 1083,85 ; 1108,91 ; 1108,92 ; 1108,98 ; 1109,04 ; 1109,06 ; 1130,59 ; 1130,60 m, pour infor-

- mation T300 à 1116,88 m, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck à 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432040-432063).
- Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 700,50 ; 700,52 ; 940,90 ; 990,60 ; 990,65 ; 990,66 ; 990,70 ; 990,72 ; 990,75 ; 990,76 ; 990,80 m, pour information T300 à 779,67 m, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck à 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432064-432074).
 - Sondage de *Simon 1* à 126,00 et 126,10 m, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432093-432094).
 - Sondage de *Simon 47* à 97,98 m, pour information T200 à 51,15 m, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432095).
 - Sondage de *Stocken* à 1061,00 ; 1221,60 ; 1221,70 m, 1/3 inférieur du conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432099-432101).
 - Sondage de *Tritteling* à 1235,60 m, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432111).
 - Sondage de *Valmont 4* à 1492,05 et 1503,30 m, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432090-432091).

La récolte de nouveaux échantillons montre que la répartition dans le bassin sarro-lorrain de *Grambastia goldenbergii* est encore plus importante que je le pensais en 1978 puisqu'elle débute un peu au-dessus du T600 (= Westphalien C inférieur) et se termine dans le 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang (= Westphalien D inférieur). L'espèce semble particulièrement abondante dans le Westphalien C moyen et supérieur.

Répartition générale :



Texte-fig. 75 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Grambastia goldenbergii* (Andrae).

LEPTOSPORANGIOPSIDA INCERTAE SEDIS

GENRE HYMENOPHYLLITES Zeiller nom. cons.

Espèce-type : *Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier, 1835)

- 1836 *Hymenophyllites* Goeppert, p. 251
- 1872 *Hymenophyllites*, Feistmantel, p. 78
- 1883 *Hymenophyllites*, Zeiller, p. 195
- 1888 *Hymenophyllites*, Zeiller, p. 56
- 1889 *Hymenophyllites*, Kidston, p. 13
- 1923 *Hymenophyllites*, Kidston, p. 279
- 1956 *Hymenophyllites*, Danzé, p. 45, 352
- 1960b *Hymenophyllites*, Danzé, p. 97

Danzé a dressé en 1956 (p. 45, 352) un historique très complet du genre *Hymenophyllites*. Il n'a cependant pas souligné les problèmes nomenclaturaux que pose la conservation de ce nom générique, étant donné que la compréhension actuelle du genre *Hymenophyllites* n'a plus rien à voir avec la description originelle de Goeppert.

Lors de sa création, le genre *Hymenophyllites* représente un genre paléobotanique complet. La diagnose de Goeppert associe les caractères du limbe stérile et des fructifications : "fronde délicate, membraneuse, bi- ou tripinnée. Pinnules pinnatifides ou plusieurs fois découpées, adhérentes au rachis par une base élargie. Nervures simples dans chaque lobe, rarement dichotomes. Sores subarrondis, situés à l'extrémité des lobes" (traduction de l'allemand). Le nom retenu souligne les ressemblances de ce nouveau genre avec les Hymenophyllacées actuelles. Goeppert ne désigne pas d'espèce-type mais décrit sous ce nom générique un certain nombre d'espèces : *quercifolia*, *humboldtii*, *crenulatus*, *grandinii*, *phillipsii*, *obtusilobus*, *gersdorffii*, *brongniartii*, *williamsonis*, *furcatus*, *dissectus*, *zobellii*. Mais aucune allusion aux fructifications n'est faite dans les descriptions de ces différentes formes.

Weiss en 1869 considère le genre *Hymenophyllites* comme synonyme de son nouveau sous-genre *Hymenopteris* (p. 51) dans lequel il rassemble des formes uniquement stériles. Il crée simultanément le genre de fructification *Hymenophyllea* (p. 57) pour des plantes dont la nervation et le feuillage évoquaient ceux des espèces appartenant aux sous-genres *Hymenopteris* et *Trichomanes* Goeppert.

En 1872, le terme *Hymenophyllites* réapparaît dans le travail de Feistmantel. Mais dans l'esprit de cet auteur, le terme *Hymenophyllites* décrit le limbe stérile, *Hymenophyllea*, les fructifications. Feistmantel retient finalement le nom d'*Hymenophyllites* mais on remarquera cette fois encore que les fructifications des trois espèces décrites ne sont ni évoquées, ni figurées.

En 1883, Zeiller donne une description très précise du genre *Hymenophyllites* établie à partir d'un échantillon fertile figuré pl. 10, fig. 22-23 sous le nom d'*Hymenophyllites delicatulus* Sternberg, échantillon qui se révélera par la suite (Kidston, 1884, p. 593) représentatif de l'espèce *Sph. quadridactylites* Gutbier. A partir de cette date, la conception du genre change totalement : *Hymenophyllites* est devenu un genre de fructification dont la description est établie à partir d'une espèce non mentionnée par son auteur Goeppert. Plus tard, Kidston (1923, p. 279) et Danzé (1956, p. 352) reprennent le genre *Hymenophyllites*, complètent sa description, tout en lui conservant cette nouvelle signification. Et tous les auteurs ayant travaillé depuis Zeiller sur l'espèce *Sph. quadridactylites* Gutbier en ont admis l'attribution générique.

Nous sommes donc confrontés à un problème nomenclatural difficile. La conception

du genre *Hymenophyllites* a totalement changé depuis sa création. Plusieurs espèces originellement décrites sous ce nom sont actuellement affectées à d'autres genres et en particulier la première d'entre elles : *Hym. quercifolius* (p. 252) que Danzé considère comme l'espèce-type et qui est rapportée au genre *Alloiopteris*. Mais comme un consensus semble s'être établi et que tous les auteurs acceptent le nom d'*Hymenophyllites* pour décrire les fructifications de *Sph. quadridactylites*, il me paraît raisonnable de le conserver en demandant aux Instances compétentes un *nominum conservandum*. L'autre solution aurait été de créer un nouveau genre mais la qualité du matériel sarro-lorrain me paraît insuffisante pour adopter cette attitude. L'espèce de Gutbier sera décrite sous le nom générique *Hymenophyllites* Zeiller *nom. cons.* ce qui évitera de compliquer une systématique déjà bien lourde.

La description de Zeiller (1883, p. 196) est très précise. Mais n'ayant pu observer le détail des sores, l'auteur a proposé deux hypothèses pour expliquer la disposition des sporanges à l'extérieur du limbe : 1- l'existence "d'une sorte de cupule" formée par le limbe et destinée à recevoir le sore ; 2- le prolongement de la nervure médiane au-delà du lobe en une columelle portant les sporanges. Zeiller (1883, 1888) considère cette seconde éventualité comme étant la plus probable.

Danzé ayant eu la possibilité de réviser le matériel des collections de Zeiller y compris un très bel échantillon fertile non figuré (que je n'ai pas retrouvé) donne une description précise du genre (p. 353) et une diagnose très complète qui est reprise ici.

Diagnose :

(d'après Danzé, 1956, p. 352) :

"Pinnule fertile au limbe réduit ;
Fructification de fougère leptosporangiée ; sores situés à l'extérieur du limbe, à l'apex des lobes et constitués par un prolongement de la nervure du lobe, portant deux files de sporanges annelés fixés à cet axe nervuraire par une extrémité légèrement effilée ; à l'état immature prolongement de la nervure enroulé en spirale et fructification constituée d'une masse globuleuse confuse située à l'extrémité du lobe ; à maturité, filament axial déroulé et sporanges détachés ; pinnules fertiles ne montrant plus que les prolongements des nervures à l'extérieur du limbe ; sporanges de petite taille (0,5 à 0,7 mm de diamètre), globuleux avec un anneau complet, très en relief, formé par deux files de cellules allongées et aux parois épaisses, légèrement incliné sur l'équateur et ne passant pas par le sommet du sporange ; partie inférieure du sporange faiblement effilée pour former le point d'attache ou prolongement de la nervure ; cellules de la paroi sporangiale polygonales, pas ou très peu allongées".

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

Le genre *Hymenophyllites* dans sa conception actuelle est considéré comme monospécifique. Pendant de longues années, on lui a attribué une autre espèce de Gutbier : *Sphenopteris bronni* (1835, p. 37) dont on ne connaît qu'un exemplaire partiellement fertile. Une révision par Daber de ce matériel (1955, p. 10) laisse sous-entendre que les fructifications s'apparentent plutôt au genre *Zeilleria* Kidston. Les échantillons sarro-lorrains rapportés à cette espèce, exclusivement stériles, n'ont pas permis d'en déterminer l'appartenance générique et seront donc décrits (p. 305) sous la dénomination proposée par Daber : *Sph. (Zeilleria ?) bronni* Gutbier.

Toutes les espèces attribuées au genre *Hymenophyllites* par les auteurs précédents n'entrent pas dans le cadre que je me suis fixé ici puisqu'elles ne sont conservées qu'à l'état stérile. Mais il n'est pas impossible que certaines d'entre elles se révèlent par la suite porteuses d'organes reproducteurs de type *Hymenophyllites*. Les fructifications des espèces sphénoptéridiennes sont malheureusement loin d'être toutes connues.

HYMENOPHYLLITES QUADRIDACTYLITES (Gutbier)

Planches 71-72

Néotype :

- . Echantillon figuré par Zeiller, 1886, pl. VIII, fig. 2, 2A, repris ici en 1, 1a-c, pl. 72
- . Origine : Bassin du Nord-Pas-de-Calais, mines de Bully Grenay, fosse 5, veine Ste-Barbe, faisceau de Du Souich, Westphalien D inférieur
- . Collection : Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon.

- 1835 *Sphenopteris quadridactylites* Gutbier, p. 36, pl. XI, fig. 5, 5ab
- 1838 *Sphenopteris tetradactyla* Presl in Sternberg, p. 128
- 1855 *Sphenopteris tridactylites* Geinitz, p. 15, pl. XXIII, fig. 13, 13A, 14, 14A
- 1883 *Hymenophyllites delicatulus*, Zeiller, p. 196, 208, pl. 10, fig. 22-32
- 1884 *Hymenophyllites delicatulus*, Kidston, p. 593
- v. 1886-88 *Sphenopteris (Hymenophyllites) quadridactylites*, Zeiller, p. 100, pl. VIII, fig. 1, 1A, 2, 2A, 3, 3A-C
- ? 1910 *Sphenopteris quadridactylites*, Renier et al., pl. 66
- 1923 *Hymenophyllites quadridactylites*, Kidston, p. 282, texte-fig. 17
- v. 1932 *Sphenopteris quadridactylites*, P. Corsin, p. 34, pl. XXXIII, fig. 3, 3a-d
- ? 1938 *Hymenophyllites quadridactylites*, Bell, p. 41, pl. XXVI, fig. 6 ; pl. XXVII, fig. 2
- v. 1956 *Hymenophyllites quadridactylites*, Danzé, p. 355, pl. LVIII, LIX

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile profondément divisé mais relativement fourni ; rachis légèrement décurrents, faisant entre eux des angles de 70° environ, couverts d'une fine striation longitudinale et de deux sillons bien marqués ; rachis n, n-1, n-2 ronds, rachis n-3 larges, tendant à s'aplatir, portant des bases d'appendices épineux assez fortes ;
pennes lancéolées, contiguës mais non recouvrantes ; pennes basales catadromes plus ou moins profondément transformées en ahlébiés ;
pinnules à croissance apicale et latérale équivalentes ; pinnules peu individualisées (ou lobes) courtes, inclinées sur le rachis, à sommet mousse et base rétrécie ; individualisation alterne des lobes à dominance catadrome ; pinnules quadrilobées s'inscrivant dans un contour subcirculaire, l'apex dépassant à peine les sommets mousses des lobes latéraux ; lobes courts et larges ; maximum de différenciation correspondant à l'apparition de la 4ème paire de lobes, taille atteinte : 3-3,5 mm ; élément basal catadrome moins divisé et moins opulent que son équivalent anadrome ;
nervation fine, constituée d'une nervure principale, légèrement décurrente, droite ou sinueuse envoyant dans chaque lobe une ramification elle-même divisée de façon à irriguer les différentes indentations.
- Feuillage fertile se réduisant profondément lors de l'apparition des fructifications de type *Hymenophyllites* Zeiller.

D'après Danzé (1956, p. 356) : "un prolongement nervuraire à l'extérieur du limbe portant deux files de sporanges ; à l'état jeune, ce prolongement est enroulé en spirale sur lui-même, les sporanges étant à l'intérieur de la spirale ; à maturité, il se déroule, les sporanges se détachant alors facilement ; sporanges globuleux, avec une extrémité légèrement effilée par laquelle ils sont fixés sur le prolongement de la nervure ; anneau complet, oblique, formé de deux rangées de cellules allongées et aux parois épaisses ; cellules de la paroi du sporange polygonales, rarement allongées" ;
spores inconnues.

Description :

Les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille ne renferment que des échantillons stériles se rapportant à l'espèce *H. quadridactylites*. Mais j'ai découvert dans les collections du Saarbergwerke de Sarrebruck un échantillon fertile dont l'organisation des fructifications correspond parfaitement au genre *Hymenophyllites*. Il s'agit malheureusement d'un spécimen très immature dont les sporanges apparaissent en groupes serrés et les prélèvements pour les spores *in situ* n'ont donné aucun résultat.

1) Organisation de la fronde :

Le plus grand spécimen décrit jusqu'ici (longueur = 130 mm ; largeur = 135 mm) est celui que Zeiller a figuré en 1886 (pl. VIII, fig. 1). Il représente un fragment de penna n-3 dont le rachis mesure 3 mm de largeur. L'échantillon sarro-lorrain le plus différencié présente un degré de division identique et des rachis de mêmes dimensions (pl. 72, fig. 2). La fronde d'*Hymenophyllites quadridactylites* est donc au moins quadripinnatifide. Les descriptions précédentes de l'espèce ne font aucune mention d'aphlébies ou de transformation du limbe au niveau des différentes insertions. Danzé (1956, p. 354) signale seulement dans la description générique la présence possible d'aphlébies dans les angles formés par les rachis n-2, n-3. L'un de nos spécimens malheureusement de très petite taille apporte quelques informations nouvelles (pl. 71, fig. 1). Il montre l'insertion sur un rachis n-2 large de 3,5 mm d'une penna n-1 dont les deux pennes basales sont modifiées. L'une au limbe très réduit est transformée en une aphlébie dichotome malheureusement incomplètement conservée. L'autre présente des pinnules de taille supérieure à la normale, peu différenciées, dont les lobes adoptent une disposition assez particulière. Compte tenu de la faible décurrence du rachis n-1, on peut admettre que ces deux pennes occupent respectivement les positions catadrome et anadrome, l'insertion de l'aphlébie catadrome se situant par ailleurs nettement plus bas sur le rachis.

Un autre de nos échantillons (pl. 71, fig. 2, 2a ; texte-fig. 76, B3) montre une légère transformation à la base d'une penna n-1 : la pinnule basale catadrome de la penna de dernier ordre la plus basse présente une taille anormalement grande et une forme aphléboïde. J'ai retrouvé des modifications semblables mais plus marquées sur un spécimen du Nord de la France non figuré par Danzé : toute la penna catadrome de dernier ordre y est transformée en une aphlébie dichotome au limbe lacinié. Je n'ai pas observé de modifications anadromes sur ces deux échantillons.

Danzé considère comme un "excellent repère de l'espèce" le fait que "les pennes d'ordre n-2 soient subopposées sur le rachis n-3". Ce critère n'est pas du tout spécifique et il suffit, pour s'en convaincre, d'observer une fronde de fougère actuelle pour constater que son allure est à peu près symétrique : les pennes les plus basses sont le plus souvent subopposées et ce n'est qu'en remontant vers le sommet de la fronde qu'un décalage progressif apparaît entre les insertions des pennes de même rang. Tout au plus l'observation de pennes subopposées permet-elle de situer approximativement l'échantillon par rapport à l'ensemble de la fronde et d'en estimer la taille.

2) Feuillage stérile :

Bien que profondément découpé, il apparaît toujours relativement fourni.

a.- rachis :

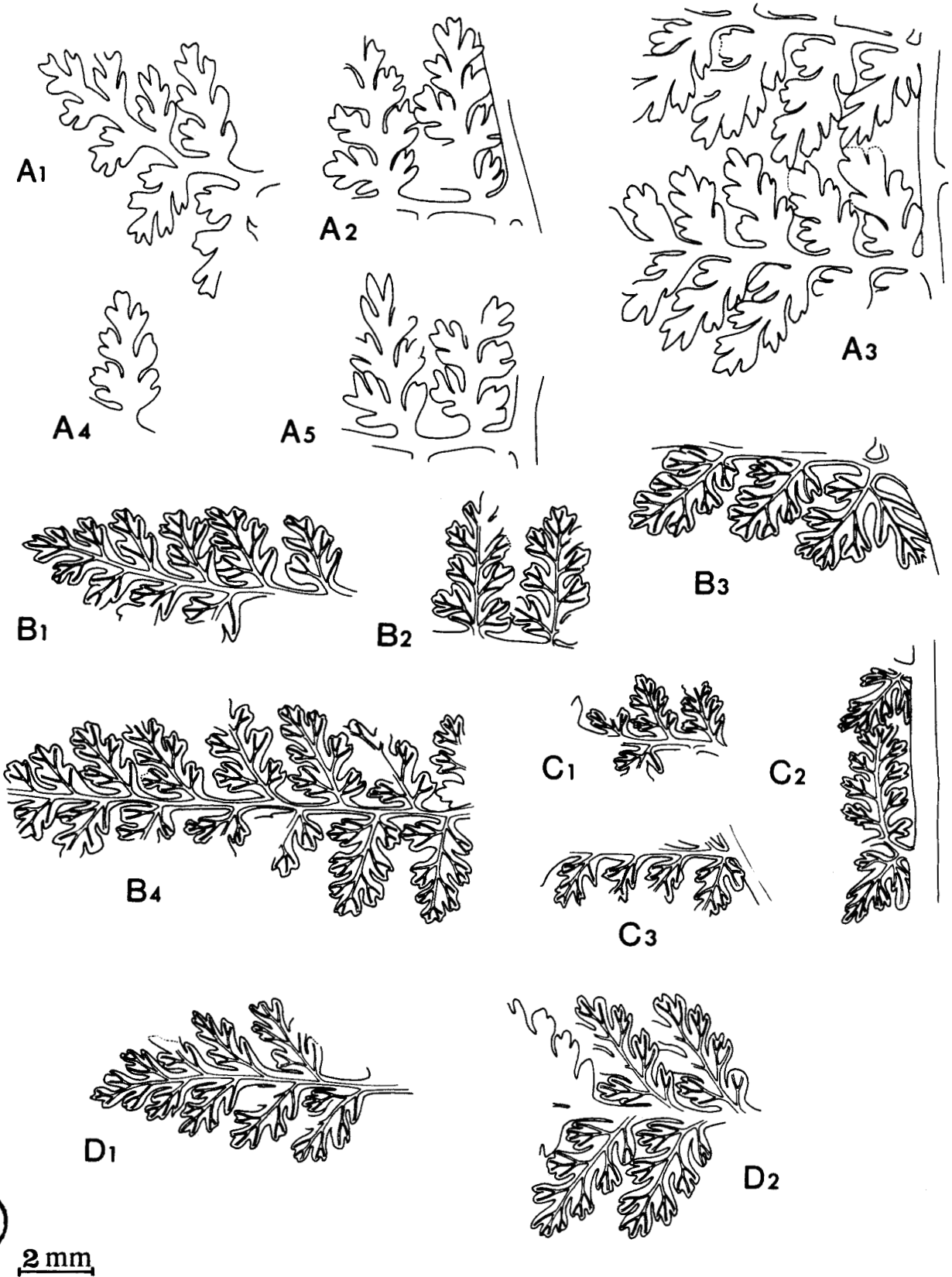
Légèrement décurrents, ils font entre eux des angles de l'ordre de 70°. Ils sont tous couverts d'une fine striation longitudinale, je n'ai observé d'assez fortes ponctuations que sur les rachis larges, d'ordre n-2 ou n-3. Les rachis n, n-1 sont ronds, ceux d'ordres n-2, n-3 montrent une nette tendance à l'aplatissement, peut-être due au mode de conservation. Deux sillons longitudinaux parcourent les rachis n et n-1, généralement ailés.

b.- pennes :

Elles sont lancéolées et non recouvrantes. Il arrive que les pennes catadromes soient un peu plus réduites que leurs équivalentes anadromes, mais on ne peut généraliser ce caractère.

c.- pinnules :

Le mode de différenciation limbair est illustré par la texte-fig. 76. Sa caractéristique essentielle réside dans l'égalité des croissances apicale et latéra-



Texte-fig. 76 - Différenciation et morphologie limbaires d'*Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier).
A1-A5 - d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 71.
B1-B4 - d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 71. Remarquer la pinnule basale catadrome anormale (B3).
C1-C3 - d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 72. Bien que les pinnules soient d'une taille très nettement inférieure à celle des autres spécimens, leur mode de différenciation est identique.
D1-D2 - d'après l'échantillon figuré en 5, pl. 71.

le, tout au moins pendant les premiers stades de division, qui a pour conséquence de donner une forme trapue, subcirculaire aux pinnules.

La pinnule à peine individualisée (ou lobe) est courte, inclinée sur le rachis. Son apex est mousse, sa base légèrement rétrécie. Les deux premiers lobes basaux s'individualisent rapidement et croissent régulièrement en longueur et en largeur. L'aspect de la pinnule quadrilobée est tout à fait caractéristique (texte-fig. 76, A5). Elle s'inscrit grossièrement dans un cercle du fait de la disposition et de l'importance relative des indentations qui rappellent les quatre doigts principaux d'une main. L'incision du lobe basal anadrome est postérieure à la formation du second lobe anadrome et on peut estimer que la pinnule passe au rang de penne après l'apparition de la 3^{ème} paire de lobes. Elle atteint alors 3 à 3,5 mm de longueur (texte-fig. 76, A4). Les pinnules basales anadromes présentent toujours un degré et une intensité de division supérieurs à ceux de leurs équivalents catadromes mais dans l'ensemble l'aspect des pennes reste assez symétrique.

d.- nervation :

Elle est fine mais généralement bien visible sur nos échantillons. Elle se compose d'une nervure principale peu décurrente, droite ou légèrement sinueuse qui envoie vers chaque lobe une ramification dont les divisions sont contemporaines des incisions limbaires. Chaque indentation reçoit une nervure en position médiane parfaite (texte-fig. 76, B1-B4).

3) Feuillage fertile :

Les deux seuls échantillons fertiles que j'ai pu observer sont celui que Zeiller a figuré en 1886 (pl. VIII, fig. 3, 3A-C) et celui qui était conservé dans les collections du Saarbergwerke de Sarrebruck. Je n'ai pas retrouvé le spécimen de Zeiller à partir duquel Danzé a pu préciser l'organisation des fructifications. Les prélèvements effectués sur l'échantillon sarro-lorrain très immature se sont révélés infructueux.

L'apparition des fructifications entraîne une forte réduction du limbe et il est très difficile de déterminer l'ordre dans lequel apparaissent les organes reproducteurs. Sur l'échantillon sarro-lorrain, les fructifications ne se sont développées que dans la partie moyenne des pennes n-1 (pl. 72, fig. 4, 4ab). La figuration 3a, pl. LIX de Danzé suppose un développement acroscopique des organes reproducteurs ce que semble confirmer le croquis proposé par Zeiller (1886, pl. VIII, fig. 3A). Mais aucune de ces deux illustrations ne présente le sommet des pennes.

La qualité du matériel observé ne permettant pas d'apporter d'informations nouvelles sur l'organisation des fructifications, je prierai le lecteur de bien vouloir se reporter à la description qu'en a donnée Danzé (1956, p. 353).

Remarques et discussion :

Mises à part les illustrations originales de Gutbier (1835, pl. XI, fig. 5, 5ab) les figurations de Zeiller (1886, pl. VIII) et de Danzé (1956, pl. LVIII, LIX) sont les meilleures représentations de l'espèce *H. quadridactylites*. La révision de la plupart des échantillons originaux m'a permis de vérifier l'exactitude de l'attribution spécifique du matériel sarro-lorrain. La forme caractéristique des pinnules quadrilobées s'inscrivant quasi dans un cercle se retrouve sur tous les spécimens.

Les auteurs sont unanimes pour considérer *Sphenopteris tetradactyla* Presl (in Sternberg, 1838, p. 128) et *Sphenopteris tridactylites* Geinitz (1855, pl. XXIII, fig. 13, 13A, 14, 14A) comme des synonymes d'*Hymenophyllites quadridactylites*.

En 1884, Kidston (p. 593) rapporte à l'espèce de Gutbier les échantillons décrits en 1883 par Zeiller sous le nom d'*Hymenophyllites delicatulus* (p. 196, 208, pl. 10, fig. 22-32), opinion à laquelle s'est conformé Zeiller en 1888 (p. 101).

La qualité des figurations de Renier et al. (1910, pl. 66) et de Bell (1938, pl. XXVI, fig. 6 ; pl. XXVII, fig. 2) ne permet pas d'émettre une opinion sur la valeur des déterminations.

Le spécimen figuré par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 11, fig. 1, 2) sous le

nom de *Sphenopteris (Hymenophyllites) quadridactylites* est à rapporter quant à lui à *Asterotheca damesii* (Stur).

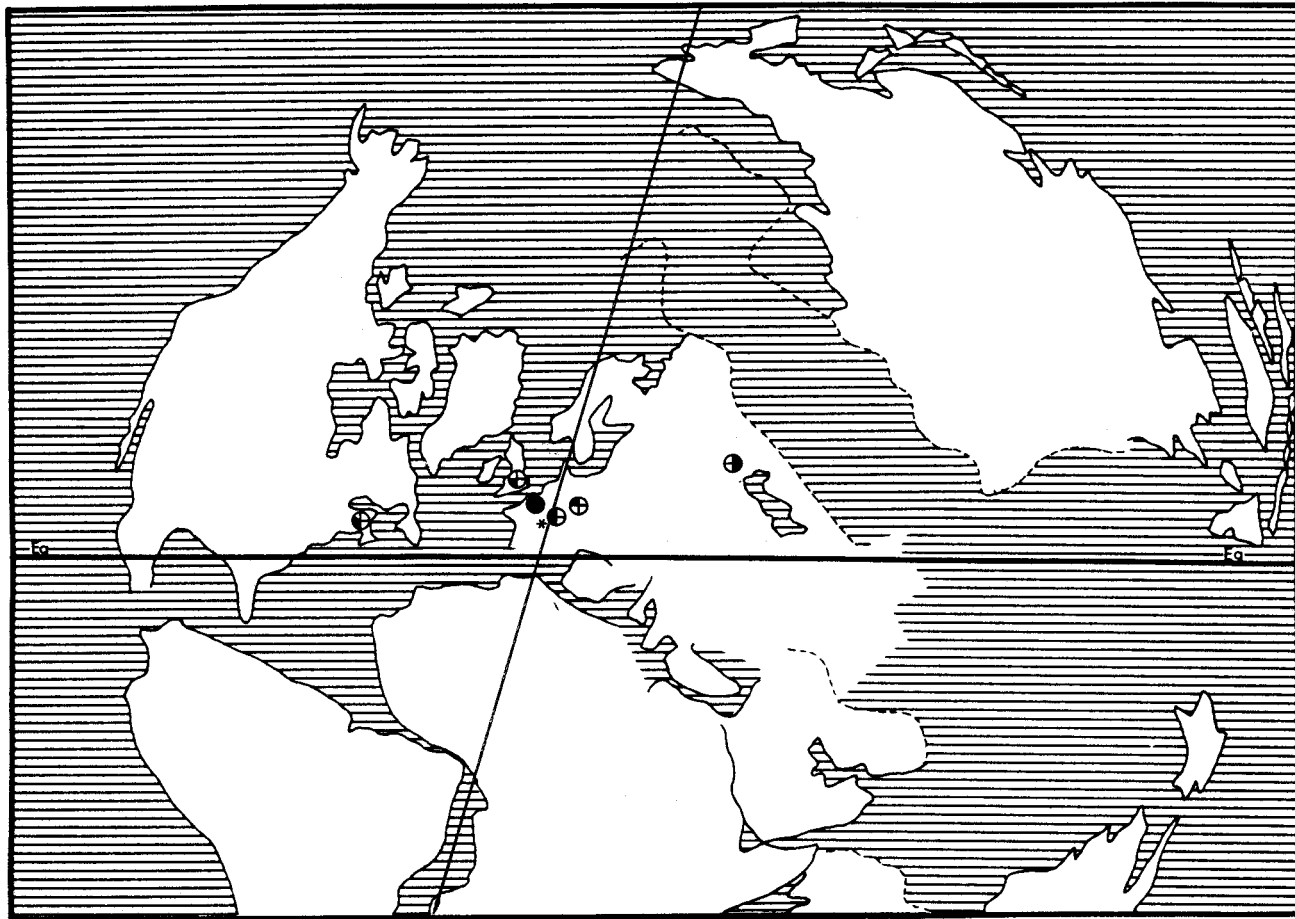
L'espèce qui présente le plus d'affinités à l'état stérile avec *H. quadridactylites* est *Sphenopteris (Zeilleria ?) bronni* (Gutbier). Deux critères de valeur inégale permettent de les différencier. Le premier relativement facile à observer est étroitement lié au mode de croissance des pinnules. En effet chez *Sph. (Zeilleria ?) bronni*, la croissance en longueur prédomine nettement sur la croissance en largeur (voir texte-fig. 55). Aussi la pinnule présente-t-elle une forme allongée et étroite avec des lobes aigus échelonnés le long de la nervure médiane, et son apex se situe bien au-delà des sommets des lobes latéraux. Chez *H. quadridactylites* au contraire, la croissance se fait également dans les deux dimensions. La pinnule conserve une forme trapue, subcirculaire et son apex dépasse à peine les sommets mousses des lobes latéraux courts et larges. Le second critère permettant de distinguer les deux espèces est plus difficile à apprécier. Si la construction est catadrome dans les deux cas, la priorité de différenciation des divers segments est nettement plus accentuée chez *Hymenophyllites quadridactylites*. On pourra vérifier sur la texte-fig. 90 que les sillons séparant les lobes basaux d'une pinnule convergent à peu près au même niveau par rapport à la nervure médiane chez *Sph. (Zeilleria ?) bronni* alors qu'ils sont nettement décalés chez *Hymenophyllites quadridactylites*.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Groupes d'Ensdorf et de Schäfer-Riegelsberg, veine Wahlschied, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432324 ; Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Siège de Ste-Fontaine, veine J, à 377,00 m, un peu au-dessous de T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432315-432318).
- Autres gisements :
 - Sondage des Bruyères à 1073,60 m, faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432301).
 - Sondage des Chasseurs à 761,40 et 996,35 m, respectivement base du stérile de Geisheck et sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432313-432314).
 - Sondage de Cocheren 11 à 1182,41 m, au toit de la veine Frieda, 1/3 moyen du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432304).
 - Sondage de Cocheren 12 à 1146,38 et 1146,40 m, entre les veines Gabrielle et Georgette, 1/3 supérieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432305-432306).
 - Sondage de Guerting C4 à 760,05 m, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432308).
 - Sondage de Hombourg 2/6 à 730,85 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432310).
 - Sondage de LH Sud A3 à 549,37 m, au toit de la veine Théodore, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432311).
 - Sondage de la Houve, veine Théodore, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432320-432322).
 - Sondage de Marienau 2 à 864,32 m, 1/3 supérieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432309).
 - Sondage de Ste-Fontaine 6 à 1073,00 et 1073,01 m, pour information T280 à 1060 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432302-432303).
 - Sondage de Spitzberg 2 à 995,70 m, couches d'Ottweiler, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432312).
 - Sondage de Steinbesch à 951,00 m, sommet du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432307).
 - Siège 1, Bure 5 23/1-28 (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 432319).

L'extension stratigraphique d'*Hymenophyllites quadridactylites* est donc très vaste dans le bassin sarro-lorrain puisqu'elle débute dans le Westphalien C inférieur un peu au-dessous du T300 et se termine dans les niveaux inférieurs du Stéphanien.

Répartition générale :



Texte-fig. 77 - Distribution géographique et répartition stratigraphique d'*Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier).

GENRE *STURIA* Němejč

Espèce-type : *Sturia amoena* (Stur, 1885)

1934 *Sturia* Němejč, p. 2
1956 *Sturia*, Danzé, p. 79, 370



Němejč a créé le genre *Sturia* (1934) pour désigner la fructification d'une espèce de Stur : *Hap. amoena* que Zeiller (1899) avait attribuée sans raison au genre *Renaultia*, tous les spécimens décrits par lui étant stériles (p. 16). Němejč a mis en évidence chez cette espèce l'existence d'un anneau sur les sporanges dont la disposition en sores irréguliers justifiait effectivement la création d'un nouveau genre. Mais curieusement, à l'exception de Danzé (1956) les auteurs qui, postérieurement à Němejč, ont décrit l'espèce-type du genre se sont toujours abstenus d'utiliser cette dénomination générique, lui préférant la désignation vague de *Sphenopteris*.

Němejč ne propose pas de diagnose pour son nouveau genre mais donne une description détaillée des fructifications de l'espèce-type que Danzé (1956, p. 79) reprend sous forme de diagnose.

Diagnose :

(d'après Němejč, 1934, p. 2, et Danzé, 1956, p. 79) :

Sporanges ne formant pas de sores réguliers mais simplement rassemblés en groupes contenant un nombre variable de sporanges ; sporanges libres, ovales, sessiles, longs de 0,4 à 0,5 mm ; paroi sporangiale constituée de cellules allongées longitudinalement et d'un anneau très distinct ; anneau bisérié et incomplet couvrant les 2/3 de la circonférence méridienne du sporange et n'atteignant pas sa base ; cellules de l'anneau deux fois plus larges que les autres cellules de la paroi sporangiale.

Němejč place le genre *Sturia* parmi les fougères leptosporangiées mais n'en précise pas la position systématique. Danzé (1956, p. 79) envisage par contre une certaine affinité avec les *Loxsomaceae*.

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

Le genre *Sturia*, monospécifique, est représenté dans le bassin sarro-lorrain par son espèce-type.

STURIA AMOENA (Stur)

Planches 73-74

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Stur, 1885, pl. XLI, fig. 7, 7a, repris ici en 1, 1ab, pl. 73
- . Origine : Belgique, Charbonnière de Belle et Bonne, fosse Avaleresse, Westphalien C
- . Collection : Geologische Bundesanstalt de Vienne.

- v. 1885 *Haplopteris amoena* Stur, p. 52, pl. XLI, fig. 7, 7a
- v. 1885 *Haplopteris bella* Stur, p. 49, pl. XLII, fig. 1, 1a, 2
- 1899 *Sphenopteris (Renaultia) bella*, Zeiller, p. 15, pl. I, fig. 13
- 1911 *Sphenopteris amoena*, Kidston, p. 15, pl. VI, fig. 2, 2ab ; texte-fig. 1
- 1911 *Sphenopteris bella*, Kidston, p. 17, pl. VI, fig. 1, 1a ; texte-fig. 2
- v. 1913 *Sphenopteris Schilleri*, Gothan, p. 147, pl. 30, fig. 2
- 1923 *Sphenopteris (Renaultia) bella*, Gothan in Gürich, p. 47, pl. 22a, fig. 3
- v. 1923 *Sphenopteris bella*, Kidston, p. 127, pl. XXVII, fig. 1-3
- v. 1923 *Sphenopteris amoenaeformis* Kidston, p. 125, pl. XXV, fig. 6 ; pl. XXVI, fig. 1-3b
- 1934 *Sturia amoena*, Němejč, p. 2, fig. 1-6
- v. 1941 *Sphenopteris (? Renaultia) amoena*, Gothan, p. 29, pl. 60, fig. 1, 4
- v. 1956 *Sturia amoena*, Danzé, p. 370, pl. LXXII, fig. 4, 4a ; pl. LXXIII
- 1977 *Sphenopteris (Sturia) amoena*, Alvarez Ramis, p. 142, pl. I, fig. 1, 1a, 2, 3, 4 ; pl. V, fig. 1, 1a ?
- v. 1978 *Sphenopteris (Renaultia) bella*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 4, pl. 1, fig. 5 ; texte-fig. 3

Diagnose :

(d'après Danzé, 1956, p. 371, l'ordre ayant été un peu modifié) :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : axes fins et plats, rigides, non décurrents, presque perpendiculaires entre eux et portant un sillon longitudinal ainsi qu'une très fine striation dans le même sens ;
pennes triangulaires à base large, espacées les unes des autres, pennes de dernier ordre ne se recouvrant qu'à la base et très partiellement ; ahlébies à l'aisselle des pennes d'ordre n-1 ;
pinnules peu évoluées de très petite taille, attachées au rachis par une base large, très obliques sur ce dernier, décurrentes et rétrécies, triangulaires, en forme de pépin de raisin, portant à leur sommet deux entailles courtes et larges déterminant l'ébauche des lobes basilaires arrondis ; différenciation alterne des lobes ; maximum de différenciation des pinnules correspondant à l'apparition de la 4ème paire de lobes ;
nervation fine ; nervure principale droite ou légèrement ondulée, très peu décurrente une ramification nervuraire dans chaque indentation du limbe.
- Fructification de type *Sturia* : sporanges disposés en sores lâches et réguliers ; anneau composé de deux rangées de cellules, parcourant les 2/3 du plus grand diamètre des sporanges.

Description :

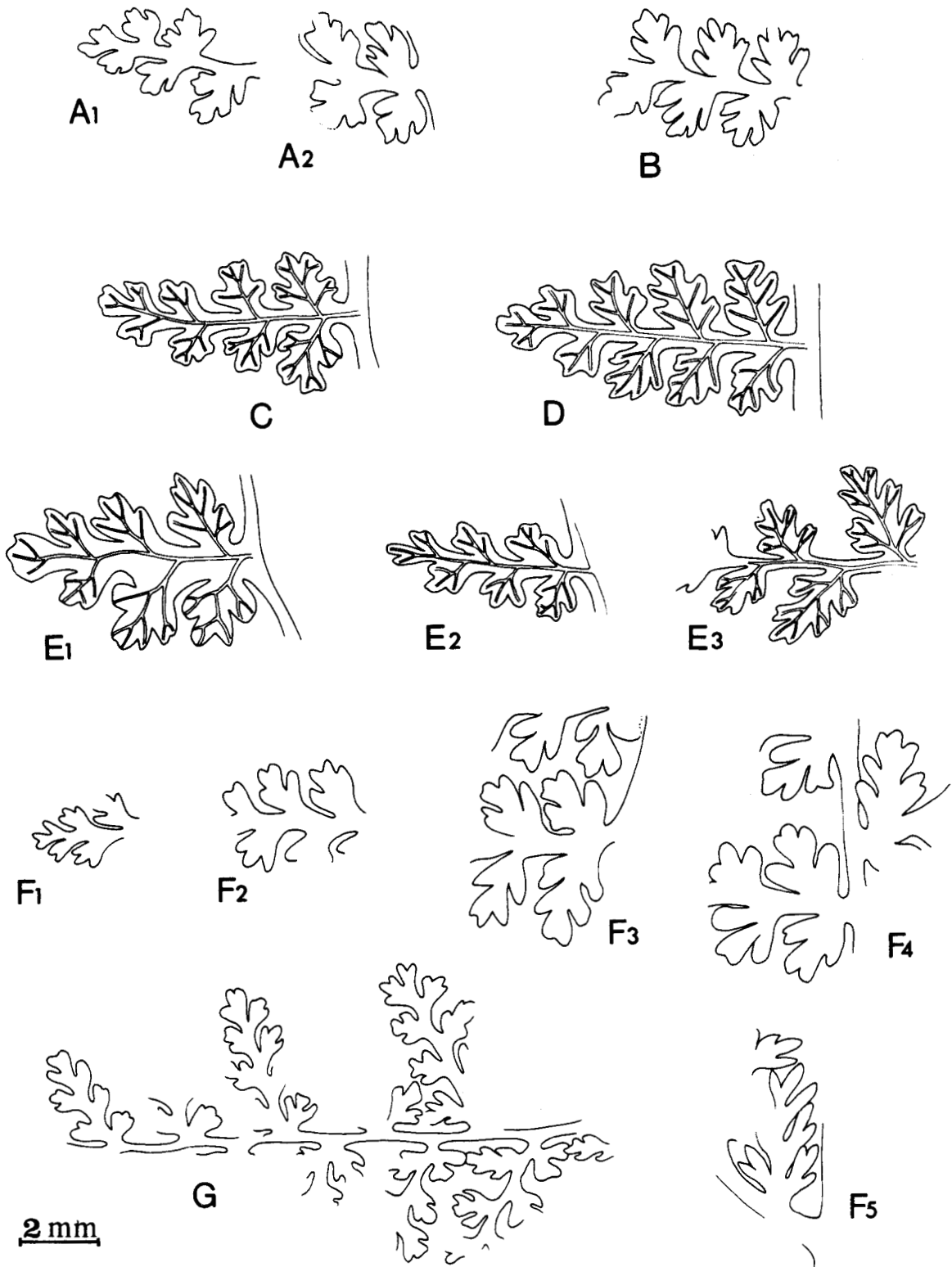
Nos collections ne renferment que quelques spécimens stériles de très petite taille qui n'apportent aucune information nouvelle sur l'espèce. Le plus grand échantillon (pl. 74, fig. 5, 5a) représente un fragment de penne d'ordre n-2 assez mal conservé dont la largeur du rachis principal (= 1,5 mm) correspond exactement à celle du rachis de même ordre du type figuré par Stur (1885, pl. XLI, fig. 7) ; les autres sont encore plus fragmentaires. Pour une description complète de l'espèce, je prie le lecteur de se reporter aux travaux de Stur (1885, p. 49, 52), de Kidston (1923, p. 127), de Danzé (1956, p. 372) pour ce qui concerne le limbe stérile et à ceux de Němejč (1934, p. 2) pour l'organisation des fructifications.

Remarques et discussion :

Depuis Gothan (1941, p. 30) il est maintenant admis que les deux espèces décrites par Stur (1885) sous les noms respectifs d'*Hapalopteris amoena* et *Hapalopteris bella* sont synonymes. Non seulement le mode de différenciation limbaire des deux échantillons-types stériles est identique (pl. 73, fig. 1-3a ; texte-fig. 78A, B) mais tous deux proviennent d'un même point de gisement : Charbonnière de Belle et Bonne, fosse Avaleresse, Belgique. En outre Danzé (1956, p. 375) démontre grâce à la réalisation d'un transfert que les arguments avancés par Stur pour distinguer les deux espèces : opulence du limbe, présence ou non d'ahlébies sont sans valeur. Les règles internationales de nomenclature ne reconnaissent aucun ordre de priorité parmi les espèces créées dans une même publication, les deux noms spécifiques auraient pu être utilisés indifféremment. Němejč (1934) ayant défini le genre *Sturia* à partir de l'espèce-type : *Sturia amoena*, cette appellation doit être seule maintenue.

Deux espèces jusqu'ici sont tombées en synonymie avec *Sturia amoena*. Il s'agit d'une part de *Sphenopteris schilleri*, espèce que Gothan avait créée en 1913 (p. 147, pl. 30, fig. 2) et que ce même auteur place en 1941 (p. 29) dans la liste synonymique de *Sturia amoena* et d'autre part de *Sphenopteris amoenaeformis* Kidston que Danzé (1956, p. 375) considère comme identique à l'espèce de Stur.

J'ai retrouvé les types de ces deux taxons dans les collections du Museum für Naturkunde de Berlin et de l'Institute of Geological Sciences de Londres et les ai refigurés partiellement en 1, 1a, pl. 74 et 4-6a, pl. 73. Certes le limbe de *Sph. amoenaeformis* (ici pl. 73, fig. 4-6) apparaît plus gracieux et plus aéré que celui de l'échantillon de Stur,



Texte-fig. 78 - Différenciation et morphologie limbaires de *Sturia amoena* (Stur).
A1-A2 - Premières étapes de la différenciation limbair, d'après le lectotype figuré par Stur sous le nom d'*Hapalopteris amoena*, pl. XLI, fig. 7, repris ici en 1, pl. 73.
B - Fragment de penne de dernier ordre, d'après l'échantillon figuré par Stur sous le nom d'*Hapalopteris bella*, pl. XLII, fig. 1, repris ici en 2, pl. 73.
C, D - Reprises des dessins originaux de Stur représentant respectivement *Hapalopteris amoena* (pl. XLI, fig. 7a) et *Hapalopteris bella* (pl. XLII, fig. 1a).
E1-E3 - Fragments à des stades variés de différenciation dessinés à partir des échantillons figurés par Kidston sous le nom de *Sphenopteris amoenaeformis*, 1923, pl. XXV, fig. 6; pl. XXVI, fig. 1-3b, repris ici en 4-6, pl. 73.
F1-F5 - Quelques étapes de la différenciation limbair de l'échantillon lorrain figuré en 4, pl. 74.
G - Fragment de penne d'ordre n-1 caractérisé par des pinnules de très petite taille, comparables néanmoins à celles de l'échantillon précédent, d'après le spécimen figuré en 6, pl. 74.



mais la comparaison des dessins C et E1, E2 de la texte-fig. 78 (= respectivement croquis 7a, pl. XLI de Sturet croquis réalisés à Londres d'après l'un des échantillons de Kidston) suffit pour se rendre compte que la différenciation limbaire est identique. D'ailleurs les extrémités des pennes du lectotype (pl. XLI, fig. 7) sont aussi très aérées et graciles. On peut par conséquent admettre des variations d'opulence du limbe en fonction de la position des fragments par rapport à l'ensemble de la fronde. Cet argument est aussi celui qu'utilise Gothan pour justifier la mise en synonymie de son *Sph. schilleri* avec *Sturia amoena*.

Cette mise au point permet de mieux situer les échantillons sarro-lorrains. Certains d'entre eux (pl. 74, fig. 4) montrent un limbe assez opulent comparable à celui des figurations originales de Stur (comparer les dessins D et F3, F4, texte-fig. 78). Deux spécimens (pl. 74, fig. 6-7a) se caractérisent au contraire par un limbe extrêmement gracile. Mais le dessin G de la texte-fig. 78 réalisé à partir de l'un d'eux permet de vérifier que le mode de division du limbe correspond exactement à ce qui s'observe chez *Sph. amoenaeformis* (dessins E1-E3). Par conséquent rien ne s'oppose à ce que le matériel sarro-lorrain soit rapporté à *Sturia amoena*. L'absence d'aphlébie se justifie par l'état très fragmentaire et le faible degré de différenciation des échantillons.

Je n'ai malheureusement pas retrouvé l'échantillon fructifié de Stur (pl. XLII, fig. 2) dans les collections du Geologische Bundesanstalt de Vienne et ne puis donc apporter d'information sur le type de spores fournies par cette espèce. Elle est cependant bien caractérisée et se différencie assez facilement des autres espèces sphénoptéridiennes.

Outre *Renaultia hemingwayi* Kidston déjà évoqué page 164, *Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier) est la seule espèce qui risque d'être confondue à l'état stérile avec *Sturia amoena*, en particulier quand on a affaire à des extrémités de pennes. Mais chez *Hym. quadridactylites*, la différenciation limbaire s'effectue beaucoup plus rapidement, la taille des pinnules est très nettement inférieure pour un même degré de division et les lobes restent beaucoup plus fasciculés. De plus on constate chez *Hymenophyllites quadridactylites* un retard de différenciation des éléments basaux catadromes par rapport à leurs équivalents anadromes qui n'existe pas chez *Sturia amoena* (comparer les texte-fig. 76 et 78).

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus haut dans lequel l'espèce a été rencontrée :

- Sondage d'Hargarten 2 (= Moulin du Soleil) à 955,00 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434510).

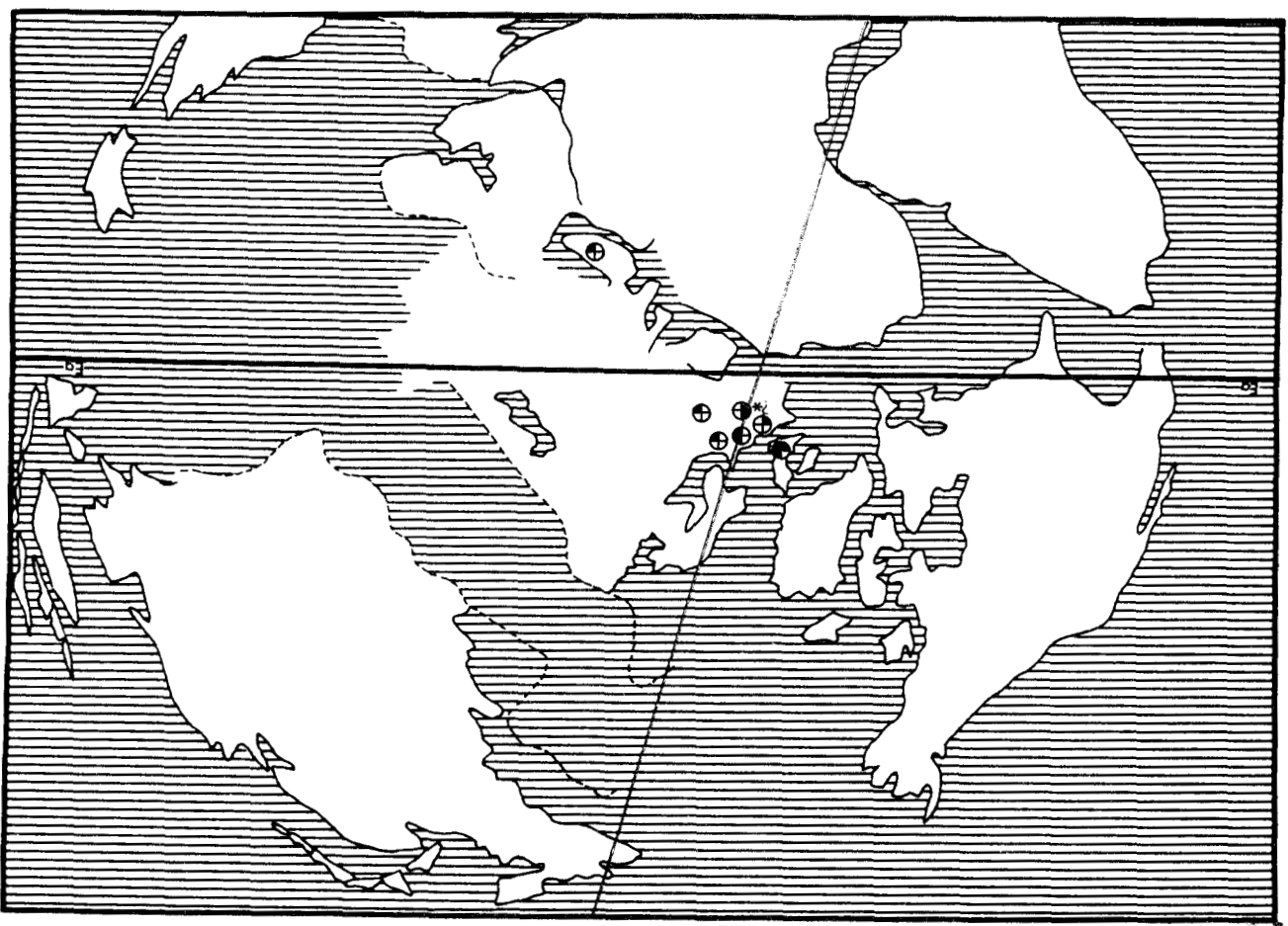
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :

- Sondage de Wendel 20 à 135,00 ; 135,30 ; 135,37 m, pour information T400 à 163,20 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434505-434507).

- Autres gisements :

- Sondage de Cocheren 12 à 952,45 m, conglomérat de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434504).
- Sondage de Guerting C3 à 759,65 m, juste sous la veine Henri, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434502).
- Sondage de Guerting C4 à 846,05 m, au mur de la veine Théodore, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434503).
- Groupe d'Hélène, stérile de Geisheck, sans autre précision, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de Hombourg 2/6 à 717,10 m, pour information T300 à 885,93 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434501).
- Terris de la Houve, stériles du Westphalien D supérieur ou des niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434514-434515).
- Sondage de Papiermühle à 615,80 et 626,82 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434511-434512).
- Groupe de Reden, veine 10, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/647, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 1, fig. 5).
- Sondage de Ste-Fontaine 1 à 1266,70 et 1266,71 m, pour information T300 à 1017,78 m, T400 à 1360,11 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434508-434509).
- Deux échantillons sans origine (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434516-434517).

Texte-fig. 79 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sturia amoena* (Stur).



Répartition générale :

Sturia amoena est donc une espèce relativement abondante dans le bassin sarro-lorrain ; sa répartition commence dans le Westphalien C inférieur et se termine au sommet du Westphalien D ou dans les niveaux inférieurs du Stéphannien. L'exploitation en Sarre-Lorraine n'ayant encore jamais atteint des niveaux inférieurs au Westphalien B supérieur, la limite inférieure de cette répartition reste imprécise. Nous verrons dans le chapitre : répartition générale que l'espèce a déjà été rencontrée dans des niveaux datés Westphalien A mais qu'elle n'avait jamais été signalée au-delà du Westphalien C supérieur.

FILICOPHYTES INCERTAE SEDIS

GENRE *DISCOPTERIS* Stur

Espèce-type : *Discopteris karwinensis* Stur, 1883

- 1883 *Discopteris* Stur, p. 693, texte-fig. 17
- 1885 *Discopteris*, Stur, p. 140, texte-fig. 21
- 1888 *Discopteris*, Zeiller, p. 31
- 1910 *Discopteris*, Seward, p. 402
- 1913 *Discopteris*, Gothan, p. 126
- 1913 *Discopteris*, Pelourde, p. 239
- 1923 *Discopteris*, Gothan in Gürich, p. 44
- 1927 *Discopteris*, Hirmer, p. 617
- 1944 *Discopteris*, Emberger, p. 227
- 1952 *Discopteris*, Novik, p. 53
- 1954 *Discopteris*, Gothan et Weyland, p. 106
- 1956 *Discopteris*, Danzé, p. 58, 264
- 1959 *Discopteris*, W. Remy et R. Remy, p. 136
- 1977 *Discopteris*, W. Remy et R. Remy, p. 158, 228
- 1978 *Discopteris*, Pfefferkorn, p. 170

A partir de la révision des matériels types de *Discopteris karwinensis* et *Discopteris vuellersii* décrits par Stur, Pfefferkorn (1978) propose une nouvelle diagnose du genre *Discopteris* qui, à mon avis, s'applique parfaitement en ce qui concerne l'organisation des fructifications à *Discopteris schumannii* Stur. Toutefois, dans cette diagnose, Pfefferkorn inclut un certain nombre de caractères très particuliers du limbe stérile qu'ont en commun les différentes espèces du genre. Par souci de cohérence avec les autres diagnoses des genres de fructification présentées dans ce travail, je les en exclurai et les signalerai en annexe. Enfin j'ajouterai quelques remarques en ce qui concerne : la position des sores, la présence d'un anneau dans la paroi sporangiale et le type des spores fournies.

Diagnose :

(d'après Pfefferkorn, 1978, p. 172) :

"Pinnules fertiles profondément modifiées ou non, parfois pécoptéridiennes, toujours opulentes ; sores hémisphériques, ronds ou parfois ovales ; 12-100 sporanges par sore, le plus souvent 30-70 ; sores situés à l'extrémité des nervures médianes ou à l'intersection de deux nervures latérales, près du sommet ou dans le milieu des lobes ou des pinnules ; sporanges non soudés avec une plaque apicale ronde, constituée de cellules isodiamétriques, à partir de laquelle divergent des rangées radiaires de cellules polygonales à parois épaissies couvrant la presque totalité du sporange (anneau) ; anneau interrompu sur l'un des côtés du sporange = zone de déhiscence ; sporanges sans doute dressés ; spores trilètes toutes identiques"(traduction de l'allemand).

Caractères du limbe stérile communs aux différentes espèces :

"Pinnules stériles sphénoptéridiennes, plus ou moins profondément divisées, parfois insérées par toute leur base ; éléments basaux catadromes des penes d'ordres n, n-1, n-2 plus ou moins transformés en aphyllées dichotomes très divisées" (traduction de l'allemand).

Remarques et discussion :

En 1885, Stur comprenait dans ce genre deux modes d'insertion possible des sores que Gothan (1913) a différenciés sous les noms de :

- *Eudiscopteris* : quand les sores sont situés à l'intérieur des pinnules entre la nervure médiane et le bord du limbe ;

- *Acrotheca* : quand ils sont disposés au sommet des lobes, à l'extrémité des nervures secondaires, un peu en dehors du contour des pinnules.

Le matériel original de *Discopteris karwinensis* montre en effet que l'emplacement des sores est susceptible de varier : ou bien ceux-ci sont situés à l'extrémité des lobes ou bien au contraire ils recouvrent une bonne partie du limbe (pl. 76, fig. 7, 7a). Il semble que ces variations soient liées au degré de maturité des fructifications car les sporanges ne sont vraiment bien apparents que dans le second cas.

Tous les échantillons de *Discopteris occidentalis* Gothan que j'ai examinés ont montré des sores situés à l'extrémité des lobes, à la limite un peu à l'extérieur du limbe. Mais peut-être aucun d'entre eux n'est-il vraiment mature ? Il est difficile dans ces conditions d'émettre un avis sur la nécessité de maintenir ou non la subdivision proposée par Gothan.

Je ne partage pas tout à fait l'opinion de Pfefferkorn à propos de l'existence d'un anneau chez *Discopteris*. Décrivant la paroi sporangiale de *Discopteris karwinensis*, Pfefferkorn parle "d'un anneau multisérié s'étendant de la plaque apicale composée de cellules polygonales jusqu'à la base du sporange et latéralement vers la face opposée jusqu'à la zone verticale de déhiscence" (traduction de l'allemand). On ne peut donc pas dire qu'il existe un véritable anneau chez *D. karwinensis* au sens où on l'entend couramment car l'épaississement des parois concerne la presque totalité des cellules de la paroi sporangiale. Pfefferkorn ne fait aucune mention de l'existence d'un anneau chez *D. vuellersii* et de fait, ayant revu les types des trois espèces de *Discopteris* créées par Stur, je n'ai constaté aucun épaississement localisé de la paroi sporangiale correspondant à ce que l'on a coutume d'appeler anneau, comme il en existe par exemple chez les *Oligocarpia*. Je ne pense donc pas qu'il faille parler d'anneau chez *Discopteris*.

J'ai en outre effectué des prélèvements pour les spores *in situ* sur les types et figurés de *D. karwinensis*, *D. occidentalis*, *D. schumannii* et *D. vuellersii*. Les résultats ont été satisfaisants pour les trois premières espèces. Les spores obtenues toujours trilètes et de contour subtriangulaire sont lisses chez *D. schumannii*, lisses ou ornées d'une fine granulation chez *D. karwinensis* et *D. occidentalis*. Les spores du genre *Discopteris* s'apparentent au genre *Leiotrilètes* (Naumova) ou *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp. Toutes celles que j'ai mesurées ont un diamètre compris entre 16 et 57 μ mais Pfefferkorn indique pour *D. karwinensis* une taille variant de 22 à 28 μ .

Hormis cette petite restriction en ce qui concerne la présence éventuelle d'un anneau, l'organisation des fructifications (et les spores ?) du genre *Discopteris* est suffisamment caractéristique pour qu'il n'y ait pas de confusion avec les autres genres. C'est la raison pour laquelle j'ai émis quelques réserves (1979b) sur l'attribution générique de "*Discopteris*" *opulenta* Danzè. J'ai montré en effet que les sores de cette espèce sont composés de six ou sept sporanges ovoïdes disposés en rosette sur un réceptacle commun rond ou ovale. Cette organisation ne correspond pas à la diagnose de Pfefferkorn (en particulier le nombre des sporanges par sore) mais rappelle par certains aspects celle du genre *Stellatheca* Danzè. Ayant comparé les deux genres (1979a, p. 108, 109) j'ai finalement préféré maintenir l'espèce dans son genre d'origine en signalant mes réserves par l'emploi de guillemets. Les raisons invoquées sont, je le reconnais, très insuffisantes puisqu'en dehors des spores qui sont comparables, les critères retenus pour le maintien dans ce genre se rapportent essentiellement au limbe stérile : pinnules à développement dissymétrique avec un côté catadrome réduit, présence d'aphlébies remplaçant les éléments basaux catadromes (pinnules, pennes d'ordres n, n-1 et même n-2).

Espèces présentes dans le bassin sarro-lorrain :

- . *Discopteris occidentalis* Gothan, 1954
- . *Discopteris vuellersii* Stur, 1885
- . *Discopteris danzei* nov. sp.
- . "*Discopteris*" *opulenta* Danzè, 1956

DISCOPTERIS OCCIDENTALIS Gothan

Planche 75, fig. 1,3-6; Planche 76, fig. 1-6

Holotype :

- . Echantillon figuré par Gothan 1921, fig. 33A ; 1923, pl. 10, fig. 2, 3, repris ici en 1, lab, pl. 75
- . Origine : Très imprécise, Haute-Silésie, *Muldengruppe*, Westphalien B
- . Collection : Museum für Naturkunde de Berlin

- 1899 *Ovopteris Karwinensis*, H. Potonié, texte-fig. 137
- 1913 *Discopteris karwinensis*, Gothan, pl. 30, fig. 3
- v. 1921 *Sph. (Discopteris) Karwinensis*, Gothan, p. 51, fig. 33A
- v. 1923 *Sph. (Discopteris) Karwinensis*, Gothan, p. 45, pl. 10, fig. 2, 3
- v. 1933 *Discopteris karwinensis*, Knopp, p. 165, pl. 12, fig. 5, 6
- v. 1954 *Discopteris occidentalis* Gothan, p. 237, pl. III, fig. 4
- v. 1955d *Discopteris Bertrandii* Danzé, p. 96, pl. VI
- v. 1956 *Discopteris Bertrandii*, Danzé, p. 276, pl. XXI, fig. 8, 9 ; pl. XXII-XXV
- 1977 *Discopteris occidentalis*, Brausmiche, p. 251, pl. 1-4 ; texte-fig. 2-5
- v. 1978 *Sphenopteris (Discopteris) karwinensis*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 10, pl. 4, fig. 3 ; texte-fig. 15

J'ai démontré en 1977 l'identité du *Discopteris bertrandii* créé par Danzé (1955d, 1956) pour des formes du Nord de la France avec le *Discopteris occidentalis* Gothan dont le bassin sarro-lorrain a fourni de nombreux exemplaires. Pour cela j'ai été amenée à donner une description détaillée de l'espèce et à en proposer une diagnose. Le matériel récolté depuis n'apportant aucune information nouvelle concernant la morphologie de l'espèce, je me contenterai ici de rappeler la diagnose en priant le lecteur de bien vouloir se reporter au travail cité.

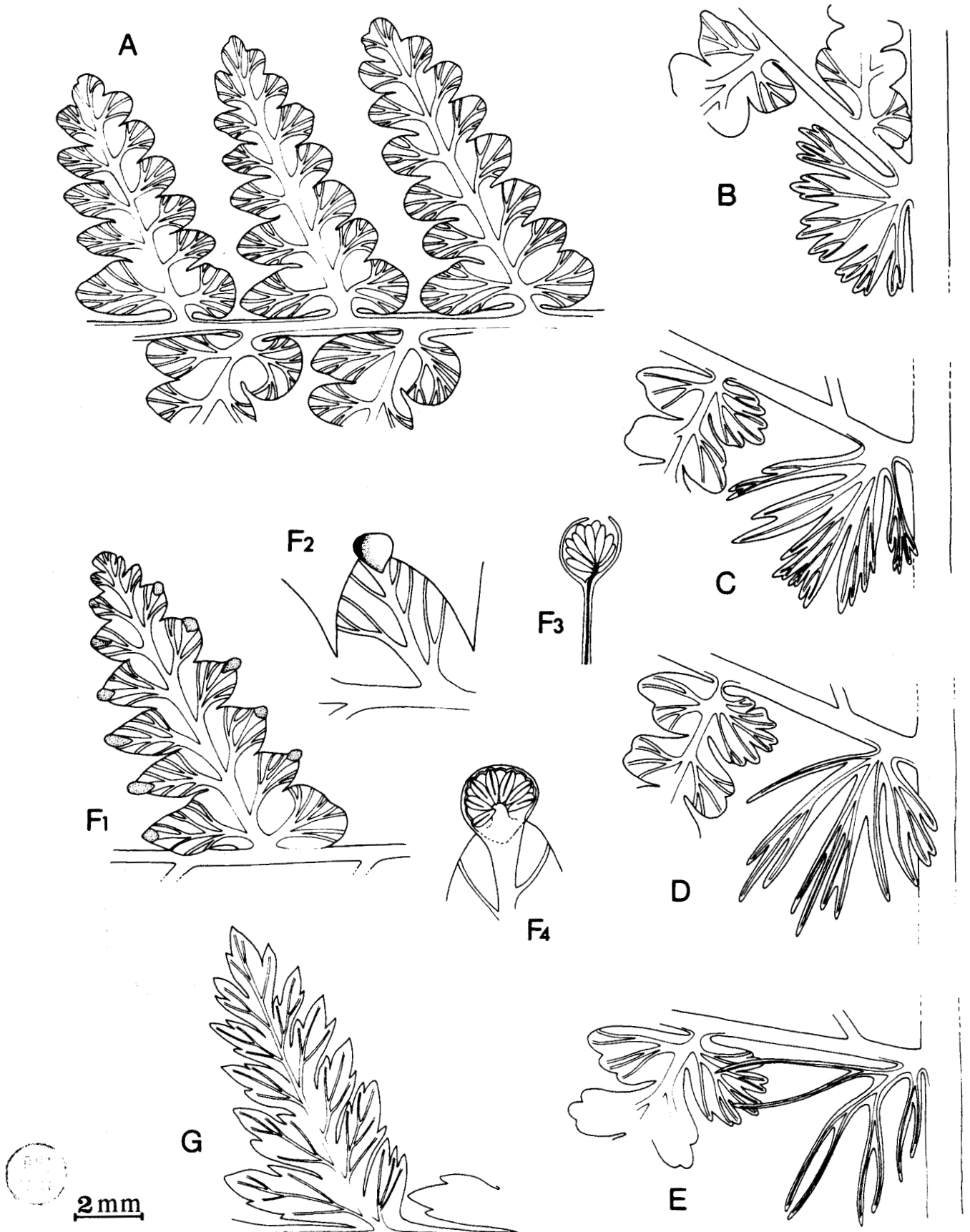
Diagnose :

"Fronde de grande taille (plusieurs mètres), au moins quadripinnatifide ; pinnules alternes, insérées obliquement sur le rachis (70°) à croissance apicale prédominante, portant 7 paires de lobes entiers, arrondis, devenant un peu plus aigus lors de la fertilisation : lobe basal anadrome plus développé et parallèle au rachis, lobe basal catadrome très arrondi, légèrement indenté, "évoluant" en aphyllie dichotome d'autant plus laciniée que la penna correspondante présente un degré de division élevé ; pinnules et pennes à bords parallèles sur presque toute leur longueur, convergeant rapidement en un sommet assez aigu ; sores cupulés, disposés à l'apex des lobes des pinnules ; 25-30 sporanges oblongs, sessiles, insérés radialement sur un mamelon subcentral correspondant sans doute au prolongement de la nervure secondaire, protégés par une indusie sans doute bilabiée ; spores de type *Leiotriletes* (Naumova) à *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp dont la taille varie de 20 à 57 µ.

Description :

Les dessins de la texte-fig. 80 repris du travail précédent (1977) récapitulent l'aspect le plus courant des pinnules (A), la morphogénèse des aphyllies (B-E) et l'organisation des fructifications (F).

Ayant depuis multiplié les prélèvements pour les spores *in situ*, en particulier sur des spécimens provenant de Haute-Silésie, je me suis aperçue que les spores pouvaient être plus petites que celles que j'avais obtenues sur le matériel lorrain et que leur exine pouvait être finement granuleuse. J'ai donc modifié légèrement sur ce point la diagnose que j'avais établie en 1977.



Texte-fig. 80 - Caractéristiques essentielles des feuillages stérile et fertile de *Discopteris occidentalis* Gothan ; comparaison avec *Discopteris karwinensis* Stur, reprise d'un travail antérieur, 1977, fig. 2A, 3, 4, 5.

A - Aspect typique du limbe stérile : pinnules pécoptéridiennes à forte nervation.

B-E - Morphologie des aphlébies dont le degré de laciniation croît en même temps que le degré de division des pennes correspondantes.

F1-F4 - Organisation des fructifications.

G - Fragment de *Discopteris karwinensis* Stur, équivalent à l'une des cinq pinnules très évoluées de la figure A permettant la comparaison des deux espèces. *Discopteris karwinensis* montre un degré supplémentaire de division limbair.

Remarques et discussion :

Cette espèce est très caractéristique avec ses lobes triangulaires à forte nervation en éventail, ses éléments aphyloïdes catadromes et ses fructifications globuleuses, situées à l'extrémité des nervures, au sommet des lobes, un peu en dehors du limbe.

J'ai déjà signalé (1977, p. 259) qu'il est possible de distinguer *Discopteris occidentalis* de *Discopteris karwinensis* Stur par une comparaison attentive du degré de division du limbe. La révision des matériels types m'a permis de vérifier le bien fondé de ce critère. J'ai refiguré en 2, 2a, pl. 75 l'un des spécimens originaux de *D. karwinensis* (Stur, 1885, pl. LV, fig. 1) et en 1, lab, même planche l'holotype de *D. occidentalis* (Gothan, 1921, fig. 33A ; 1923, pl. 10, fig. 2, 3). Si on choisit comme niveau repère l'insertion des premières aphyloïes réellement constituées, on constate que le limbe de *D. karwinensis* est une fois plus divisé. Alors que les lobes de *D. occidentalis* sont entiers et irrigués par une nervation forte bien visible, ceux de *D. karwinensis* sont largement indentés et la nervation est beaucoup moins apparente (texte-fig. 80).

Compte tenu de ce que j'ai dit plus haut sur les variations de l'emplacement des sores de l'espèce *karwinensis*, ce critère ne peut guère être utilisé pour la différencier de *D. occidentalis*. Comme les spores fournies par les deux espèces sont de même type et parfois de même taille, les caractères du limbe stérile restent ici les meilleurs critères de discrimination.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :

- Sondage de *Merbette* à 557,20 m, base du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431347).

- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :

- Groupe de *St-Ingbert*, veine 12 Sud, sous T600, 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431301-431346).

- Autres gisements :

- Groupe de *Dechen*, près de Fährste, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Hombourg 2/5* à 853,10 m, à 4 m au-dessus de T600, 1/3 supérieur du faisceau de Rothell, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431348).
- Veine de *Louise Heinrich*, siège indéterminé, Westphalien D (Coll. Museum für Naturkunde de Berlin).
- Groupe de *St-Ingbert*, sans autre précision, faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur ou C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/2184, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 4, fig. 3).

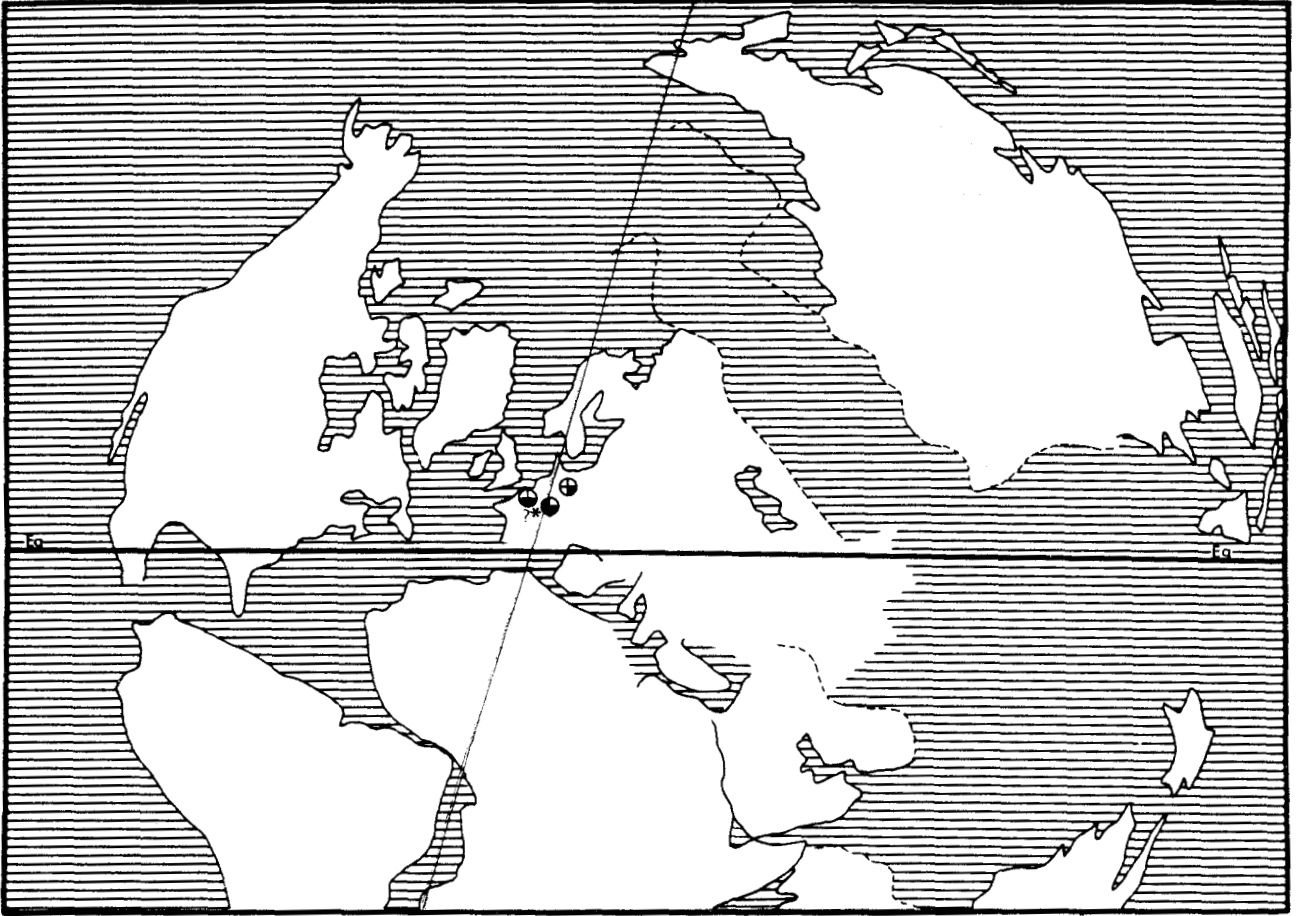
Les collections du Museum für Naturkunde de Berlin renferment en outre plusieurs échantillons provenant de Sarre-Lorraine mais dont les origines sont très imprécises : *Sulzbach*, *Sarrebruck*, terris de *La Houve*.

Le spécimen récolté dans le sondage de *Merbette* est assez mal conservé ; on pourrait juger sa détermination douteuse et par conséquent ne pas admettre que l'espèce soit présente dans le Westphalien D.

Mais l'échantillon provenant du terris de *La Houve* est tout à fait caractéristique de l'espèce (pl. 75, fig. 4). Comme les stériles qui y sont déversés sont en général d'âge Westphalien D ou proviennent des niveaux inférieurs du Stéphanien, cet échantillon confirme l'existence de *D. occidentalis* dans le Westphalien D.

Par conséquent, la répartition de cette espèce dans le bassin sarro-lorrain est plus vaste que je le pensais en 1977 puisqu'elle débute dans le Westphalien B supérieur et se termine dans le Westphalien D supérieur (peut-être même dans les niveaux inférieurs du Stéphanien).

Répartition générale :



Texte-fig. 81 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Discopteris occidentalis* Gothan.

DISCOPTERIS VUELLERSII Stur

Planche 77

Holotype :



- . Echantillon figuré par Stur 1885, pl. XXXIII, fig. 3, repris ici en 1, la-e, pl. 77
- . Origine : Haute-Silésie, bowette de Valentin, groupe *Wolfgang* près de Ruda, couches de Schatzlar, Westphalien B
- . Collection : Geologische Bundesanstalt de Vienne.

- 1883 *Discopteris Vuellersi* Stur, p. 695
- v. 1885 *Discopteris Vuellersi*, Stur, p. 156, pl. XXXIII, fig. 3
- 1899 *Sphenopteris (Discopteris ?) Vuellersi*, Zeiller, p. 20, pl. II, fig. 2-4

- 1908 *Ovopteridium Vüllersi*, Behrend, p. 30
v. 1913 *Sphenopteris (Discopteris) Vüllersi*, Gothan, p. 128, pl. 27, fig. 4 ; pl. 29, fig. 3, pl. 30, fig. 1
1923 *Discopteris Vüllersi*, Gothan in Gürich, pl. 10a, fig. 4
1928 *Discopteris Vüllersi*, Susta, pl. XXVIII, fig. 3
? 1952 *Discopteris Vüllersi*, Novik, p. 55, pl. II, fig. 5, 6
? 1954 *Discopteris Vüllersi*, Novik, p. 16, pl. I, fig. 3
1957 *Discopteris Vüllersi*, Stopa, p. 63, pl. XXII, fig. 5, 6
1959 *Sphenopteris (Discopteris) vüllersi*, Egemen, p. 8, pl. II, fig. 2
1978 *Discopteris vüllersi*, Pfefferkorn, p. 183, pl. 15, fig. 10-13 ; texte-fig. 8, 9

Pfefferkorn (1978) a récemment proposé une nouvelle diagnose de *Discopteris vüllersi* établie à partir de la révision du matériel original de Stur. Mais la terminologie employée est légèrement différente de celle que j'ai utilisée jusqu'ici, c'est pourquoi je l'ai modifiée par souci de cohérence avec les autres diagnoses de cet ouvrage.

Diagnose :

(d'après Pfefferkorn 1978, p. 183)

Fronde au moins tripinnatifide ;

pinnules sphénoptériennes mais opulentes, à contour ovale, allongé ou lancéolé, divisées profondément en lobes lancéolés eux-mêmes bifides ; pinnules dissymétriques ; côté anadrome plus développé ; pinnules catadromes basales transformées en ahlébies dont l'aspect est peu différent de celui des pinnules normales au sommet des frondes ; pinnules basales catadromes ou anadromes plus courtes que leurs voisines ; rachis légèrement flexueux vers le sommet ; limbe fertile identique au limbe stérile ; sores ronds, hémisphériques, situés à la face inférieure des pinnules ; 40 ? sporanges par sore ; sores situés à l'intersection des nervures latérales dans le milieu des lobes ou des pinnules ; sporanges libres (traduction de l'allemand).

Description :

Le bassin sarro-lorrain n'a fourni qu'un seul échantillon stérile se rapportant à *Discopteris vüllersi* (pl. 77, fig. 2, 2a).

1) Organisation de la fronde :

Le spécimen porte deux fragments constitués chacun de plusieurs pennes de dernier ordre très évoluées insérées sur des rachis d'ordre n-1 larges de 1 mm. Le stade de division de cet échantillon est donc inférieur d'un degré à celui de l'holotype (Stur, 1885, pl. XXXIII, fig. 3 = ici pl. 77, fig. 1, 1a-e). Le limbe est mal conservé au niveau des insertions mais on peut supposer que la priorité de différenciation catadrome visible au niveau des pinnules est valable pour toute la fronde.

Quelques dimensions :

- . longueur des pennes de dernier ordre = 32-36 mm
- . longueur d'une pinnule peu évoluée (à 4 lobes simples) = 5 mm
- . longueur d'une pinnule évoluée = 7-8 mm

2) Feuillage stérile :

Il est caractérisé par ses pinnules dissymétriques fortement laciniées.

a.- rachis :

L'échantillon est très fragmentaire et il est difficile de décrire les rachis. Ceux de dernier ordre sont ronds, un peu flexueux, très légèrement ailés à leur extrémité puisque le bord catadrome des pinnules sommitales est décurrent. On ne peut généraliser les quelques angles d'insertion visibles.

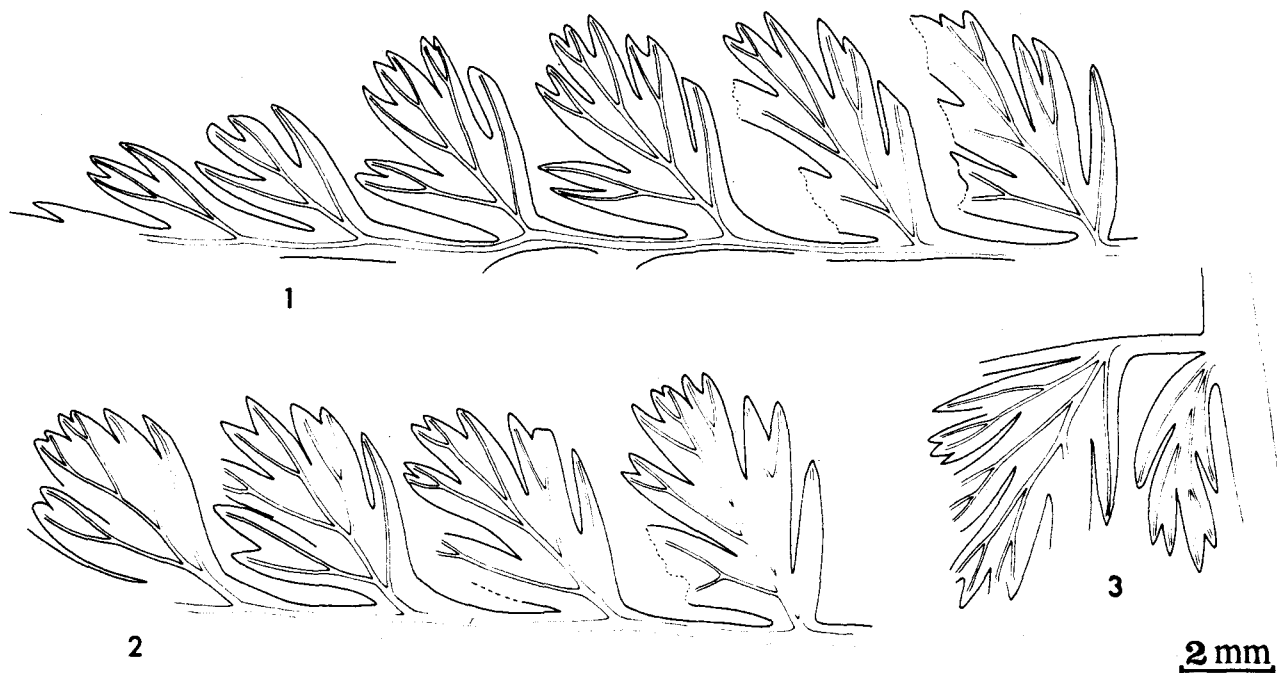
b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre sont apparemment contiguës mais non recouvrantes.

c.- pinnules :

Le dessin 1 de la texte-fig. 82 récapitule le mode de différenciation des pinnules qui est très rapide et bien caractéristique. La pinnule peu évoluée (ou lobe) a la forme d'une languette à sommet pointu, très inclinée sur le rachis. Très vite s'individualisent successivement le premier lobe catadrome, le premier lobe anadrome, le deuxième lobe catadrome. Leur croissance est très rapide puisque leurs trois sommets sont à peu près au même niveau que l'apex de la pinnule. L'apparition du troisième lobe catadrome coïncide avec l'incision du premier lobe anadrome et du deuxième lobe catadrome. Au fur et à mesure que les lobes apicaux se différencient, les lobes précédemment formés s'incisent de plus en plus profondément mais restent bifides. Seul le lobe basal catadrome est indivis et constitue une espèce d'ergot. Quand apparaît le quatrième lobe catadrome apical le lobe basal anadrome amorce sa seconde division. Les lobes ont une disposition très fasciculée, la rapidité des divisions apicales est telle que le sommet de la pinnule est constituée de plusieurs indentations à peu près toutes situées sur un même niveau et s'inscrivant donc dans une courbe très ouverte (voir texte-fig. 82).

Les pinnules basales sont mal conservées, une seule d'entre elles est visible et peu différente des pinnules normales (pl. 77, fig. 2a, flèche) ; on ne peut donc déterminer s'il existe ou non des aphilébies.



Texte-fig. 82 - Morphologie du limbe stérile de *Discopteris vuellersii* Stur.

1, 2 - Fragments de deux pennes de dernier ordre.

3 - Base d'une penne de dernier ordre montrant la pinnule catadrome réduite à un segment plus ou moins aphiléboïde, d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 77.

Remarques et discussion :

Bien que l'échantillon lorrain soit très fragmentaire, son identification ne pose pas de problème : le mode de différenciation de ses pinnules est tout à fait comparable à ce qui s'observe sur l'holotype (pl. 77, fig. 1, la-e).

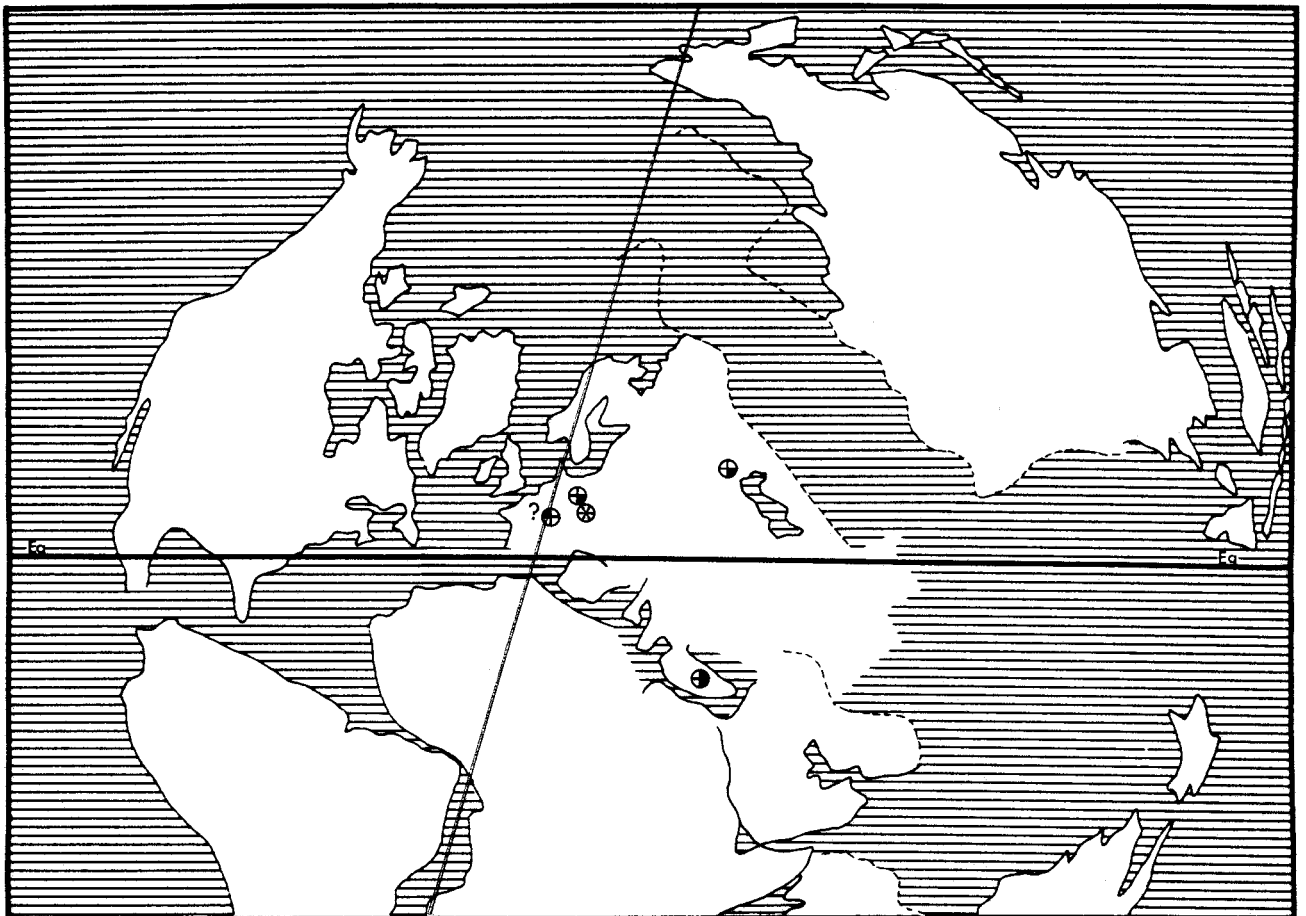
Le lobe basal catadrome est dressé et indivis alors que les autres lobes ont tous amorcé leur segmentation ; les sommets des indentations apicales s'inscrivent aussi dans une courbe très ouverte. Les pennes de notre échantillon présentent par conséquent un degré de différenciation identique à celui de la penne sommitale gauche de l'holotype (pl. 77, fig. 1) et répondent bien à la définition de *Discopteris vuellersii*.

L'aspect dissymétrique des pinnules laciniées est très caractéristique et aucune autre espèce ne risque d'être confondue même à l'état stérile avec *D. vuellersii*. Je ne partage pas du tout l'avis d'Egemen (1959, p. 8) qui considère le *Sphenopteris limai* Zeiller (1899, pl. II, fig. 12-13A) comme un synonyme de *D. vuellersii*. Certes les spécimens en question ont des pinnules laciniées mais l'agrandissement 13A proposé par Zeiller montre très bien qu'elles ne sont pas dissymétriques : leur lobe basal catadrome est au moins aussi développé et divisé que son équivalent anadrome.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Le spécimen conservé dans la typoshèque de l'Université Claude Bernard de Lyon provient du sondage de *Jézainville* où il a été récolté à 803,00 m de profondeur. Pruvost (1934, p. 71) estime que les niveaux traversés par ce sondage correspondent vraisemblablement au conglomérat de Merlebach d'âge Westphalien D inférieur ; mais un doute subsiste sur cette interprétation.

Répartition générale :



Texte-fig. 83 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Discopteris vuellersii* Stur

DISCOPTERIS DANZEI nov. sp.

Planche 78

Derivatio nominis :

Dédié à la mémoire de Monsieur J. Danzé pour ses travaux sur les flores sphénoptéridiennes du Bassin du Nord-Pas-de-Calais.

Holotype :

- . Echantillon figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 8, fig. 7, repris ici en 1, 1a-f, pl. 78
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, groupe de Frankenholz, toit de la veine 9, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen
- . Collection : Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/7281

1978 *Sphenopteris dissymetrica*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, pl. 8, fig. 7

Les collections du Saarbergwerke de Sarrebruck renferment deux spécimens portant des empreintes de fructification circulaires dont aucune n'est malheureusement conservée. L'emplacement des sores et leur taille relative rappellent tout à fait ce qui s'observe chez les espèces les plus caractéristiques du genre *Discopteris*. Comme en outre les pinnules sont nettement dissymétriques avec des lobes catadromes peu développés et que les éléments basaux des pennes sont remplacés par des aphilébies, j'ai attribué ces échantillons au genre *Discopteris*. Le matériel, bien que peu abondant, m'a paru suffisamment bien caractérisé pour autoriser la création d'une espèce nouvelle que je suis heureuse de dédier à la mémoire de Monsieur J. Danzé, pour ses travaux sur les Sphénoptéridées du bassin houiller du Nord de la France.

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome ;
- Feuillage stérile : opulent ; rachis ronds, lisses, faisant entre eux des angles de 75° ;
pennes non recouvrantes, rubanées, leur maximum de largeur situé à peu près au 1/4 proximal de leur longueur ; forte réduction des pennes basales anadromes et catadromes de dernier ordre ou d'ordre n-1 transformées en éléments aphiléboïdes ; pinnules évoluées dissymétriques à différenciation très rapide, constituées de 3-4 paires de lobes : lobe basal catadrome indivis en forme d'ergot, lobe anadrome correspondant très opulent et au moins quadripartite ; pinnules basales anadrome et catadrome généralement plus petites que leurs voisines ;
nervation fine, bien visible ; nervure médiane légèrement décurrente, envoyant une ramification vers chaque indentation du limbe.
- Feuillage fertile : identique au feuillage stérile ; développement acroscopique des fructifications ; sores circulaires situés sur le limbe dans la partie apicale des pinnules, sur le trajet des nervures médianes ; nombreux sporanges juxtaposés par sore ; nombre exact de sporanges indéterminé ;
spores inconnues.

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le spécimen le plus différencié (= holotype, pl. 78, fig. 1) est constitué d'un

fragment de rachis d'ordre n-2 sur lequel sont insérées deux pennes d'ordre n-1 incomplètes. Quelques pennes de dernier ordre, parallèles entre elles étaient vraisemblablement insérées sur un troisième rachis d'ordre n-1 (ou n-2 ?), non conservé, également attaché au rachis principal. L'organisation de la fronde est donc au moins tripinnatifide (peut-être quadri-pinnatifide). La priorité de construction catadrome est bien visible au niveau de la nervation.

Quelques dimensions : échantillon figuré en 1, pl. 78

- . largeur du rachis principal d'ordre n-2 = 2,5 mm
- . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 0,8 mm
- . longueur d'une penne de dernier ordre = 33 mm
- . longueur d'une pinnule évoluée = 5,5 mm

Une forte réduction affecte les éléments basaux des pennes d'ordres n, n-1. Le degré de division atteint par les parties droite et gauche de l'échantillon (pl. 78, fig. 1) permet de l'orienter. On voit ainsi :

- qu'au niveau de l'insertion de la penne d'ordre n-1 droite, la penne basale catadrome de dernier ordre est remplacée par un élément aphyloboïde (flèche) ; les choses sont plus confuses côté anadrome,

- qu'au niveau de l'insertion de la penne d'ordre n-1 gauche, la penne basale anadrome est elle aussi remplacée par une aphylobie très courte ; le côté catadrome est mal conservé.

Cette réduction se retrouve au niveau des pinnules basales des pennes de dernier ordre.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis sont ronds et lisses. Les insertions des deux rachis n-1 se font selon un angle de 75° environ.

b.- pennes :

Elles ont une allure un peu rubanée mais les pinnules basales sont plus réduites que les suivantes : les pennes présentent leur largeur maximale à peu près au 1/4 proximal de leur longueur puis se rétrécissent progressivement jusqu'à leur sommet.

c.- pinnules :

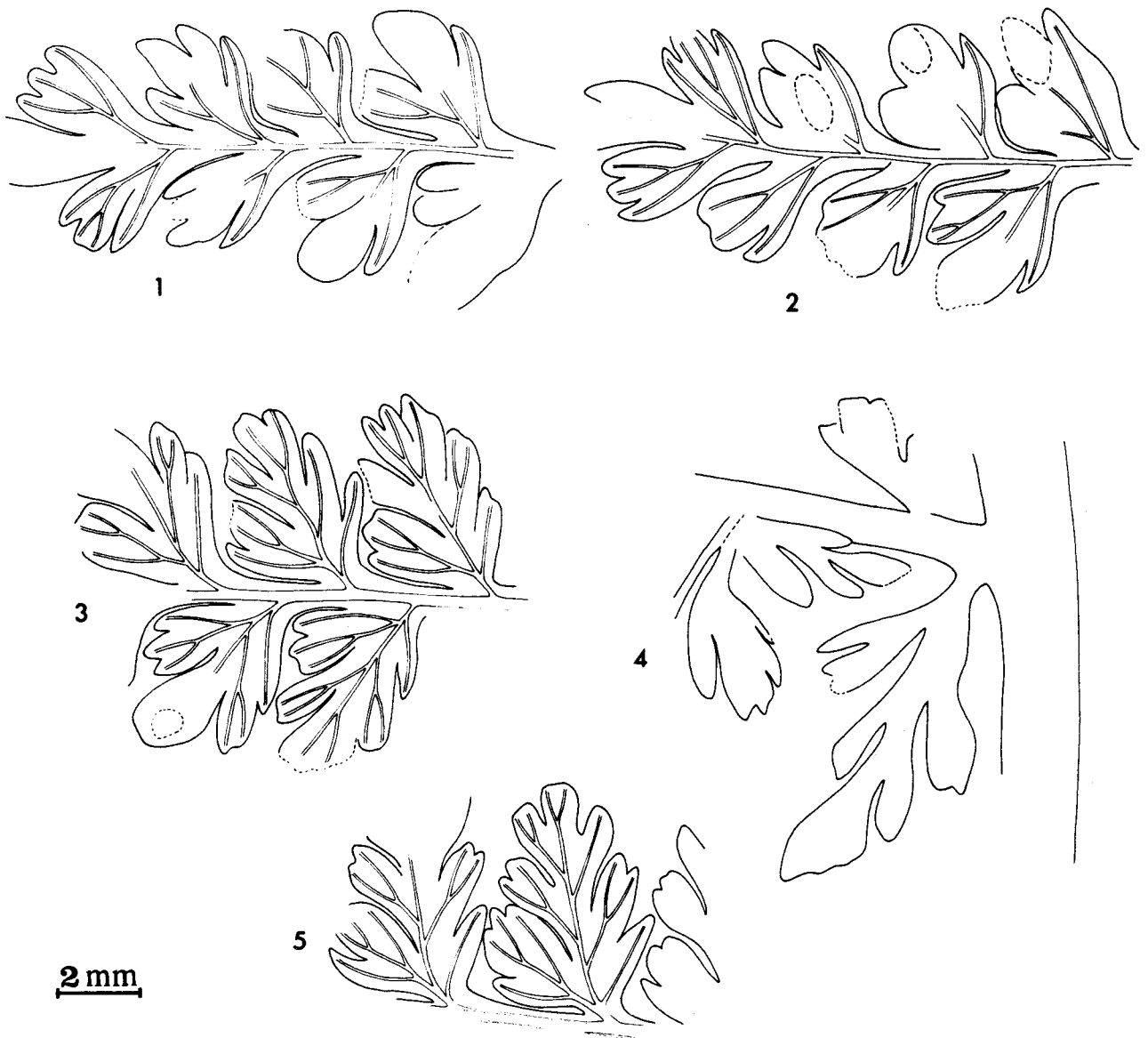
Elles sont opulentes et nettement dissymétriques (texte-fig. 84, 1, 3, 5) ; leur différenciation est en outre très rapide. La pinnule peu évoluée (ou lobe) a la forme d'une languette à sommet pointu, très inclinée sur le rachis. Elle se redresse très vite sur le rachis et les divisions s'amorcent. La deuxième pinnule apicale est déjà constituée de deux lobes basaux (le premier différencié étant catadrome) et son apex est légèrement incisé. Le lobe basal anadrome s'élargit fortement alors que le lobe basal catadrome reste spiniforme. L'incision du lobe basal anadrome est contemporaine de l'apparition de la deuxième paire de lobes. L'apparition successive des lobes se poursuit ainsi que leur segmentation. Mais cette dernière est beaucoup plus intense côté anadrome. Les pinnules évoluées (texte-fig. 84, 5) comptent trois ou quatre paires de lobes dont la paire basale est particulièrement dissymétrique : lobe catadrome toujours indivis et spiniforme, lobe anadrome au moins quadripartite.

d.- nervation :

Elle est fine mais bien visible avec une nervure médiane légèrement décurrente qui se divise autant de fois qu'il est nécessaire pour irriguer chacune des indentations du limbe (texte-fig. 84, 3, 5).

3) Feuillage fertile :

Le développement des fructifications n'altère pas la morphologie limbaire (texte-fig. 84, 2). L'emplacement des sores se marque sur les échantillons par des dépressions circulaires, situées sur le limbe, dans la partie apicale des pinnules, apparemment sur le trajet des nervures médianes. Dans une de ces dépressions quelques petits pointements sont visibles ; ils correspondent sans doute à des sporanges juxtaposés, mais il n'a pas été possible de préciser davantage l'organisation des fructifications. Les prélèvements pour les spores *in situ* n'ont donné aucun résultat.



Texte-fig. 84 - Quelques aspects du limbe stérile et fertile de *Discopteris danzei* nov. sp.
1, 2 - Premières étapes de la différenciation limbaire, emplacement des sores.
3, 5 - Quelques pinnules évoluées (peut-être déjà de petites pennes).
4 - Transformation de la penne basale catadrome en un segment aphyllé, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 78.

Remarques et discussion :

La disposition des fructifications de ces spécimens rappelle beaucoup celle observée chez *D. vuellersii* ou *D. schumannii*. Comme en outre le limbe stérile présente toutes les caractéristiques des autres espèces du genre : pinnules rendues dissymétriques par le plus faible développement des lobes catadromes, remplacement des éléments basaux, au moins catadromes, par des aphyllés, il m'a semblé que cette attribution générique était la meilleure.

L'un des échantillons décrits (pl. 78, fig. 1) a été figuré par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 8, fig. 7) sous le nom de *Sphenopteris dissymetrica* Danzé. J'ai déjà signalé (p. 149) les raisons pour lesquelles je considère que cette espèce ne peut être maintenue.

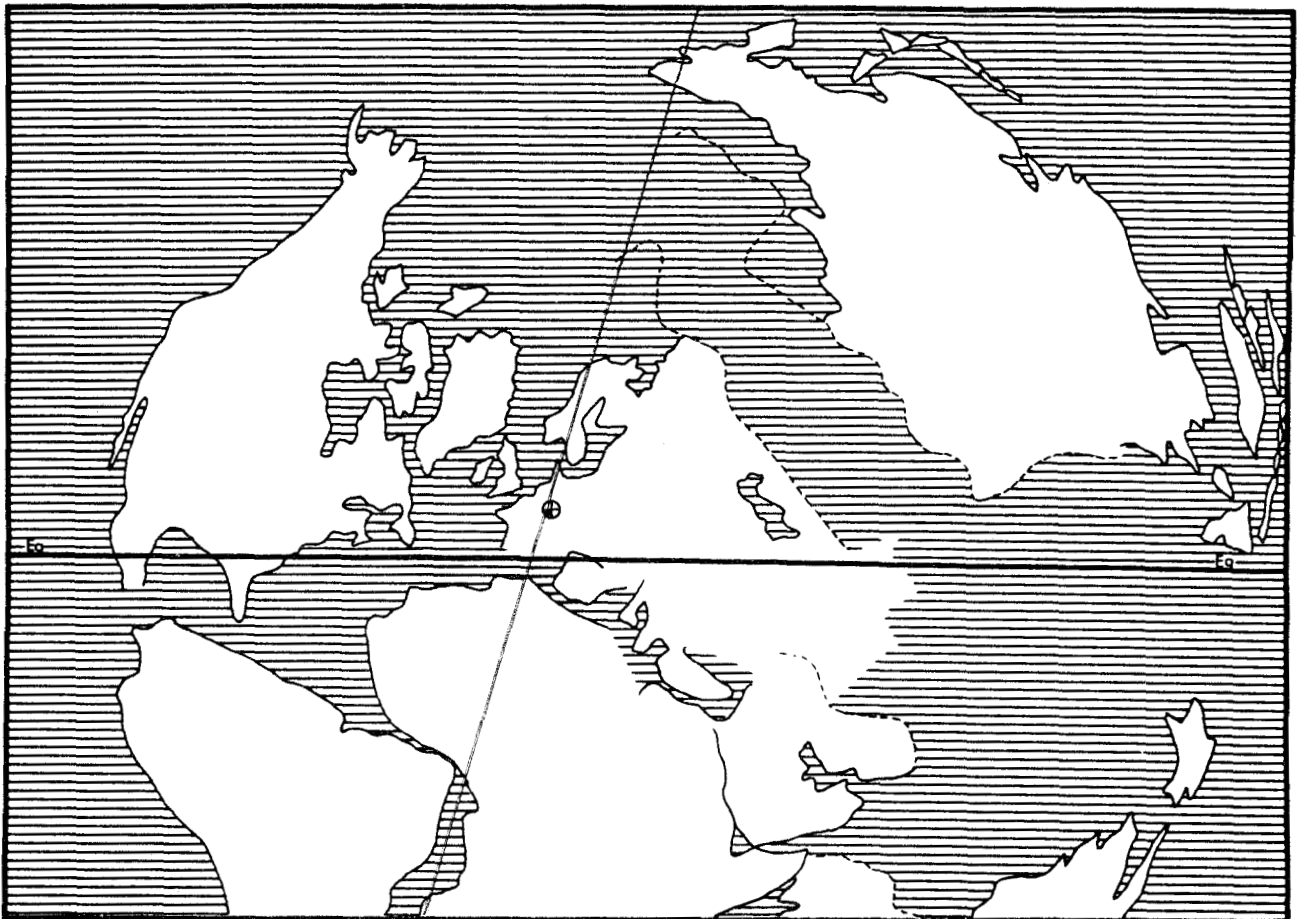
L'échantillon très fragmentaire à partir duquel Danzé l'a décrite ressemble beaucoup à certaines formes de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) et, à mon avis, doit être rapporté à cette espèce. Par conséquent la détermination d'Alvarez Ramis et al. est caduque.

Aucune autre espèce du genre *Discopteris* ne montre des pinnules aussi opulentes que ces deux spécimens lorrains. Leur différenciation limbale est très caractéristique ainsi que la réduction qui affecte les éléments basaux des divers segments. C'est pourquoi, bien que le matériel soit peu abondant, il m'a paru nécessaire de créer à son intention une espèce nouvelle que je suis heureuse de dédier à la mémoire de Monsieur J. Danzé.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Les deux échantillons proviennent du groupe de *Frankenholz* où ils ont été récoltés au toit des veines 9 et 11, dans des niveaux situés dans le 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, d'âge Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

Répartition générale :



Texte-fig. 85 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Discopteris danzei* nov. sp.

«DISCOPTERIS» *OPULENTA* Danzé

Planche 79

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Danzé 1956, pl. XIX, fig. 5, 5a
- . Origine : Bassin du Nord-Pas-de-Calais, siège de Bruay, fosse 5, assise indéterminée
- . Collection : Laboratoire de Paléobotanique de Lille, n° MHL 1920

- 1937 *Ovopteris carolensis* P. Bertrand *nomen nudum*, p. 69
- 1953 *Sphenopteris* sp. Guthörl, p. 167, pl. 20, fig. 8
- v. 1956 *Discopteris opulenta* Danzé, p. 267, pl. XIX-XX ; pl. XXI, fig. 5, 6 ; texte-fig. 22
- ? 1971b *Sphenopteris opulenta* R.H. Wagner, p. 486, pl. 10, fig. 1, 1a
- 1979b "*Discopteris*" *opulenta*, Brousmiche, p. 106, pl. VIII-IX ; texte-fig. 1, 2

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis ailés, droits, portant un profond sillon, peu décurrents ; pennes triangulaires allongées se recouvrant largement ; pinnules peu évoluées décurrentes, obliques sur le rachis auquel elles sont attachées par toute leur base, adhérentes entre elles ; contour entaillé par deux sinus courts et larges formés presque simultanément sur le lobe non individualisé, avant son passage au rang de pinnule ; maximum de différenciation de la pinnule correspondant à l'apparition de la cinquième paire de lobes ; lobe basal catadrome anormal, à limbe réduit autour d'une nervure unique, en forme d'épine ou d'ergot ; nervation composée d'une nervure médiane envoyant dans chaque indentation du limbe une ramification simple.
- Feuillage fertile : identique au feuillage stérile ; sores situés au sommet des lobes, à l'intérieur du limbe ; lobe basal spiniforme toujours stérile ; sore composé de 6 à 7 sporanges disposés en rosette sur un réceptacle commun rond ou ovale ; sporanges ovoïdes, sessiles, dépourvus d'anneau, longs de 0,5 à 0,6 mm et larges de 0,3 à 0,4 mm ; spores de type *Leiotriletes* (Naumova) ou *Punctatisporites* (Ibrahim) dont la taille varie de 30-42 μ .

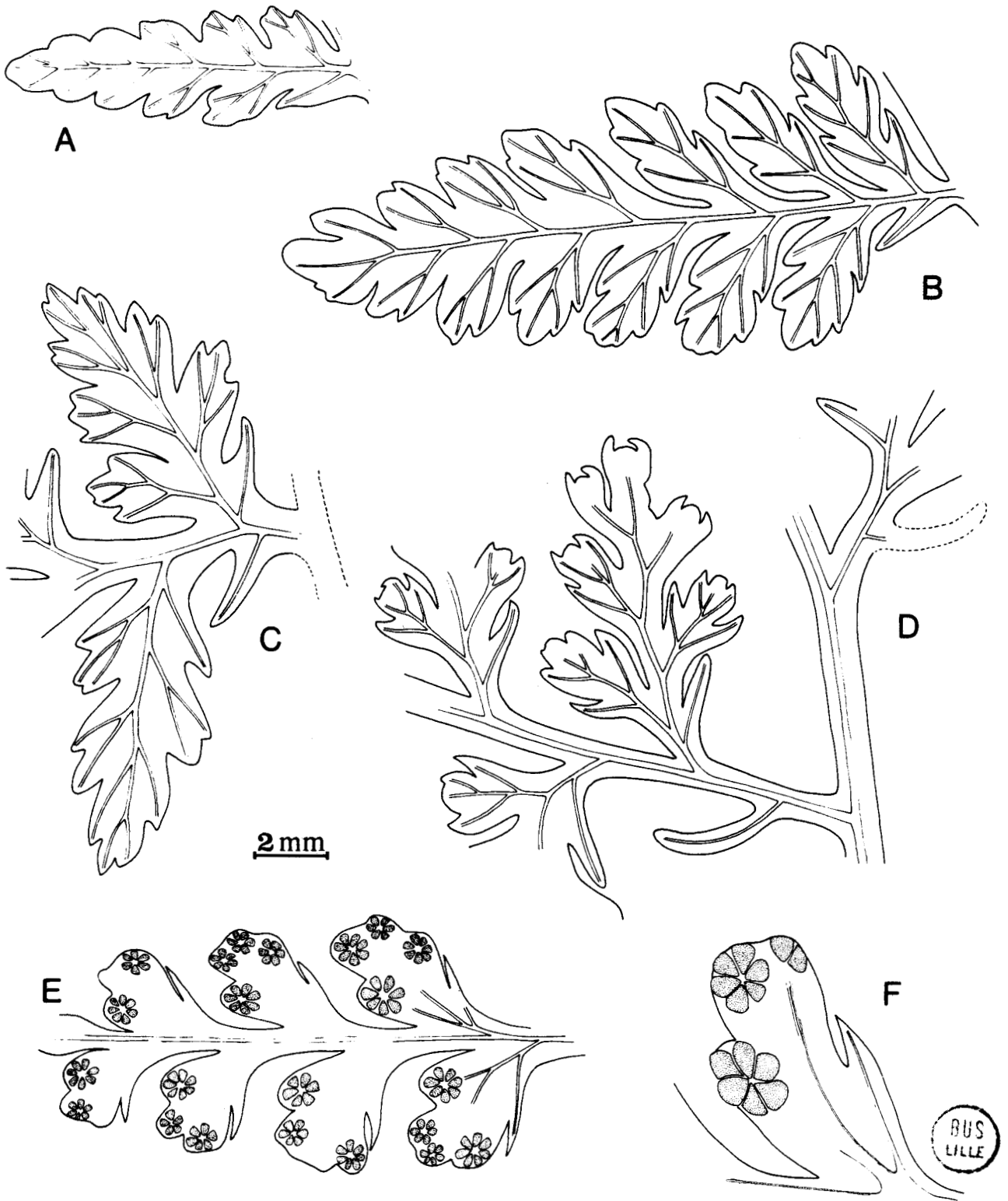
Description :

Le lecteur trouvera une description détaillée de l'espèce dans un travail antérieur (1979b, p. 106). Les dessins de la texte-fig. 86 récapitulent les variations de l'aspect du limbe en fonction de son degré de division (A-D) et proposent une reconstitution de la fructification.

Remarques et discussion :

J'ai déjà exposé (p. 280) les raisons pour lesquelles j'ai préféré laisser "*D.*" *opulenta* dans son genre d'origine même si le nombre de sporanges composant un sore est très inférieur à ce que l'on a coutume d'observer chez les autres espèces du genre.

La différenciation anormale des éléments basaux catadromes de tous ordres transformés en ergots de petite taille et les rachis largement ailés marqués d'un profond sillon longitudinal sont très caractéristiques de l'espèce et permettent de l'identifier très facilement.



Texte-fig. 86 - Caractéristiques essentielles du limbe stérile et fertile de "*Discopteris*" *opulenta* Danzé, reprise partielle d'un travail antérieur, 1979b, fig. 1, 2.
A-D - Fragments présentant des stades variés de différenciation. Remarquer les éléments catadromes spiniformes à la base de tous les segments.
E-F - Reconstitution de l'organisation des fructifications.

J'avais émis quelques réserves (1979b, p. 111) à propos de la détermination par R.H. Wagner (1971b, p. 486, pl. 10, fig. 1, la) d'un spécimen récolté en Espagne, réserves que semblaient confirmer les données stratigraphiques. En effet, le bassin sarro-lorrain, à cette époque, n'avait fourni aucun échantillon d'âge Westphalien D alors que le spécimen figuré par R.H. Wagner provient d'un niveau situé dans la moitié supérieure du Westphalien D. J'ai depuis récolté plusieurs échantillons dans des niveaux équivalents aussi l'argument stratigraphique perd-il toute signification. L'échantillon de R.H. Wagner n'est toutefois guère typique de "*D.*" *opulenta*.

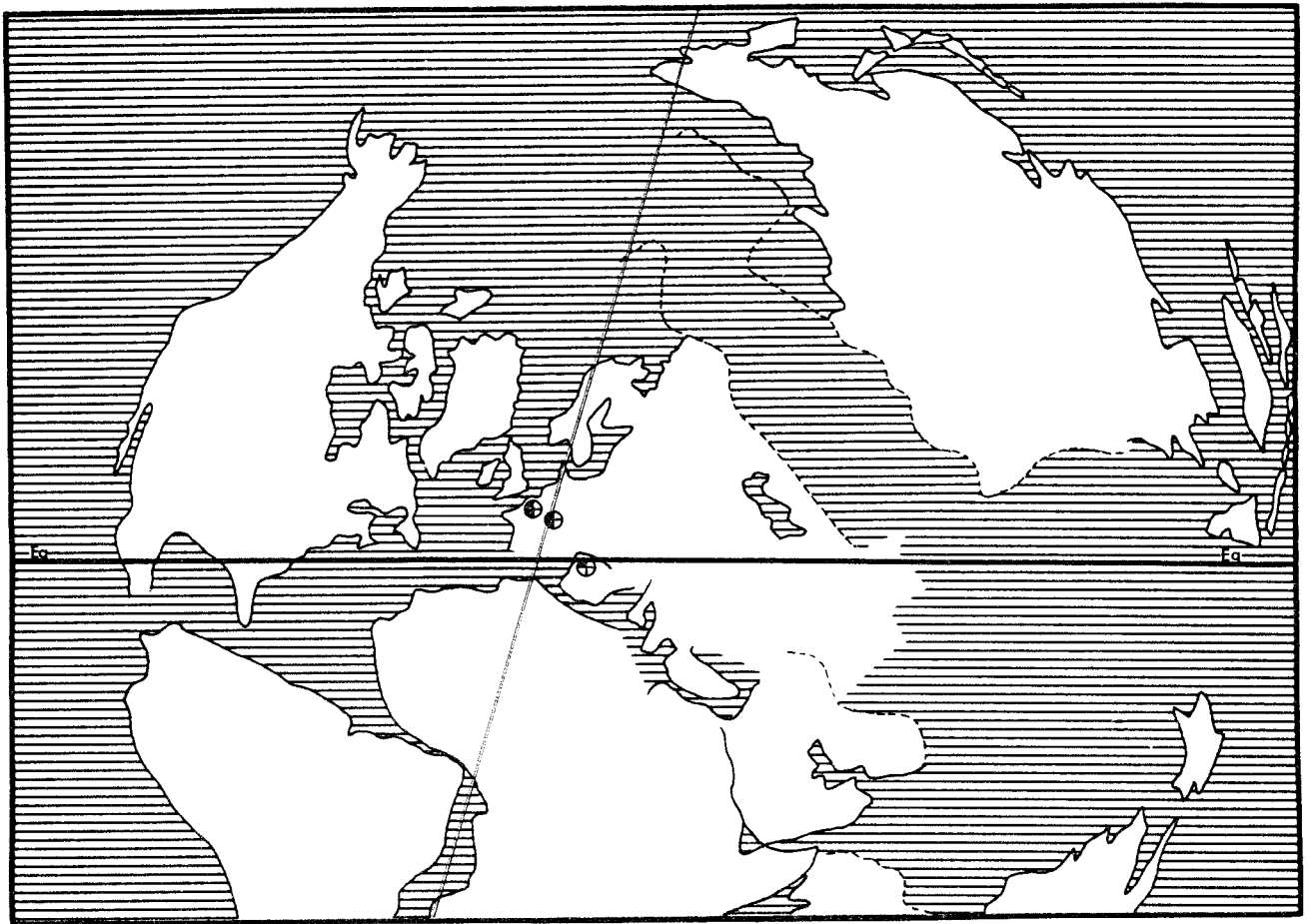
Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage d'*Hargarten 2* (= *Moulin du Soleil*) à 729,30 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431572).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Ste-Fontaine*, veine 1, un peu sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431552-431555).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Barrois* à 526,75 m, sommet du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431565).
 - Sondage du *Champ de tir* à 852,10 m, 170 m sous T200, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431567).
 - Sondage de *Cocheren 4* à 1085,70 m, conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431566).
 - Siège de *Cuvelette*, veine 9, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431581-431582).
 - Groupe de *Frankenholz*, sans autre précision (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431592).
 - Sondage de *Gargan 1* à 636,80 et 951,54 m, stérile de Geisheck et faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431563-431564).
 - Sondage d'*Hargarten 1* à 1261,75 m, faisceau de Tritteling, Westphalien D moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431569).
 - Bowette d'*Hirschbach* à 1271,00 m de la veine 21, Westphalien D tout à fait inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431573-431580).
 - Sondage de *Hombourg 2/6* à 556,50 ; 632,80 ; 634,80 ; 742,00 ; 742,01 ; 742,02 ; 742,03 m, pour information T280 à 564,01 m, T300 à 885,93 m, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431556-431562).
 - Terris de *la Houve*, stériles d'âge Westphalien D ou niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431593-431594).
 - Siège de *Merlebach*, puits V, veine 12, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431583).
 - Terris de *Nordfeld*, sans autre précision (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431599).
 - Siège de *Petite-Rosselle*, puits *St-Charles*, veine 14, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431584-431591).
 - Groupe de *Reden*, veine *Kahlenberg*, *Luisenthaler Schichten*, entre T100 et T200, Westphalien D inférieur ou C supérieur (Coll. du Museum für Naturkunde de Berlin).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 1* à 404,45 ; 497,70 ; 497,73 ; 498,82 ; 499,00 ; 499,20 ; 499,21 ; 499,22 ; 501,45 ; 686,70 ; 686,72 ; 686,76 ; 686,78 ; 699,57 m, du sommet à la base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431501-431515).
 - Sondage de *Ste Fontaine 2* à 612,21 ; 762,41 ; 908,85 ; 968,80 ; 968,85 ; 1103,20 ; 1103,21 ; 1103,23 m, base du stérile de Geisheck et 1/2 supérieure du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431516-431523).
 - Sondage de *Ste Fontaine 3* à 867,27 ; 867,28 ; 1027,63 m, pour information T300 à 1115,95 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431524-431526).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 631,88 ; 659,73 ; 676,56 ; 676,58 ; 884,96 ; 884,98 ; 937,40 ; 937,56 ; 937,58 ; 1034,36 ; 1055,52 ; 1071,50 ; 1071,98 m, pour information T300 à 1117,18 m, 1/3 moyen du stérile de Geisheck à 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431527-431539).

- Sondage de *Ste Fontaine 6* à 747,50 ; 814,48 ; 814,50 ; 814,51 ; 814,52 ; 814,54 ; 814,55 ; 814,56 ; 814,57 ; 814,58 ; 830,00 ; 1268,80 m, pour information T300 à 1153,32 m, base du stérile de Geisheck et 1/2 supérieure du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur à inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431540-431551).
- Sondage de *Steinberg* à 534,70 ; 581,40 m, 1/2 supérieure du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431570-431571).
- Sondage de *Valmont 4* à 1549,00 m, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 431568).

"*Discopteris*" *opulenta* est donc fréquent dans le bassin sarro-lorrain, sa répartition y est beaucoup plus vaste que je le pensais en 1979 puisqu'elle commence un peu au-dessous du T300, Westphalien C inférieur et se termine dans le faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur.

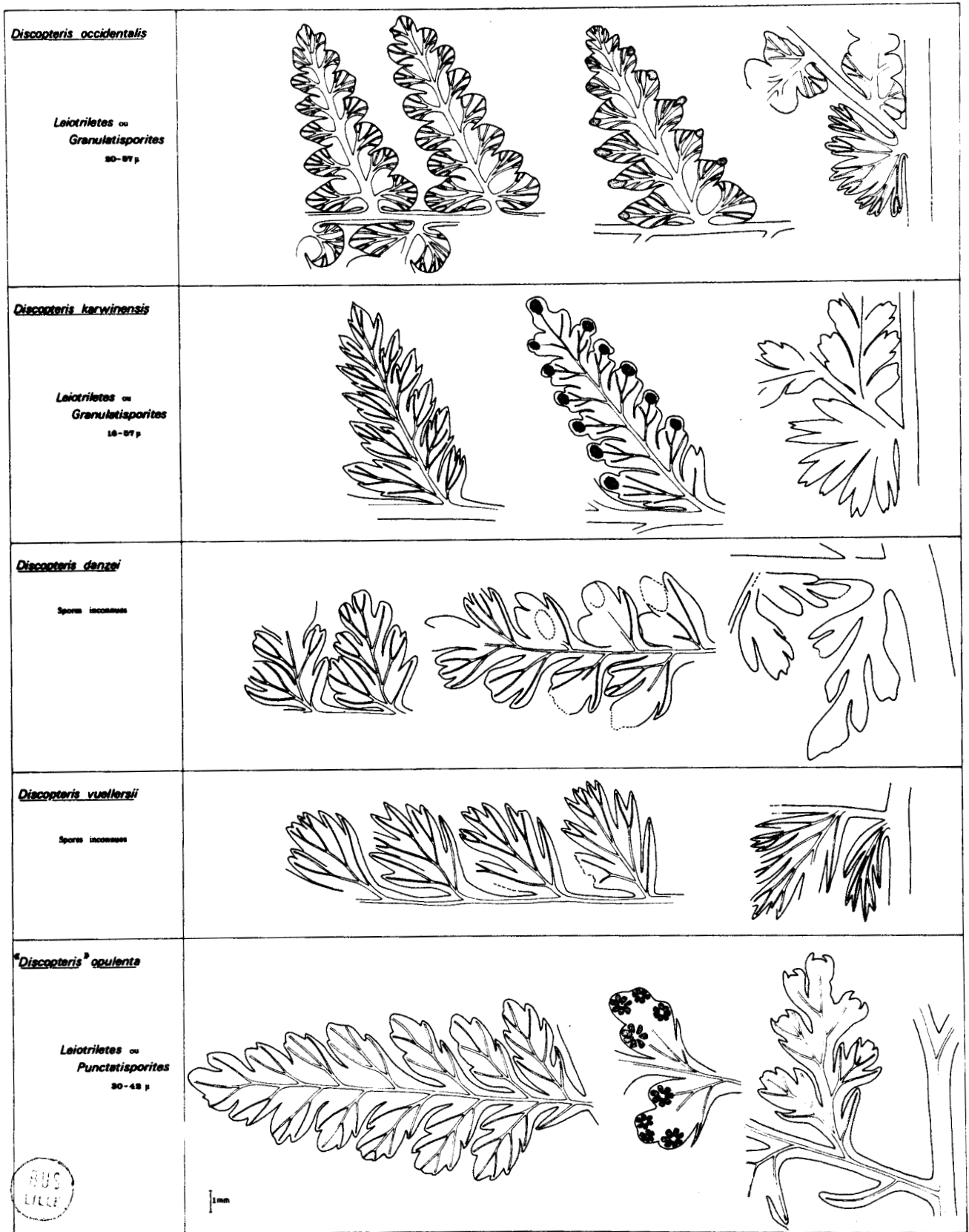
Répartition générale :



Texte-fig. 87 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de "*Discopteris*" *opulenta* Danzé.

CONCLUSIONS SUR LE GENRE *DISCOPTERIS* Stur

Le genre *Discopteris* est représenté dans le bassin sarro-lorrain par quatre espèces dont une nouvelle : *Discopteris occidentalis* Gothan, *Discopteris vuellersii* Stur, "*Discopteris*" *opulenta* Danzé, *Discopteris danzei* nov. sp. En dehors de "*Discopteris*" *opulen-*



Tabl. 13 - Etude comparative des principaux caractères morphologiques des espèces sarro-lorraines rapportées au genre *Discopteris* Stur.

ta dont le nombre des sporanges par sore est relativement faible, le genre est très stable tant au niveau de l'organisation des fructifications que du type des spores fournies. En outre, les espèces qui lui sont rapportées présentent, au niveau du limbe stérile, un certain nombre de points communs qui contribuent à le rendre encore plus homogène : dissymétrie des pinnules et développement anormal des éléments catadromes réduits ou au contraire transformés en aphilébies laciniées mais opulentes (tabl. 13).

Jusqu'ici l'extension stratigraphique du genre semblait se limiter au Westphalien supérieur puisque *Discopteris occidentalis* qui possède la répartition stratigraphique la plus vaste est présent dès le sommet du faisceau de Rothell (Westphalien B supérieur) jusqu'au sommet du faisceau de Steinbesch (Westphalien D supérieur). Mais il est possible que le genre soit encore présent dans les niveaux inférieurs du Stéphanien. Je décris en effet à la fin de cet ouvrage un certain nombre d'échantillons stériles que je rapproche du genre *Discopteris* justement par la présence de pinnules dissymétriques et d'éléments basaux catadromes transformés en aphilébies laciniées.

GENRE *STELLATHECA* Danzé

Espèce-type : *Stellatheca latiloba* Danzé, 1956

v. (pars) 1956 *Stellatheca* Danzé, p. 67, 283
1971 *Stellatheca*, Pfefferkorn, Peppers et Phillips, p. 5

Le genre *Stellatheca* a été créé par Danzé pour définir un nouveau type de fructification de fougère protoleptosporangiée du bassin du Nord de la France, sa diagnose ayant été établie à partir de la description de l'espèce-type *St. latiloba* Danzé.

Depuis Pfefferkorn et al. (1971) ont récolté à Mazon Creek (Etats Unis) des échantillons se rapportant à *St. latiloba* mais aussi des spécimens présentant le même type de fructifications qu'ils rapportent à *Pecopteris ornata* Lesquereux, définissant ainsi une seconde espèce dans le genre *Stellatheca*. Les prélèvements *in situ* sur le matériel américain ont permis à ces auteurs de compléter la diagnose proposée par Danzé en ce qui concerne les spores.

Diagnose :

(d'après Danzé, 1956, p. 283 ; Pfefferkorn et al., 1971, p. 5).

"Fructification de fougère protoleptosporangiée, composée de 6 à 12 sporanges groupés radialement en un cercle autour d'un réceptacle, 1 à 3 sporanges pouvant se trouver en position centrale ; fructifications situées sur la face inférieure du limbe, entre la nervure médiane et le bord du limbe ; sporanges ovoïdes, sans anneau, avec une calotte apicale rudimentaire formée de quelques cellules courtes et élargies ; paroi du sporange constituée par des cellules allongées et disposées en files régulières ; sporanges attachés sur le réceptacle par une extrémité légèrement effilée, leur calotte apicale étant à l'extérieur du cercle".

"Spores trilètes, circulaires à subcirculaires ; lèvres généralement indistinctes mais s'étendant sur les 3/4 du rayon de la spore ; ornementation composée de petits cônes" (traduction de l'anglais)

Remarques et discussion :

L'organisation des fructifications du genre *Stellatheca* est assez voisine de celle des genres *Oligocarpia* Goeppert et *Discopteris* Stur. Dans les trois cas, les sores sont

composés le plus souvent de nombreux sporanges insérés de façon rayonnante sur un réceptacle commun. Mais chez *Oligocarpia* les sporanges sont munis d'un anneau presque continu constitué d'une rangée de cellules de grande taille dont les parois sont fortement épaissies. Les anneaux toujours très apparents délimitent le contour des sores. Les sporanges de *Stellatheca* sont au contraire dépourvus d'anneau et ne montrent qu'une calotte apicale rudimentaire. Par conséquent toute confusion entre *Stellatheca* et *Oligocarpia* paraît exclue.

La distinction entre *Stellatheca* et *Discopteris* est beaucoup moins aisée. Révisant le matériel type de Stur, Pfefferkorn (1978, p. 172) propose une nouvelle diagnose du genre *Discopteris* dans laquelle il décrit la paroi sporangiale comme étant constituée d'une plaque apicale composée de cellules polygonales et d'un anneau massif plurisériel occupant presque toute la surface du sporange.

Dans un travail antérieur (1977, p. 109) j'ai déjà signalé qu'on ne peut pas vraiment parler d'un anneau chez *Discopteris karwinensis* Stur au sens où on l'entend couramment car l'épaississement des parois concerne la presque totalité des cellules de la paroi sporangiale. De plus, lorsque la conservation des échantillons est imparfaite, il est bien difficile d'apprécier le degré d'épaississement des parois cellulaires.

Dans ces conditions, les critères permettant de différencier *Stellatheca* et *Discopteris* sont très limités. Chez les deux genres, les fructifications sont composées de sporanges assez nombreux, dépourvus d'anneau et disposés de façon rayonnante sur un réceptacle commun. Le nombre de sporanges par sore ne constitue pas un argument valable puisque nous avons vu chez *Oligocarpia* (p. 234), genre parfaitement défini par ailleurs, que ce nombre est susceptible de beaucoup varier (de 3 à 30). Le fait que les sporanges soient disposés en cercle autour de quelques autres occupant une position centrale n'est pas non plus déterminant comme nous l'avons vu également chez *Oligocarpia*. L'ornementation des spores enfin est aussi un critère peu significatif puisqu'il est étroitement lié au degré de maturation des échantillons.

Tels que les genres ont été définis, il apparaît donc que les seuls critères qui permettraient éventuellement de les différencier portent sur la morphologie limbaire - les espèces du genre *Discopteris* présentent un limbe très découpé, nettement sphénoptéridien avec de nombreux éléments aphyloïdes alors que les espèces du genre *Stellatheca* sont nettement pécoptéridiennes. La position qui consisterait à séparer les deux genres à partir de ces seuls critères serait tout à fait contradictoire avec celle que j'ai adoptée pour les espèces du genre *Oligocarpia* d'autant plus qu'on ne dispose en fait que de très peu d'informations sur les limbes associés aux deux espèces connues du genre *Stellatheca*.

Lors de la création de *Stellatheca latiloba*, Danzé associe en effet au spécimen fertile un fragment de penne stérile d'origine indéterminée. Il effectue ce rapprochement parce que "l'allure régulièrement arrondie des pinnules appartenant à cet élément correspond à celle des pinnules fertiles". Ceci paraît un peu hâtif d'autant que Danzé ressent la nécessité d'attribuer à ce fragment une position subterminale pour justifier la plus petite taille des rachis et des penes.

Les informations fournies par le matériel américain ne sont guère plus précises puisqu'il s'agit toujours de fragments largement fructifiés non connectés avec du limbe stérile. Le principal critère utilisé par Pfefferkorn et al. (1971, p. 10) pour différencier l'espèce américaine *St. ornata* de l'espèce-type est la présence de rachis de dernier ordre largement ailés chez la première, nus ou faiblement ailés chez la seconde. Ces auteurs s'accordent à reconnaître la faiblesse d'un tel caractère, compte tenu qu'on observe fréquemment des variations de même ordre entre des fragments situés à des niveaux différents d'une fronde.

Par conséquent, il ressort de cette discussion que les définitions originales des genres *Discopteris* et *Stellatheca* sont tout à fait insuffisantes et qu'un gros travail reste à effectuer sur les espèces qui jusqu'ici ont été attribuées au second. Etant donné que le bassin sarro-lorrain n'a fourni qu'un seul spécimen fertile correspondant à ce type de fructification, il m'est tout à fait impossible d'aller plus avant dans la discussion. Son aspect étant plutôt pécoptéridien, j'ai choisi de le rapprocher du genre *Stellatheca* en marquant, par l'emploi d'une nomenclature largement ouverte, mes hésitations et l'éventualité d'une synonymie de ce genre avec le genre *Discopteris* Stur.

STELLATHECA sp.

Planche 80, fig. 1

Description :

Le spécimen lorrain se compose d'une extrémité de penne d'avant-dernier ordre largement fructifiée et de quelques fragments indépendants de pennes de dernier ordre.

L'aspect du feuillage est pécoptéridien mais les contours du limbe n'apparaissent pas clairement, chaque pinnule peu évoluée (ou lobe d'une pinnule évoluée) étant occupée par un amas de sporanges. La largeur du rachis principal d'ordre n-1, estimée à 1,5-2 mm est assez remarquable compte tenu qu'il s'agit d'une extrémité de penne.

La disposition des sores est aussi caractéristique : les amas de sporanges sont situés en bordure du limbe laissant entièrement libre la partie médiane des pinnules. Danzé interprète cette disposition de la façon suivante : les pinnules d'aspect pécoptéridien sont coalescentes à la base, sur un tiers à peu près de leur longueur ; les fructifications ne se développant que sur la partie libre du limbe, une zone centrale assez large reste nue. Cette interprétation correspond exactement à mes observations.

Les amas de sporanges bien séparés semblent résulter de l'étroite juxtaposition ou de l'enchevêtrement de plusieurs sores. Leur disposition originale apparaît encore en quelques points privilégiés du transfert figuré en lc-g, pl. 80. Là où l'enchevêtrement n'est pas trop prononcé, les amas sporangiaux se révèlent constitués de la juxtaposition de 2 ou 3 sores (le plus souvent 3) composés de 6 à 7 sporanges disposés en cercle autour d'un sporange central. Mais dans la plupart des cas, la fusion des sores est telle qu'il est impossible de reconnaître un quelconque arrangement.

Les sporanges ovoïdes mesurent 0,3 à 0,4 mm dans leur plus grande dimension et sont fixés au réceptacle commun par leur extrémité la plus fine. Leur paroi est constituée de cellules allongées régulièrement disposées, sans épaississement particulier. Le transfert n'a pas permis de préciser s'il existe ou non une calotte apicale.



Plusieurs prélèvements ont été effectués sans aucun résultat pour ce qui concerne les spores *in situ*.

Remarques et discussion :

L'organisation des fructifications du spécimen lorrain répond parfaitement à la définition originale du genre *Stellatheca* comme en témoigne la comparaison du résultat de son transfert (pl. 80, fig. lc-g) avec les figurations de Danzé (1956, pl. XLIV, fig. 1, la-c). Si le genre *Stellatheca* mérite effectivement d'être maintenu, il ne fait aucun doute que notre spécimen doit lui être rapporté.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

L'échantillon a été récolté dans le sondage de *Morsbach* à 1480,30 m, profondeur qui correspond au sommet du faisceau de Laudrefang, sommet du Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 434451).

Un seul des trois spécimens décrits par Danzé a une origine précise : siège de *Brucy*, fosse 5, 2^e veine = 1/3 moyen du faisceau de Six-Sillons = base du Westphalien C moyen.

Le matériel américain étudié par Pfefferkorn et al. (1971) provient du Membre Francis Creek de la *Formation Carbondale* à laquelle ces auteurs attribuent un âge Westphalien D.

FORMES SPHENOPTERIDIENNES STERILES *INCERTAE SEDIS*

GENRE *DESMOPTERIS* Stur

Espèce-type : *Desmopteris longifolia* (Sternberg) in Goepfert, 1836

- 1883 *Desmopteris* Stur, p. 700
- 1885 *Desmopteris*, Stur, p. 179
- 1888 *Desmopteris*, Zeiller, p. 216
- 1910 *Desmopteris*, Renier, p. 20
- 1911 *Desmopteris*, Kidston, p. 60
- 1913 *Desmopteris*, Gothan, p. 118
- 1938 *Desmopteris*, Němejč, p. 25, 48
- 1954 *Desmopteris*, Gothan et Weyland, p. 138, 140
- 1955 *Desmopteris*, Daber, p. 24
- 1955 *Desmopteris*, Crookall, p. 50
- 1959 *Desmopteris*, W. Remy et R. Remy, p. 198
- 1968 *Desmopteris*, Vetter, p. 125
- 1977 *Desmopteris*, W. Remy et R. Remy, p. 248

Diagnose :

- Fronde au moins bipinnée.
- Feuillage stérile : rachis fins, parfois flexueux, ponctués et striés longitudinalement ;
pinnules rubanées, six à dix fois plus longues que larges, sessiles, non coalescentes ; libres à la base ou soudées au rachis par toute leur largeur ou seulement par leur moitié catadrome ;
nervure médiane nette se prolongeant jusqu'au sommet de la pinnule ; nervures secondaires émises selon des angles de 50° environ, légèrement arquées et divisées près de leur base en deux branches peu divergentes atteignant le bord du limbe.

Remarques et discussion :

La position systématique de ce genre de forme créé par Stur n'a toujours pas été déterminée et les auteurs contemporains contestent l'interprétation de Němejč (1938, p. 48) qui voit dans *Desmopteris* un proche parent des *Zygopteridaceae*. L'argumentation de Němejč repose essentiellement sur une comparaison de la forme et de l'implantation des pinnules, de leur nervation et sur la présence possible d'aphlébies au niveau des insertions des pennes de dernier ordre. En outre, l'échantillon figuré par Ettingshausen (1854, pl. 19, fig. 5) représente un rachis assez large sur lequel s'insèrent à deux niveaux différents deux pennes de dernier ordre tout à fait opposées.

Ces données ont donné lieu à des interprétations très contradictoires : Emberger (1968, p. 299) par exemple affirme, sans donner aucune justification, que le genre *Desmopteris* appartient "aux Zygoptéridales". W. Remy et R. Remy (1977, p. 248) considèrent au contraire qu'il n'existe aucune preuve valable de la parenté du genre *Desmopteris* avec les formes de type *Alloiopteris*.

Les échantillons sarro-lorrains très fragmentaires n'apportent aucune information nouvelle sur l'organisation de la fronde et je pense aussi que les données sont insuf-

fisantes pour attribuer le genre aux *Zygopteridaceae*. Il est par conséquent décrit indépendamment de cette famille.

Le genre *Desmopteris* est très bien caractérisé par l'allure rubanée de ses pinules et sa nervation très régulière, relativement simple.

Espèce présente dans le bassin sarro-lorrain :

Le genre n'est représenté en Sarre-Lorraine que par son espèce-type *Desmopteris longifolia* (Sternberg).

DESMOPTERIS LONGIFOLIA (Sternberg)

Planche 80, fig. 2,3; Planche 81

Holotype :

- . Echantillon figuré par Presl in Sternberg 1838, pl. XXXVI, fig. 1
- . Origine : Bohême, couches de Radnitz, Westphalien D
- . Collection : Narodni Museum de Prague.

- 1836 *Alethopteris longifolia* Sternberg in Goepfert, p. 308
- 1838 *Pecopteris longifolia*, Presl in Sternberg, p. 155, pl. XXXVI, fig. 1
- 1838 *Pecopteris elongata* Presl in Sternberg, pl. XXXVI, fig. 1
- 1854 *Asplenites longifolius*, Ettingshausen, p. 40, pl. XVI, fig. 2-4
- 1854 *Asplenites alethopteroides* Ettingshausen, p. 41, pl. XIX, fig. 4, 5
- 1855 *Alethopteris longifolia*, Geinitz, p. 29, pl. XXXI, fig. 8, 8A, 9
- v. 1885 *Desmopteris belgica* Stur, p. 181, pl. LII, fig. 7-9
- 1886-88 *Desmopteris elongata*, Zeiller, p. 216, pl. XXXVIII, fig. 3-5
- 1899 *Alethopteris (Desmopteris) longifolia*, Hofmann et Ryba, p. 57, pl. VIII, fig. 9
- 1904 *Desmopteris longifolia*, H. Potonié, Lief. II, n° 27
- 1910 *Desmopteris longifolia*, Renier, pl. 108
- 1911 *Desmopteris elongata*, Kidston, p. 60
- v. 1913 *Desmopteris longifolia*, Gothan, p. 118, pl. 26, fig. 1, la
- 1923 *Desmopteris longifolia*, Gothan in Gürich, p. 55, pl. 14, fig. 4
- 1929 *Desmopteris longifolia*, Crookall, p. 58, 67, pl. XVI, fig. 1 ; pl. XXV, fig. d
- 1932 *Desmopteris longifolia*, P. Bertrand, p. 106, texte-fig. 22
- 1938 *Desmopteris longifolia*, Němejč, p. 26, 49, pl. I, fig. 12, 13 ; pl. III, fig. 4 ;
texte-fig. 8
- 1938 *Desmopteris alethopteroides*, Němejč, p. 50, pl. III, fig. 5-7
- 1938 *Desmopteris elongata*, Bell, p. 71, pl. LXVI, fig. 4, 5
- 1943 *Desmopteris longifolia*, Guthörl, p. 146, 153, pl. XXX, fig. 2
- 1955 *Desmopteris longifolia*, Daber, p. 24, pl. IV, fig. 1 ; pl. XIII, fig. 1, 5
- 1955 *Desmopteris longifolia*, Crookall, p. 51, pl. IX, fig. 1, la ; texte-fig. 18
- 1956a *Desmopteris robustus* Doubinger, p. 103, fig. 1, 2
- 1959 *Desmopteris longifolia*, W. Remy et R. Remy, p. 198, texte-fig. 165a, b
- ? 1966c *Desmopteris cf. robusta*, R.H. Wagner, pl. 76, fig. 160
- 1968 *Desmopteris robustus*, Vetter, p. 126
- 1971 *Desmopteris longifolia*, Germer, p. 27, pl. VI, fig. 5 ; texte-fig. 29
- 1977 *Desmopteris longifolia*, W. Remy et R. Remy, p. 249, texte-fig. 132

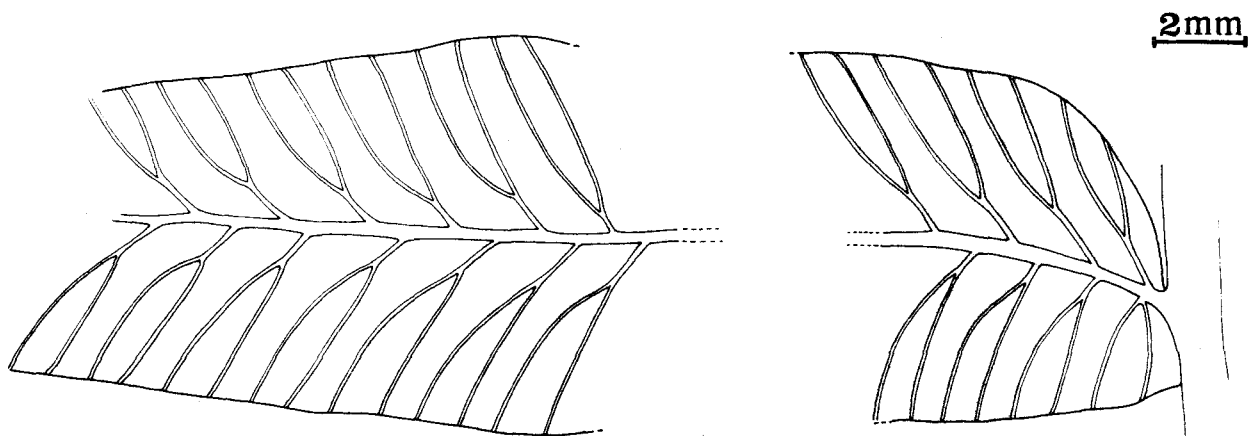
Diagnose :

- Fronde au moins bipinnée.
- Feuillage stérile : rachis n-1 ronds, étroits, couverts d'une fine striation longi-

tudinale et de nombreuses punctuations ; présence possible d'aphlébies à la base des pennes de dernier ordre ; pinnules libres, au limbe relativement mince, rubanées, 6 à 10 fois plus longues que larges, insérées presque perpendiculairement au rachis, se rétrécissant très progressivement à leur extrémité en un sommet arrondi ; pinnules sessiles, parfois attachées par toute leur base, parfois uniquement soudées au rachis par leur moitié inférieure, leur bord anadrome étant alors très contracté, leur bord catadrome légèrement décurrent ; bord du limbe entier ; nervation constituée d'une nervure médiane bien marquée, légèrement décurrente à la base, émettant alternativement des nervures secondaires arquées selon un angle proche de 50° ; nervures secondaires divisées à leur tour en deux nervules très peu divergentes au niveau de leur séparation, puis parallèles jusqu'au bord du limbe avec lequel elles font un angle de 80° ; bifurcation située très près de la nervure médiane, dans le quart proximal de la distance entre nervure médiane et bord du limbe ; nervules très régulièrement espacées sur toute la longueur de la pinnule ; nervure secondaire basale anadrome présentant parfois une division supplémentaire.

Description :

Les échantillons sarro-lorrains provenant des carottes de sondage de faible diamètre sont tous très fragmentaires et n'apportent par conséquent aucune information nouvelle concernant l'organisation de la fronde ou l'aspect du feuillage. Je renverrai donc le lecteur au travail de Crookall (1955, p. 52) qui donne une description très détaillée de l'espèce. Je signalerai simplement qu'on constate parmi nos échantillons une assez grande variabilité de la forme des pinnules qui peuvent être ou très allongées et étroites (pl. 81, fig. 6) ou au contraire plus trapues (pl. 81, fig. 1).



Texte-fig. 88 - Fragment de pinnule rubanée de *Desmopteris longifolia* (Sternberg) montrant la nervation régulière typique, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 81

Remarques et discussion :

L'espèce est figurée pour la première fois dans un travail de Presl (*in* Sternberg, 1838, pl. XXXVI, fig. 1) sous forme d'un fragment de penna très complet dont Crookall (1955, texte-fig. 18) reprend le dessin. Les pinnules y sont particulièrement longues et étroites comme sur nos échantillons au limbe très rubané. Le grand spécimen figuré par Crookall (1955, pl. IX, fig. 1) qui représente deux pennes parallèles de dernier ordre porte au contraire des pinnules plus trapues qui correspondent à l'habitus de nos autres échantillons. La nervation très régulière constitue une constante pour tout ce matériel dont la détermination ne pose par conséquent aucun problème.

Tous les auteurs s'accordent à reconnaître la synonymie avec *Desmopteris longifolia* de *Desmopteris elongata* (Presl), *Desmopteris belgica* Stur et *Desmopteris alethopteroides* Ettingshausen.

Pour ce qui concerne *Desm. elongata*, l'identité avec *Desm. longifolia* est évidente puisqu'en fait Presl (*in* Sternberg) désigne sous ces deux noms la même figuration : dans le texte, la figure 1 de la planche XXXVI est désignée sous le nom de *Pecopteris longifolia* (p. 155) et dans l'index des figurations (p. 210) la même figure est intitulée *Pecopteris elongata*. Certains auteurs postérieurs tels Zeiller (1888) ou Kidston (1911) retiennent le nom spécifique d'*elongata* sans doute parce qu'il correspond à la figuration du type mais il me semble préférable de maintenir celui de *longifolia* qui a été le premier cité (Sternberg *in* Goeppert, 1836) et le plus souvent utilisé.

J'ai retrouvé dans les collections du Geologische Bundesanstalt de Vienne les deux échantillons à partir desquels Stur a défini *Desm. belgica*. L'un (pl. LII, fig. 8 = ici pl. 80, fig. 2, 2a) porte des pinnules très longues et rubanées, l'autre (pl. LII, fig. 9 = ici pl. 80, fig. 3) des segments plus trapus, mais tous deux sont parfaitement conformes à la définition de *Desm. longifolia*.

Il en est de même d'ailleurs du *Desm. alethopteroides* Ettingshausen dont la synonymie avec *Desm. longifolia* n'est contestée en fait que par Němejč (1938, p. 50). L'échantillon figuré par Ettingshausen se caractérise par la plus petite taille de ses pinnules et Němejč n'ayant "jamais trouvé de formes intermédiaires entre les deux types de pinnules" décide de maintenir les deux espèces séparées. Compte tenu de la variabilité observée dans la taille et la forme des pinnules du matériel lorrain cet argument ne paraît pas très valable et je me range donc à l'avis de la plupart des auteurs : Feistmantel (1876), Kidston (1911) ou Crookall (1955), qui considèrent *Desm. alethopteroides* comme un synonyme postérieur de *Desm. longifolia*.

Une dernière espèce me semble identique : il s'agit du *Desmopteris robustus* créé par Doubinger (1956a, p. 98) pour quelques spécimens du Stéphanien du bassin de St-Pardoux (Massif Central). Comparant ce nouveau taxon à *Desm. longifolia* l'auteur souligne "des affinités marquées" : même architecture des pennes, même forme rubanée des pinnules, même type de nervation et retient "quelques différences" justifiant à son avis la création de *Desm. robustus* : dimensions légèrement supérieures des différentes parties, limbe des pinnules entier et coriacé, nervures plus fortes et plus espacées.

Sur l'essentiel par conséquent, les deux espèces sont très proches sinon identiques comme le prouve d'ailleurs la comparaison des dessins de Doubinger avec la figuration originale. Le maintien de leur distinction repose entièrement sur le poids que l'on accorde aux différences observées.

J'ai déjà signalé la variabilité morphologique de l'espèce qui selon le degré de différenciation des fragments et sans doute leur position par rapport à l'ensemble de la fronde est représentée par des fragments à pinnules ou très rubanées ou très trapus.

Le limbe de *Desm. longifolia* normalement est entier et ce n'est que par un artefact dû à la fossilisation que dans certains cas le bord des pinnules apparaît légèrement indenté : le limbe étant très fin, il a tendance à se déchirer et ne résiste qu'au niveau des nervures.

La densité de la nervation ne constitue pas, semble-t-il, un caractère déterminant car sur les échantillons lorrains, le nombre de nervures, par cm de longueur du bord du limbe, est susceptible de varier beaucoup. Ainsi par exemple on compte respectivement 18 à 23 nervures/cm sur les deux échantillons figurés en 3 et 4, pl. 81, par ailleurs tout à fait identiques et provenant d'un même niveau : sondage de Ste-Fontaine 3 à 1024,40 m et 1028,61 m. Ce nombre varie de 11 à 16 sur d'autres spécimens.

Je pense par conséquent que les différences évoquées par Doubinger entre *Desm. robustus* et *Desm. longifolia* sont minimales par rapport aux nombreuses ressemblances et rentrent dans l'échelle normale des variations intraspécifiques.

Il semble en outre que Doubinger utilise indirectement un argument stratigraphique pour justifier la création de ce taxon, arguant "que la présence du genre *Desmopteris* dans un gisement stéphanien apparaît à première vue surprenante" et qu'on "n'a jamais signalé" la présence de *Desm. longifolia* "au-dessus du Westphalien C". Or les échantillons figurés par Bell (1938), Crookall (1955) et Daber (1955) proviennent respectivement du toit de

la veine Emery (Canada), du Radstock Group (Grande-Bretagne) et des couches de Zwickau (Saxe) auxquels on attribue un âge Westphalien D, parfois même Westphalien D supérieur. La présence du genre dans le Stéphanien en paraît moins surprenante.

R.H. Wagner (1966c, p. 73, pl. 76, fig. 160) signale et figure un *Desmopteris* cf. *robusta* dans le bassin de Tineo (Asturies, Stéphanien C inférieur ?) sur lequel il est très difficile de se prononcer car la figuration a beaucoup perdu à l'impression. Compte tenu de ce que j'ai dit à propos de *Desm. robustus*, je l'ai cité avec réserves, dans la liste de synonymie de *Desm. longifolia*.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

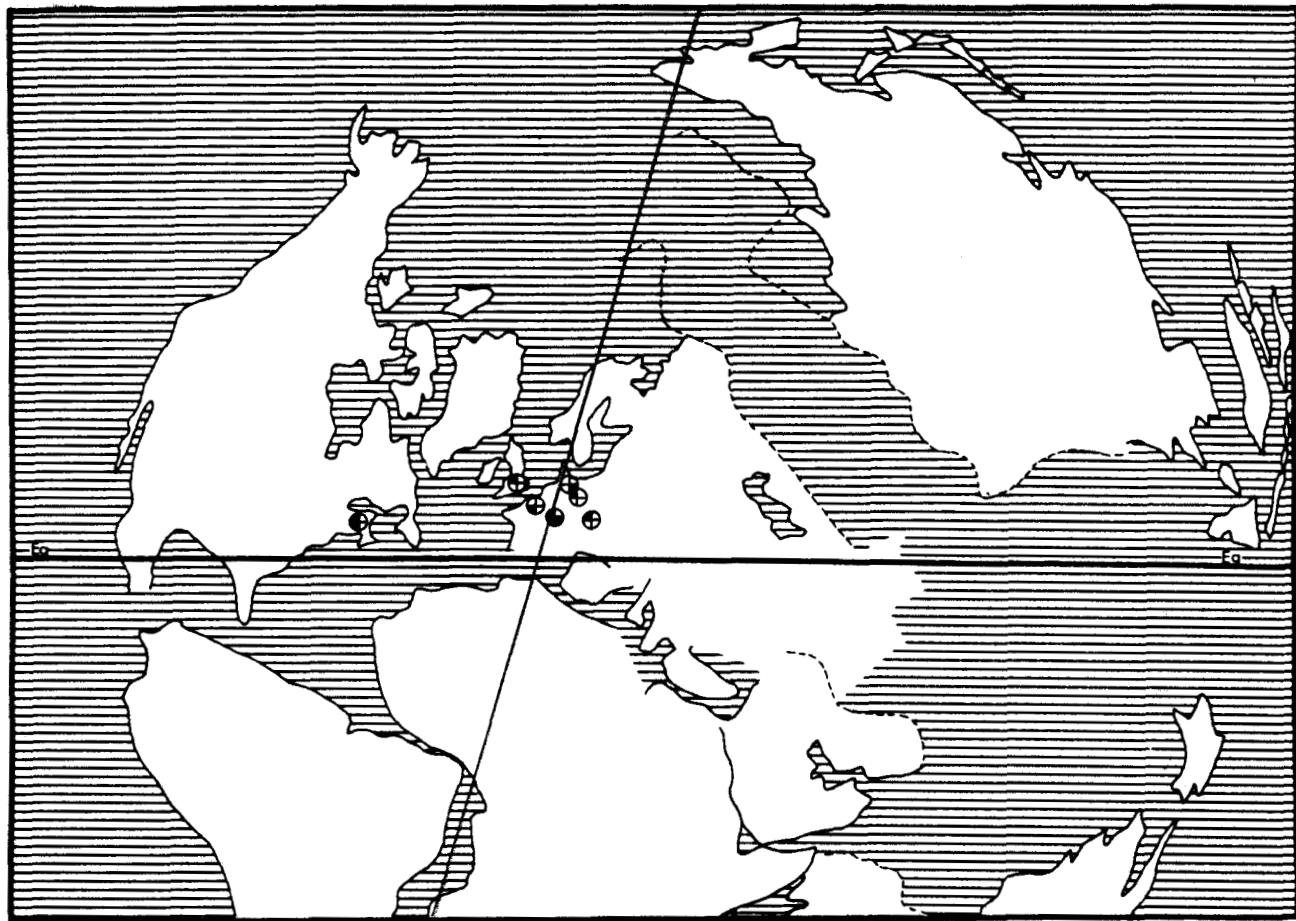
- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de *Guerting* C4 à 741,75 et 741,76 m, extrême sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436511-436512).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Hombourg* 2/5 à 866,46 et 866,47 m, pour information T600 à 857,90 m, sommet du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436514-436515).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Cocheren* 8 à 1027,25 m, au niveau de la veine Erna 2, 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436513).
 - Groupe de *Frankenholz*, veine 7, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. Haas n° 2 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436517).
 - Sondage de *Ste-Fontaine* 1 à 884,07 ; 884,08 ; 884,09 ; 884,10 m, pour information T300 à 1017,78 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436501-436504).
 - Sondage de *Ste-Fontaine* 2 à 1042,87 m, pour information T300 à 1115,95 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436505).
 - Sondage de *Ste-Fontaine* 3 à 811,75 ; 811,76 ; 1024,39 ; 1024,40 ; 1028,61 m, pour information T300 à 1039,97 m, 1/2 supérieure du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436506-436510).
 - Siège de *Ste-Fontaine*, à 377,00 m, entre les veines G et H, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436516).

Remarque :

Les échantillons figurés par Germer (1971) et Guthörl (1943) proviennent respectivement des groupes de *Jägersfreude* et de *St-Ingbert*. H. Potonié (1904) signale également l'espèce dans les groupes de *Rischbach* et d'*Heinitz*. P. Bertrand enfin (1932) dit l'avoir trouvée aux sièges de *Ste-Fontaine* et de *Dudweiler* et dans la veine 3 des Gras du groupe de *Steinbach* (= 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen).

Desmopteris longifolia n'est donc pas très abondant dans le bassin sarro-lorrain mais sa répartition y est très vaste puisqu'elle débute dans le Westphalien B supérieur et se termine dans les niveaux supérieurs du Westphalien D. L'espèce semble toutefois plus fréquente dans le 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, un peu au-dessus de T300 (= Westphalien C moyen).

Répartition générale :



Texte-fig. 89 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Desmopteris longifolia* (Sternberg).

GENRE SPHENOPTERIS Brongniart

SPHENOPTERIS (ZEILLERIA ?) BRONNII Gutbier

Planche 82; Planche 83, fig. 1-6

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Gutbier 1835, pl. IV, fig. 11, 11a et Daber 1955, pl. VII, fig. 1, 2, repris ici en 1, 1a, pl. 82
- . Origine : Saxe, couches de *Zwickau*, Westphalien D supérieur
- . Collection : Museum für Naturkunde de Berlin



- 1835 *Sphenopteris Bronnii* Gutbier, p. 37, pl. IV, fig. 11, 11a ; pl. V, fig. 1, 1a-c, 2, 2a-c
1849 *Sphenopteris Bronnii*, Gutbier in Geinitz et Gutbier, pl. III, fig. 6, 6a-d
1855 *Sphenopteris Bronnii*, Geinitz, p. 16, pl. XXIII, fig. 15, 15A, 16, 16A
1899 *Sphenopteris (Hymenophyllites) Bronnii*, Zeiller, p. 23, pl. I, fig. 14
1923 *Hymenophyllites Bronnii*, Kidston, p. 280, pl. LXIX, fig. 1, 1ab
1938 *Sphenopteris (Hymenophyllites) bronnii*, Bell, p. 41, pl. XXVI, fig. 4, 5
1955 *Sphenopteris (? Zeilleria) bronnii*, Daber, p. 10, pl. VII, fig. 1, 2 ; pl. III, fig. 3
1959 *Sphenopteris bronnii*, W. Remy et R. Remy, p. 134, fig. 103a, b

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : relativement fourni ; rachis non décurrents, couverts d'une fine striation longitudinale et de nombreuses ponctuations, faisant entre eux des angles variant de 60 à 90° ; rachis n et n-1 ronds, n-2 plats ; extrémités flexueuses ; présence probable d'aphlébies ; pinnules peu individualisées (ou lobes) triangulaires, inclinées de 30° sur le rachis, à sommet aigu et bord catadrome décurrent ; différenciation alterne des lobes, en forme de languettes aiguës ; croissance apicale prédominante ; maximum de différenciation correspondant à l'individualisation de la quatrième paire de lobes : la pinnule mesure alors 3 à 4 mm de longueur ; segmentation plus précoce et plus intense côté anadrome entraînant une dissymétrie de la pinnule ; lobes catadromes restant très inclinés sur la nervure médiane ; nervation fine, peu visible ; nervure principale, légèrement décurrente, un peu sinueuse, envoyant dans chaque lobe une nervule se divisant autant de fois qu'il est nécessaire pour irriguer toutes les indentations du limbe.
- Feuillage fertile : fructifications mal connues, de type *Zeilleria* ? ; spores inconnues.

Description :

Le bassin sarro-lorrain n'a fourni que quelques spécimens stériles se rapportant à l'espèce *Sph. bronnii* ; la plupart proviennent malheureusement de terris. J'ai en outre pu étudier quelques topotypes de l'espèce conservés dans les collections du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris qui m'ont permis de compléter la description.

1) Organisation de la fronde :

Nos plus grands spécimens représentent des fragments de pennes n-2 plus ou moins bien différenciées ; le rachis principal de l'un d'entre eux atteignant 3 mm de largeur. Aucune des figurations précédentes ne montre de fragments plus différenciés mais le dessin original de Gutbier (pl. IV, fig. 11) laisse supposer que les rachis pouvaient être plus importants. D'ailleurs le rachis principal du lectotype refiguré par Daber et repris ici en 1, 1a, pl. 82 mesure plus de 5 mm. La fronde s'avère donc au moins tripinnatifide. Sa construction est très nettement catadrome pour les pennes de dernier ordre mais au niveau des pinnules, la priorité de différenciation apparaît moins clairement. Les sillons délimitant les lobes basaux anadrome et catadrome convergent à peu près au même niveau sur la nervure médiane.

Quelques fragments d'aphlébies dichotomes sont visibles sur le lectotype (pl. 82, fig. 1, 1a) mais leur insertion n'est pas conservée. Il n'en a jamais été fait mention jusqu'à présent.

2) Feuillage stérile :

Bien qu'il soit profondément divisé, il apparaît relativement fourni.

a.- rachis :

Si les rachis n et n-1 sont ronds, les rachis n-2 montrent une nette

tendance à l'aplatissement ; tous sont couverts d'une fine striation longitudinale et de nombreuses ponctuations ; non décurrents, ils font entre eux des angles variant de 60 à 90° et semblent assez rigides ; seuls les rachis n ou les extrémités sont ailés et légèrement flexueux.

b.- pennes :

Elles sont triangulaires, très allongées, contiguës mais non recouvrantes. Il semble que les pennes basales catadromes des pennes n-1 soient plus réduites que leurs équivalentes anadromes, mais il est difficile de généraliser cette observation qui n'a été effectuée qu'en un ou deux points de nos échantillons.

c.- pinnules :

La prédominance de la croissance en longueur leur confère une forme allongée et étroite assez caractéristique.

La texte-fig. 90 récapitule les étapes successives de la différenciation limbairre. La pinnule peu individualisée (ou lobe) est triangulaire, inclinée de 30° sur le rachis ; son sommet est assez aigu, son bord catadrome décurrent (texte-fig. 90, A1). Une première incision apparaît côté catadrome puis les lobes s'individualisent alternativement d'un côté et d'autre. La croissance apicale prédominant largement sur la croissance latérale, les pinnules apparaissent allongées et étroites. La division du limbe basal anadrome est contemporaine de la formation du troisième lobe catadrome (texte-fig. 90, A2, C1) et on peut considérer que la pinnule a atteint son maximum de différenciation quand s'individualise la quatrième paire de lobes apicaux. A ce stade, les éléments précédemment formés ont tous amorcé leur division, le segment mesure 3 à 4 mm de longueur (texte-fig. 90, D1, E). Les pinnules bien différenciées apparaissent légèrement dissymétriques par la disposition et le degré de division respectif des lobes. En effet, si les lobes catadromes restent nettement accolés à la nervure médiane, leurs équivalents anadromes ont tendance à s'en écarter. De plus la segmentation est plus précoce et plus intense côté anadrome. Ceci est surtout sensible au niveau des lobes basaux dont le catadrome est souvent indivis quand son avis-à-vis anadrome est déjà deux ou trois fois divisé (texte-fig. 90, A3, B, C1, C2). Cette dissymétrie se retrouve sur les pennes de dernier ordre dont les pinnules catadromes sont souvent plus inclinées sur le rachis que les anadromes (texte-fig. 90, D2).

d.- nervation :

Elle est très fine, généralement peu visible. La nervure principale, très légèrement décurrente et sinueuse, envoie dans chaque lobe une nervule dont les divisions sont contemporaines de celles du limbe et destinées à en irriguer chacune des indentations.

3) Feuillage fertile :

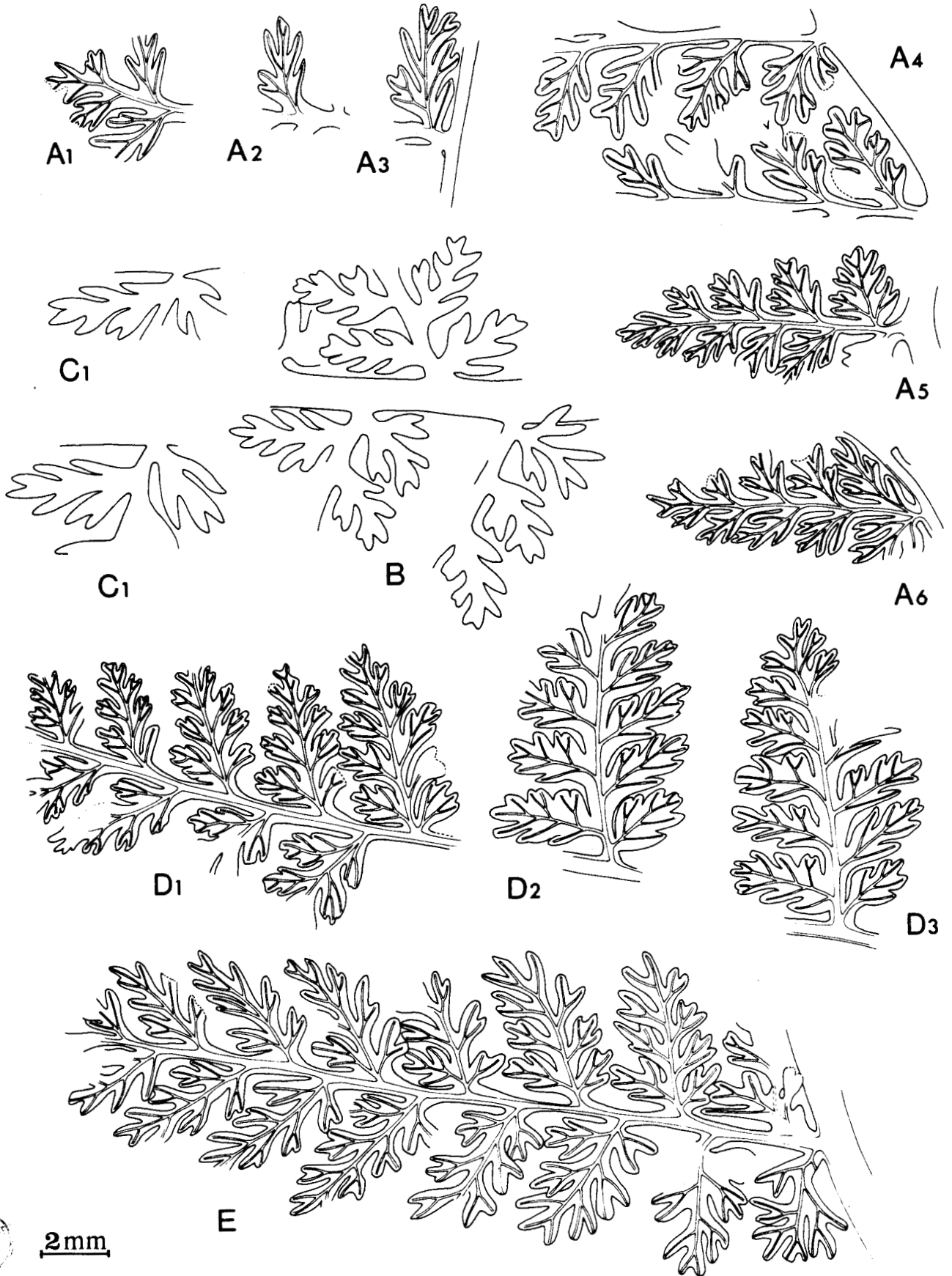
Aucun de nos échantillons n'est fertile et nous ne disposons pour toute information que des données assez limitées fournies par Gutbier (*in* Geinitz et Gutbier, 1849, pl. III, fig. 6, 6a-d) et Daber (1955, p. 11). Les dessins de Gutbier suggèrent que la fertilisation provoque une profonde altération de la morphologie limbairre. Les fructifications y apparaissent constituées de groupes de sporanges indépendants. Aucune indication n'est donnée sur la nature des sporanges.

L'opinion de Geinitz (1855, p. 16) qui considère que les organes reproducteurs devaient couvrir une grande partie de la surface des pinnules ne semble pas avoir retenu l'attention des auteurs postérieurs.

Zeiller (1888, p. 105) décide de ranger cette espèce dans le genre *Hymenophyllites* en raison des affinités existant entre les figurations de Gutbier et ce qui peut être observé chez les *Hymenophyllites*, avec toutefois quelques réserves faute d'informations sur la structure des sporanges. L'espèce a été maintenue dans le genre *Hymenophyllites* par Kidston (1923) puis par Bell (1938) jusqu'à ce que Daber (1955, p. 11) affirme avoir observé sur une penne d'un des échantillons de Gutbier des fructifications s'apparentant au genre *Zeilleria*. Il est par conséquent impossible avec de telles informations d'attribuer cette espèce à un genre précis de fructification et j'ai préféré la laisser sous l'appellation retenue par Daber : *Sphenopteris* (*Zeilleria* ?) *bronnii*.

Remarques et discussion :

L'espèce *bronnii* a fait l'objet de très nombreuses controverses, une fois encore.



Texte-fig. 90 - Différenciation et morphologie limbaires de *Sphenopteris* (*Zeilleria* ?) *bromii* Gutbier.
A1-A6 - Premières étapes de la différenciation limbair, d'après l'échantillon figuré en 5, pl. 83.
B - Quelques bases de pennes dessinées à partir du lectotype refiguré par Daber (1955) et repris ici en 1, pl. 82. Remarquer la dissymétrie caractéristique des pinnules et l'inclinaison des lobes catadromes sur l'axe médian des pinnules.
C1-C2 - Quelques pinnules évoluées, d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 82.
D1-D3 - Pennes de dernier ordre à des stades variés de différenciation, d'après l'échantillon figuré en 6, pl. 83.
E - Penne d'ordre n-1 aux segments basaux aphléboïdes, d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 83.

du fait de la médiocrité des figurations originales. L'un des spécimens de Gutbier (pl. IV, fig. 11, 11a) a été reproduit photographiquement par Daber (1955, pl. VII, fig. 1, 2) mais les originaux correspondant aux autres dessins de la planche V n'ont pas été retrouvés.

En 1849, Gutbier figura (pl. III, fig. 6, 6a-d) un nouvel échantillon partiellement fructifié attribué à *Sphenopteris bronni* dont l'aspect à première vue paraît assez différent du lectotype refiguré par Daber. Mais les agrandissements des pinnules (auxquels Gutbier conseille de se reporter préférentiellement) ne sont pas très éloignés des croquis originaux publiés quelques années plus tôt.

Lors de la création de *Sphenopteris bronni*, Gutbier (1835, p. 37) distingue deux variétés :

- une variété β à toutes petites pinnules,
- une variété γ avec des pinnules plus larges.

J'inclinerais à penser que ces légères différences que l'on retrouve d'ailleurs quand on compare les figurations des années 1835 et 1849 sont liées à la position respective des fragments par rapport à l'ensemble de la fronde. Le matériel sarro-lorrain qui est très proche des figurations originales de 1835 n'est pas suffisamment complet, malheureusement, pour permettre de vérifier cette hypothèse. Mais il ne fait aucun doute qu'il se rapporte à *Sphenopteris bronni*.

Les diverses déterminations de l'espèce de Gutbier ont souvent été contestées. Un bref historique me permettra de donner une opinion sur chacune d'entre elles.

Geinitz (1855, pl. XXIII) a figuré sous le nom de *Sphenopteris bronni* du limbe stérile et fertile. La penne fructifiée des figures 16, 16A est assez comparable à celle décrite par Gutbier. Par contre, les dessins 15 et 15A correspondant au limbe stérile (repris par Hofmann et Ryba, 1899, pl. 4, fig. 3, 3a) rappellent davantage les figurations originales de 1835. Toutefois, la différenciation limbaire y semble beaucoup plus lente.

Je ne pense pas que les dessins de Roehl (1869, pl. XVI, fig. 5, 5Aa) se rapportent à l'espèce *bronni*, l'agrandissement 5Aa me paraît très éloigné des croquis originaux de Gutbier.

Zeiller (1888, p. 105) décrivant un spécimen stérile qu'il attribue à l'espèce *bronni* suggère de la placer dans le genre *Hymenophyllites*. J'ai étudié cet échantillon conservé dans la typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon. L'aspect de son limbe me paraît assez différent de celui des topotypes que j'ai observés à Paris. Les lobes sont plus étalés et le degré de division des pinnules est comparable de part et d'autre de la nervure médiane. Par contre le feuillage rappelle assez bien l'échantillon fertile figuré par Gutbier en 1849. On comparera la différenciation des pinnules basales du spécimen de Zeiller refiguré ici en 7, 7a, pl. 83 avec les pinnules équivalentes de la figuration de Gutbier (pl. III, fig. 6). Il s'avère donc difficile d'émettre une opinion sur cette détermination de Zeiller étant donné l'incertitude qui demeure à propos du matériel original. Je ne partage pas du tout l'opinion de P. Bertrand (1913, p. 329) qui propose de considérer cette forme comme une variété d'*Hymenophyllites quadridactylites*. J'ai préféré signaler mes hésitations sur la citation de Zeiller en la faisant précéder d'un point d'interrogation dans la liste de synonymie.

L'échantillon décrit par Kidston (1923, pl. LXIX, fig. 1, 1ab) me semble beaucoup plus proche des figurations originales de Gutbier que de celles de Zeiller auxquelles pourtant il se réfère. La comparaison de l'agrandissement 1b de Kidston avec la texte-fig. 90 ne révèle pas de différence majeure dans la différenciation limbaire et je considère le matériel anglais comme représentatif de l'espèce *Sph. bronni*.

Les spécimens figurés par Bell et W. Remy et R. Remy sont très proches du lectotype et comparables au matériel sarro-lorrain.

La qualité des figurations de Němejč (1946, p. 21, pl. IV, fig. 2, 2ab) n'autorise pas à donner un avis sur leur identification.

Je suis donc très loin d'adopter la position de Danzé (1956, p. 363) qui scinde les citations concernant *Hymenophyllites bronni* en deux ensembles. Il considère l'espèce-type comme synonyme de *Zeilleria delicatula* (Sternberg) et rassemble dans une nouvelle espèce *Sphenopteris dentaefolia* (p. 469) toutes les déterminations d'*Hymenophyllites bronni* faites depuis Gutbier jusqu'à Daber, en particulier les échantillons décrits par Geinitz, Zeiller et Kidston.

J'ai déjà évoqué dans la discussion concernant *Zeilleria delicatula* (p. 203) les raisons pour lesquelles je considère l'espèce *Sph. bronni* comme une entité particulière. Son limbe beaucoup plus fourni se caractérise par le fait que les lobes catadromes souvent indivis restent très inclinés sur la nervure médiane alors qu'ils s'en écartent nettement chez *Zeilleria delicatula*. La texte-fig. 55, p. 187, compare l'aspect caractéristique des pinnules anadromes de ces deux espèces.

Quant au *Sphenopteris dentaefolia*, créé par Danzé pour un matériel provenant du Nord de la France, il me paraît condamné à disparaître. J'ai soigneusement étudié chacun des quatre spécimens de cette espèce et je pense qu'ils constituent un ensemble hétérogène. Deux d'entre eux (pl. LXXVIII, fig. 1, 1a, 2, 2a) semblent devoir être rapportés à *Sphenopteris fragilis* Schlotheim (ils portent d'ailleurs des étiquettes manuscrites de P. Bertrand leur attribuant cette détermination). Les deux autres (pl. LXXVIII, fig. 3, 3a, 4, 4a) sont comparables aux échantillons qui ont permis à Kidston de créer le genre *Boweria* à partir de l'espèce *Boweria (Hapalopteris) schatzlarensis* (Stur). Les spécimens figurés par Danzé ne ressemblent en rien aux échantillons de Geinitz, Kidston et Zeiller (?) que cet auteur considère pourtant comme synonymes de *Sph. dentaefolia* et qui, à mon avis, représentent un stade de différenciation assez évolué de l'espèce *bronni*.

Deux autres espèces présentent des analogies à l'état stérile avec *Sphenopteris bronni*. Il s'agit de *Renaultia schatzlarensis* (Stur) et d'*Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier). La disposition caractéristique des lobes catadromes et la lenteur relative de la différenciation limbale permettent de distinguer assez facilement *Sphenopteris bronni* de *Renaultia schatzlarensis* (p. 188 ; texte-fig. 55, p. 187).

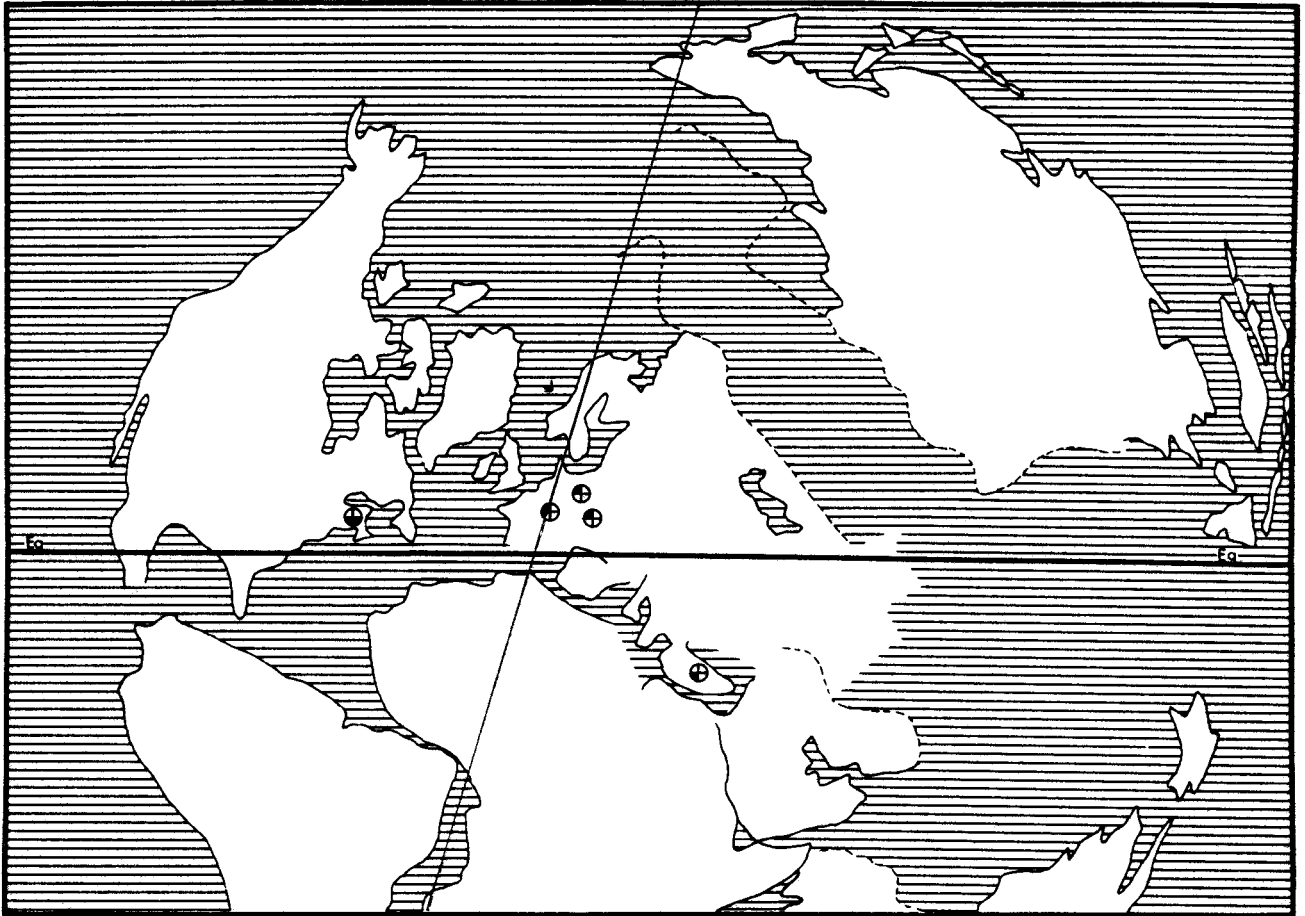
Les différences entre l'espèce de Gutbier et *Hymenophyllites quadridactylites* sont liées essentiellement au mode de croissance des pinnules des deux espèces (texte-fig. 55, p. 187), elles ont déjà été évoquées p. 272.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Siège de *Faulquemont*, veine 2, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436607).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage d'*Oeting* à 1238,50 m, 60 m au-dessus de T200, sommet du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C très supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436602).
- Autres gisements :
 - Siège de *Faulquemont IX*, toit de la veine 14, 1/3 supérieur du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436606).
 - Terris d'*Hostenbach*, Westphalien D supérieur (Coll. Haas n° 349 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436612).
 - Terris de *la Houve*, Westphalien D supérieur (ou Stéphanien ?) (Coll. Haas n° 536 ; 586 ; 656 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436608-436610 ; 436611).
 - Sondage d'*Oeting* à 974,00 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436601).

Sphenopteris bronni n'est pas très abondant dans le bassin sarro-lorrain, son extension débute au sommet du Westphalien C et se termine avec le Westphalien D, dans le faisceau de Steinbesch. Cette espèce semble donc caractéristique du Westphalien D : les échantillons de Gutbier avaient en effet été récoltés dans les couches de *Zwickau* en Saxe et nous verrons dans le paragraphe suivant que la majorité du matériel décrit et figuré provient de niveaux équivalents.

Répartition générale :



Texte-fig. 91 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris* (*Zeilleria* ?) *bronni* Gutbier.

SPHENOPTERIS COEMANSII Andrae

Planche 84, fig. 1-4

Néotype :

- . Echantillon figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 7, fig. 6, repris ici en 4, 4a, pl. 84
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, groupe de Jägersfreude, veine 17, un peu au-dessus de T400, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur
- . Collection : Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/4064

1865 *Sphenopteris acutiloba*, Andrae, p. 19, pl. VI

1869 *Sphenopteris* (*Davalloides*) *acutiloba*, Schimper, p. 387, pl. XXVIII, fig. 2, 3

1876 *Sphenopteris Coemansi* Andrae in Stur, p. 265

PHS

- 1877 *Sphenopteris Coemansi*, Stur, p. 121
1884 *Sphenopteris lanceolata*, Zeiller, p. 194
v. 1886-88 *Sphenopteris Coemansi*, Zeiller, p. 130, pl. VII, fig. 1
1899 *Sphenopteris acutiloba*, Hofmann et Ryba, p. 39, pl. IV, fig. 6, 6a
1923 *Diplomema Coemansi*, Kidston, p. 268, pl. LX, fig. 6, 6a
1929 *Sphenopteris* (? *Rhodea*) *coemansi*, Gothan, p. 23, pl. III, fig. 1, 2
1934 *Sphenopteris Coemansi*, Simson-Scharold, p. 37, pl. IV, fig. 32
1957 *Sphenopteris coemansi*, Guthörl, p. 31, pl. 10, fig. 3, 3a
1971 *Sphenopteris coemansi*, Germer, p. 33, pl. VII, fig. 3 ; texte-fig. 36
v. 1978 *Sphenopteris coemansi*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 16, pl. 7, fig. 6 ;
texte-fig. 25

Diagnose :

- Fronde d'organisation tri- (ou quadri-) pinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : caractérisé par son aspect très lacinié et sa différenciation rapide ; rachis couverts d'une fine striation longitudinale et de largeur très variable ; rachis d'ordre n-2 (ou n-3) très larges : 6-10 mm ; rachis n-1 ronds beaucoup plus étroits : 2-3 mm ; angles d'insertion des rachis de dernier ordre variant de 60 à 90° ; ahlébies possibles sur le rachis le plus large aux différents niveaux d'insertion ;
pennes de dernier ordre recouvrantes, de contour elliptique, dissymétriques à la base du fait de la réduction de la pinnule basale catadrome ;
pinnules profondément découpées en lanières étroites fasciculées ; individualisation alterne et rapide des lobes ; incision des lobes basaux coïncidant avec la formation de la seconde paire de lobes ; aucun retard de différenciation de l'élément basal catadrome sur les pinnules peu ou moyennement évoluées ;
nervation fine, constituée d'une nervure médiane non décurrente émettant alternativement des nervules elles-mêmes dichotomes de façon à irriguer chaque indentation du limbe.

Description :

1) Organisation de la fronde :

Andrae avait déterminé *Sphenopteris acutiloba* Sternberg (1865, pl. VI) un spécimen très complet qui en fait ne correspond pas du tout à la figuration originale de Sternberg (1833, pl. XX, fig. 6, reprise par Němejč 1937, pl., fig. 1). Reconnaisant son erreur quelques années plus tard lors d'une discussion avec Stur (1876) Andrae propose la désignation *Sphenopteris coemansi* pour cet échantillon qui devenait ainsi le type, malheureusement disparu, d'une nouvelle espèce.

Cet échantillon est constitué d'un rachis très large (9-10 mm) sur lequel sont insérées plusieurs pennes d'ordre n-1 très évoluées (ou peut-être déjà d'ordre n-2) ; c'est le spécimen le plus complet que l'on connaisse à ce jour. Par conséquent, l'organisation de la fronde est au moins tripinnatifide et même vraisemblablement quadripinnatifide.

Le bassin sarro-lorrain n'a fourni que des spécimens de petite taille correspondant presque tous à des fragments de pennes d'ordre n-1. Un seul échantillon (pl. 84, fig. 3, 3ab) montre un degré de différenciation supérieur avec l'insertion d'une penna d'ordre n-1 assez évoluée sur un rachis relativement large : 6 mm. Bien que très fragmentaire ce spécimen est intéressant car on y observe, inséré juste dans l'angle formé par les deux rachis un petit segment lacinié plus ou moins ahléboïde, détail qui n'apparaît pas sur le dessin d'ensemble d'Andrae. Ce schéma montre bien en effet la nette réduction qui affecte les éléments catadromes à la base des pennes d'ordre n mais ne permet pas de dire si le phénomène se reproduit au niveau des segments d'ordres antérieurs. On note seulement la présence d'une ahlébie plus ou moins laciniée insérée sur le rachis principal au point d'insertion d'une des pennes.

La priorité de construction catadrome n'est visible qu'au niveau de la nervation car les insertions des lobes basaux -ou des pinnules- sont situées à peu près au même point de la nervure médiane, ou des rachis de dernier ordre.

Quelques dimensions : échantillon figuré en 3, pl. 84

- . largeur du rachis d'ordre n-2 = 6 mm
- . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 2-2,5 mm
- . longueur d'une penne d'ordre n = 14 mm
- . longueur d'une pinnule = 6 mm

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Sur les échantillons lorrains, les rachis d'ordres n et n-1 font entre eux des angles variant de 60 à 90°. Les rachis d'ordre n-1 sont finement striés ainsi que le petit fragment de rachis plus large. Quelques cannelures les parcourent irrégulièrement, il doit s'agir d'artefacts dus à la conservation.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre, recouvrantes, s'inscrivent dans un contour elliptique ; leur sommet est arrondi car les lobes très fasciculés des pennes sommitales ont leurs extrémités situées presque sur un même niveau (texte-fig. 92A). Elles sont aussi rendues très dissymétriques à leur base du fait du décalage important existant dans le degré de différenciation des pinnules anadrome et catadrome.

c.- pinnules :

Elles se caractérisent par un limbe extrêmement lacinié dont la différenciation est rapide (texte-fig. 92A). La pinnule à peine évoluée (ou lobe), très inclinée sur le rachis (5 à 10°) a la forme d'une lanière très étroite à sommet aigu. La première paire de lobes s'individualise très vite en commençant par le lobe catadrome mais ceux-ci restent très fasciculés. L'incision des lobes est contemporaine de l'apparition de l'un ou l'autre lobe de la paire suivante ; la pinnule évoluée est alors constituée de six à sept lobes laciniés et fasciculés. L'individualisation de la troisième paire de lobes correspond au passage de la pinnule au rang de penne.

Le degré de différenciation du limbe est à peu près identique des deux côtés d'une même penne pour les pinnules sommitales ; par contre la pinnule basale catadrome est toujours moins divisée et moins opulente que son équivalente anadrome (texte-fig. 92A).

d.- nerivation :

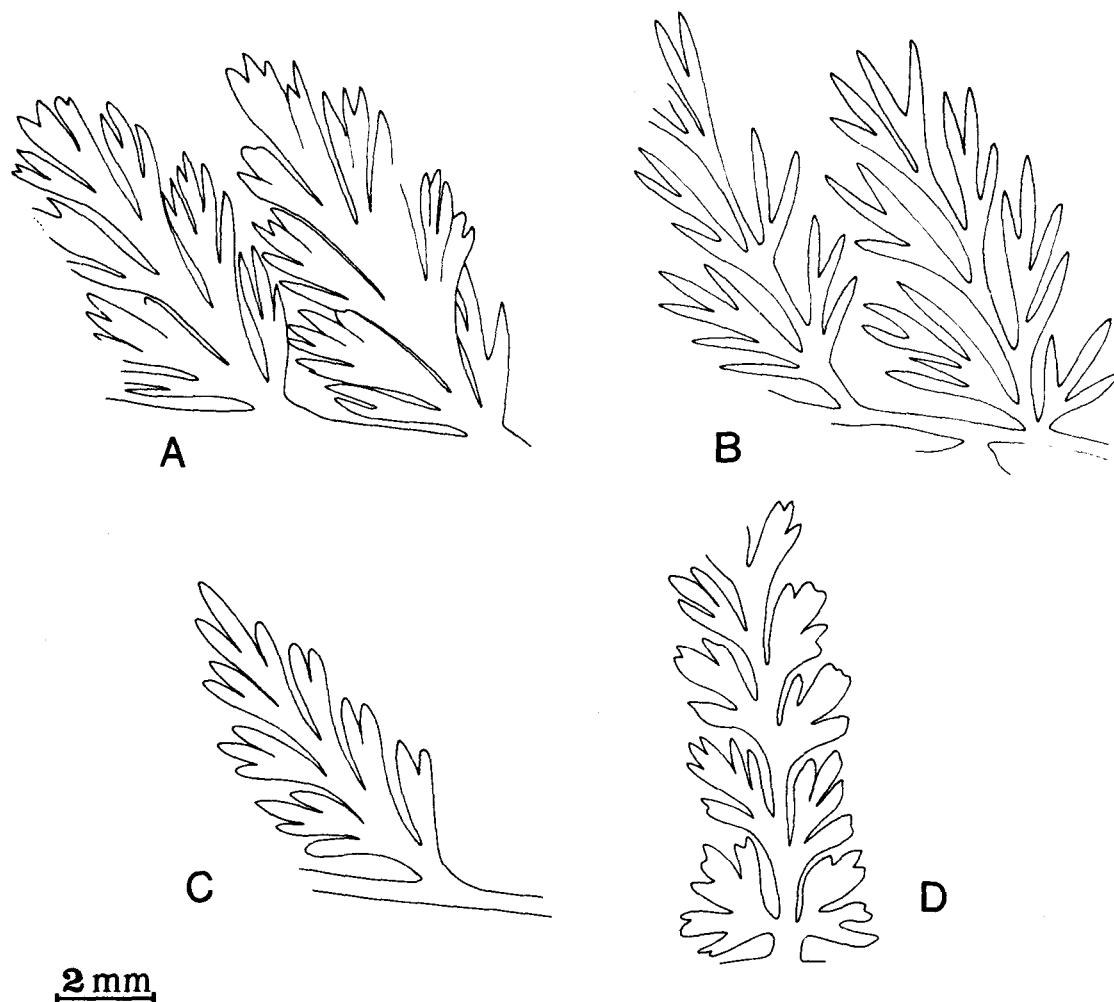
Rarement visible, elle est constituée d'une nervure médiane non décurrente qui envoie vers chaque lobe une nervule secondaire dichotome, chaque indentation limbale recevant une nervule fine.

Remarques et discussion :

L'aspect du limbe de *Sphenopteris coemansii*, avec ses pennes très laciniées, dissymétriques à la base, est tout à fait caractéristique et nos échantillons sont parfaitement conformes au dessin original d'Andrae. Leur détermination est d'ailleurs confirmée par le petit spécimen montrant une partie de l'organisation de la fronde.

Très peu d'espèces risquent d'être confondues avec *Sph. coemansii*. La plus proche est sans conteste le *Diplothemema coemansii* créé par Stur en 1885 (pl. XXVII, fig. 1 ; pl. XXIX, fig. 2) et dont le limbe est aussi très lacinié. Toutefois, même lorsqu'on ne dispose que de petits fragments, la distinction est relativement aisée car *Diplothemema coemansii* se caractérise par des éléments basaux catadromes relativement plus développés à l'inverse de ce qui se passe chez *Sph. coemansii*. Le limbe est aussi beaucoup plus opulent avec des lobes trapus, arrondis au sommet (pl. 84, fig. 5, 5a ; texte-fig. 92D).

Sphenopteris lanceolata Gutbier (1835, pl. IV, fig. 4 ; pl. V, fig. 12, 18, 19) est aussi très voisin de *Sph. coemansii* et montre la même réduction des pinnules basales catadromes. D'ailleurs Zeiller (1888, p. 133) avait envisagé la synonymie. Si on se rapporte aux dessins originaux de Gutbier (repris ici texte-fig. 92B, C), la différenciation du limbe de *Sph. lanceolata* semble plus lente et la croissance apicale proportionnellement plus rapide ; les pennes apparaissent plus allongées et plus étroites, les pinnules à taille égale sont moins différenciées et leurs lobes généralement simples ont une disposition plus échelonnée le long de la nervure médiane. Ces caractères se retrouvent sur les spécimens déterminés



Texte-fig. 92 - Morphologie limbale de *Sphenopteris coemansii* Andrae. Comparaison avec *Diplothmema coemansii* Stur et *Sphenopteris lanceolata* Gutbier.

A - Pennes de dernier ordre bien différenciées de *Sphenopteris coemansii*, d'après l'échantillon figuré en 2, 2a, pl. 84.

B, C - Pennes de dernier ordre de *Sphenopteris lanceolata* d'après Gutbier, 1835, pl. IV, fig. 2, pl. V, fig. 19.

D - Penne de dernier ordre de *Diplothmema coemansii* d'après Stur, 1885, pl. XXIX, fig. 2.

Sphenopteris lanceolata par Daber (1955, pl. III, fig 1 ; pl. XI, fig. 5) mais n'apparaissent guère sur la figure 4, pl. III, laquelle n'est vraiment pas très éloignée des formes typiques de *Sph. coemansii*. Je n'ai pas retrouvé le type de Gutbier et Daber est le seul auteur qui ait donné des représentations photographiques d'échantillons de *Sphenopteris lanceolata* provenant de la localité-type. Dans ces conditions, il est difficile de se prononcer définitivement sur la synonymie des deux espèces mais elle paraît très possible d'autant que l'organisation de la fronde du *Sph. lanceolata* figuré en 1, pl. III par Daber correspond parfaitement à la figuration originale de *Sph. coemansii*.

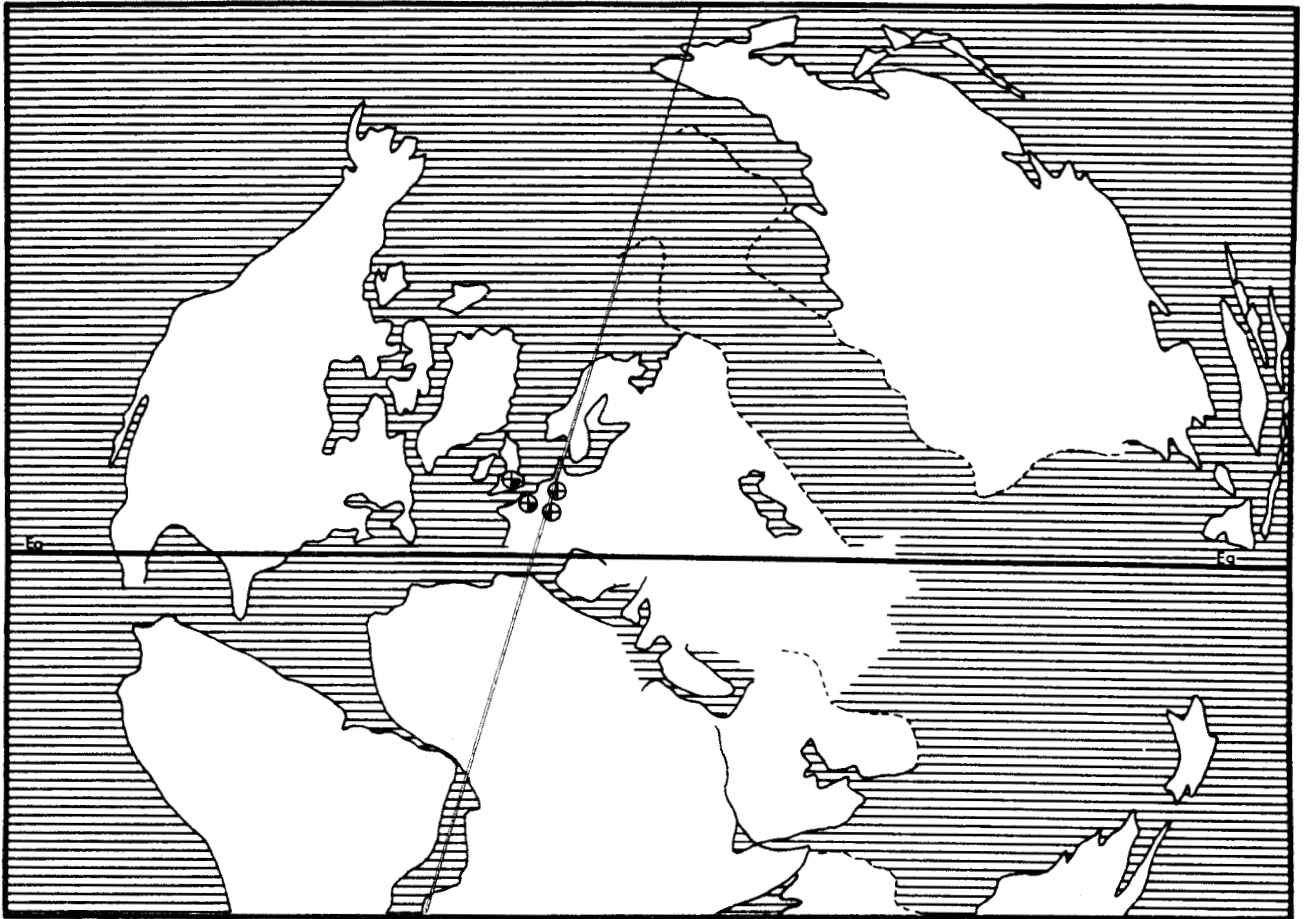
Cette synonymie aurait en outre l'avantage de ne pas limiter la répartition géographique et stratigraphique du *Sph. lanceolata* aux seules couches de Zwickau (= Westphalien D). Faute de preuves, les échantillons lorrains ont été décrits sous le nom de *Sphenopteris coemansii* mais il est évident que si la synonymie était démontrée, le nom de *Sph. lanceolata* devrait être retenu.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de *Jézainville* à 883,00 m, conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Groupe de *Jägersfreude*, veine 17, un peu au-dessus de T400, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/4064, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 7, fig. 8).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Ste-Fontaine 5* à 756,65 ; 756,68 ; 756,69 ; 756,75 ; 756,76 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436661-436665).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 6* à 869,70 ; 869,73 ; 1045,80 ; 1045,81 m, respectivement base du stérile de Geisheck et sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C supérieur et moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436666-436671).

Sphenopteris coemansii n'est donc pas très abondant dans le bassin sarro-lorrain mais semble y caractériser le Westphalien C.

Répartition générale :



Texte-fig. 93 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris coemansii* Andrae.

SPHENOPTERIS HAIDINGERI Ettingshausen

Planches 85-86

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Ettingshausen 1852, pl. II, fig. 3, repris ici en 1, 1a-c, pl. 86
- . Origine : *Stradonitz*, Bohême
- . Collection : Geologische Bundesanstalt de Vienne

- v. (pars) 1852 *Sphenopteris Haidingeri* Ettingshausen, p. 13, pl. II, fig. 1-3 ; pl. III, fig. 4
- ? 1914 *Sphenopteris Haidingeri*, Bureau, p. 317, pl. LXXVI, fig. 7 ?, 8
- v. 1923 *Sphenopteris Vernoni* Kidston, p. 153, pl. XXVI, fig. 4 ; pl. XXXII, fig. 5-7
- v. 1954 *Sphenopteris Haidingeri*, Gothan, p. 245, pl. IV, fig. 2

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis n-3, n-2, n-1, suborthogonaux, ornés d'une fine striation longitudinale ; rachis de dernier ordre fortement ailés insérés selon des angles variant de 60 à 80° ;
pennes allongées, étroites, conservant la même largeur sur les 3/4 de leur longueur et se rétrécissant rapidement au sommet ; hypertrophie des éléments basaux catadromes de tous les segments avec tendance à la bipartition ;
pinnules obtuses, très décurrentes ; bords anadrome et catadrome devenant parallèles à leur base et faisant un angle de 30° sur le rachis ; différenciation alterne des lobes seulement marqués par de légères ondulations du bord du limbe ; incision des lobes basaux contemporaine de l'apparition de la cinquième paire de lobes ;
nervation fine mais bien visible, constituée d'une nervure médiane très décurrente émettant vers chaque lobe une nervule simple s'élargissant légèrement à son sommet.

Description :

1) Organisation de la fronde :

Nos collections ne renferment que deux échantillons se rapportant à l'espèce mais l'un d'eux (pl. 85) est d'une taille supérieure à celle du plus grand échantillon figuré par Ettingshausen. Il se compose de douze pennes d'ordre n-2, alternes, plus ou moins bien conservées et dont le degré de différenciation augmente progressivement. Elles étaient sans aucun doute insérées sur un même rachis malheureusement non conservé.

Le second échantillon est constitué d'un rachis assez large (4 mm) sur lequel sont insérées huit pennes d'ordre n-1 au limbe plus opulent que celui de l'échantillon précédent (pl. 86, fig. 7, 7a).

Le lectotype (Ettingshausen 1852, pl. II, fig. 3 = ici pl. 86, fig. 1, 1a-c) montre cinq pennes d'ordre n-1 à peu près parallèles qui elles aussi devaient être insérées sur un même rachis non conservé. Quant au spécimen figuré par Ettingshausen en 4, pl. III, il est aussi constitué d'un rachis assez large (4 mm) portant deux pennes d'ordre n-1 bien différenciées.

Par conséquent la fronde de *Sph. haidingeri* est au moins quadripinnatifide, sa construction est catadrome.

Quelques dimensions :

- Echantillon figuré en 7, pl. 86
 - . largeur du rachis d'ordre n-2 = 4 mm
 - . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 0,5-1 mm
 - . longueur d'une penne d'ordre n-1 = environ 70 mm
 - . longueur d'une penne d'ordre n peu évoluée = 10 mm

- Echantillon figuré en 1, pl. 85
 - . longueur d'une penne n-2 peu différenciée = supérieure à 120 mm
 - . longueur d'une penne n-1 = supérieure à 30 mm
 - . longueur d'une penne n = 21-22 mm
 - . longueur d'une pinnule = 4,5 mm

Aucune base de penne n'est bien conservée sur les échantillons constituant le matériel original ce qui explique qu'Ettingshausen n'ait pas signalé l'hypertrophie qui affecte les éléments basaux catadromes. En effet, sur notre plus grand échantillon ce phénomène s'observe à deux niveaux :

- à la base des pennes de dernier ordre les mieux différenciées où l'on constate que la pinnule catadrome a tendance à devenir bipartite par développement anormal du lobe catadrome (pl. 85, fig. 1a, flèches) ;

- à la base des pennes d'ordre n-2 dont la penne n-1 catadrome porte une penne basale de dernier ordre catadrome plus différenciée que ses voisines et montrant déjà une pinnule basale anormalement développée (pl. 85, fig. 1b).

Ces caractères se retrouvent à moindre échelle sur le second échantillon.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis d'ordres n-2, n-1, ornés d'une fine striation longitudinale, font entre eux des angles proches de 90°. Ceux de dernier ordre, très fortement ailés, sont souvent plus inclinés sur les rachis n-1, l'angle d'insertion variant de 60 à 80°.

b.- penne :

Autant le degré de division augmente rapidement à l'extrémité des penne, autant il varie peu entre les segments médians et basaux d'une même penne. Aussi quel que soit leur ordre, les penne très allongées et relativement étroites conservent-elles une largeur à peu près constante sur les 3/4 de leur longueur puis se rétrécissent rapidement au sommet.

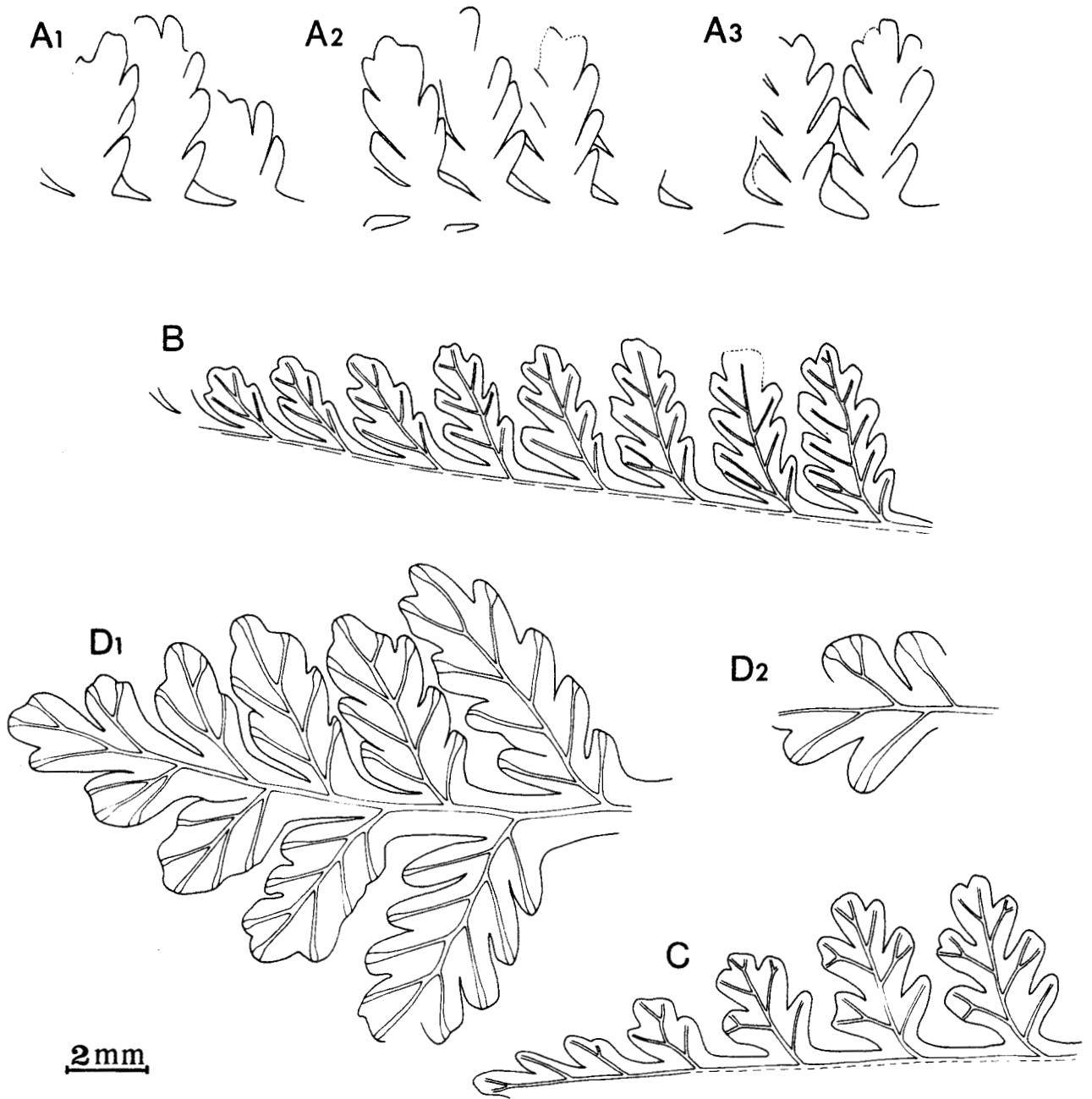
c.- pinnule :

Le caractère essentiel des pinnule est à mon avis la très forte décurrence de leur bord catadrome et la contraction nette de leur bord anadrome qui font que sur une courte distance les deux côtés de la pinnule deviennent parallèles et sont inclinés de 30° environ sur le rachis (texte-fig. 94, A2).

La pinnule à peine individualisée (ou lobe), très courte, a la forme d'un pépin de raisin. Un premier lobe catadrome, également court apparaît ; la pinnule au sommet bifide, très décurrenente, se redresse légèrement, ses deux bords étant parallèles sur presque toute sa hauteur (texte-fig. 94, D1). La différenciation des lobes se poursuit mais ceux-ci ne s'individualisent pas vraiment, leur apparition se manifeste simplement par de légères ondulations du bord du limbe. En même temps, la base de la pinnule se rétrécit de plus en plus par contraction du bord anadrome. L'incision du lobe basal anadrome, visible surtout au niveau de la nervation, est le plus souvent contemporaine de l'apparition de la cinquième paire de lobes. La pinnule mesure alors 7 à 8 mm en longueur.

d.- nervation :

La nervation toujours bien visible est constituée d'une nervure médiane fine, très décurrenente, qui envoie vers chaque ondulation du limbe une nervule simple qui s'élargit progressivement à son extrémité (texte-fig. 94, D2).



Texte-fig. 94 - Morphologie limbaire de *Sphenopteris haiüingeri* Ettingshausen. Comparaison avec *Sphenopteris vernoni* Kidston.

A1-A3 - Pinnules au limbe mal conservé, très lobées, dessinées d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 85.

B - Penne de dernier ordre de *Sphenopteris vernoni*, d'après l'échantillon de Kidston, 1923, pl. XXXIII, fig. 5, 5ab, repris ici en 5, pl. 86.

C - Extrémité de penne du second échantillon de Kidston, 1923, pl. XXVI, fig. 4, repris ici en 4, pl. 86.

D1-D2 - Extrémités de pennes caractérisées par des nervures secondaires s'élargissant en fin de parcours, d'après l'échantillon figuré en 7, pl. 86.



Remarques et discussion :

J'ai retrouvé dans les collections du Geologische Bundesanstalt de Vienne deux des quatre échantillons d'Ettingshausen. Ils sont figurés en partie en 1, 2, pl. 86. La simple comparaison des illustrations photographiques suffit à démontrer que notre plus grand spécimen leur correspond tout à fait. On retrouve d'ailleurs sur l'agrandissement original d (pl. II) représentant une pinnule les caractères essentiels signalés plus haut.

L'attribution du second spécimen caractérisé par son limbe beaucoup plus opulent a nécessité un peu plus de réflexion car son degré de différenciation est moindre. Toutes les caractéristiques de *Sph. haidingeri* y sont néanmoins présentes et on peut imaginer deux positions possibles pour cet échantillon dans l'ensemble de la fronde. Par rapport au grand spécimen il pourrait se situer au plus haut en extrémité de fronde ou au contraire plus bas et représenter une penna latérale. Pour pouvoir répondre à cette alternative, il faudrait connaître la largeur du rachis principal du plus grand spécimen.

J'ai découvert dans les collections du Saarbergwerke de Sarrebruck un petit fragment dont l'aspect est très comparable à celui de notre plus petit échantillon : même degré de différenciation, mêmes pinnules très évoluées, fortement décurrentes et constituées de cinq ou six paires de lobes légèrement ondulés ; il appartient aussi sans aucun doute à *Sph. haidingeri*.

Les échantillons provenant de la Basse Loire figurés par Bureau (1914, pl. LXXVI, fig. 7, 8) sont apparemment très mal conservés et il est difficile de se prononcer sur l'exactitude de leur détermination. Celui de la figure 8 pourrait à la rigueur être rapproché des types de *Sph. haidingeri* mais de sérieuses réserves s'imposent à propos de la figure 7.

Kidston (1923, p. 153) a créé *Sphenopteris vernonii* pour quelques petits fragments conservés pour la plupart dans des nodules et depuis l'espèce n'a jamais été redécrite. L'observation de ces échantillons conservés à l'Institute of Geological Sciences de Londres m'incline à penser qu'il s'agit en fait d'un synonyme postérieur de *Sph. haidingeri*. Les dessins BC de la texte-fig. 94 réalisés d'après le matériel de Kidston figuré en 4, 5, 5a, pl. XXXII = ici pl. 86, fig. 4, 5, montrent toutes les caractéristiques de la morphologie limbale de *Sph. haidingeri* : premières étapes de différenciation identiques, mêmes pinnules évoluées très décurrentes à lobes arrondis, mêmes rachis ailés, même nervation simple. Cette extrémité de penna est en outre tout à fait semblable aux pennes les mieux conservées de notre échantillon figuré en 7, pl. 86. Je pense par conséquent qu'il n'y avait pas lieu de créer un taxon nouveau pour ces échantillons anglais et qu'il s'agit de petits fragments de *Sph. haidingeri*.

Asterotheca damesii (Stur) est à mon avis l'espèce sphénoptéridienne la plus proche de *Sph. haidingeri* par l'allure générale de son limbe stérile. Elle se distingue cependant très nettement par ses pinnules à sommet bifide beaucoup moins décurrentes et constituées de lobes eux-mêmes profondément incisés et aussi par sa nervation caractéristique (comparer les texte-fig. 94 et 26).

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Nos deux échantillons ont été récoltés sur les terris de *la Houve* et d'*Hostenbach* où sont déversés des stériles d'âge Westphalien D ou Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436801-436804).

L'origine du petit spécimen conservé à Sarrebruck n'est guère plus précise : Flammkohle du groupe de *Reden* (= Westphalien D).

Les échantillons d'Ettingshausen proviennent du bassin de *Stradonitz* (Bohême) dont on pense qu'il est constitué de niveaux d'âge minimum Westphalien B supérieur mais plutôt Westphalien C.

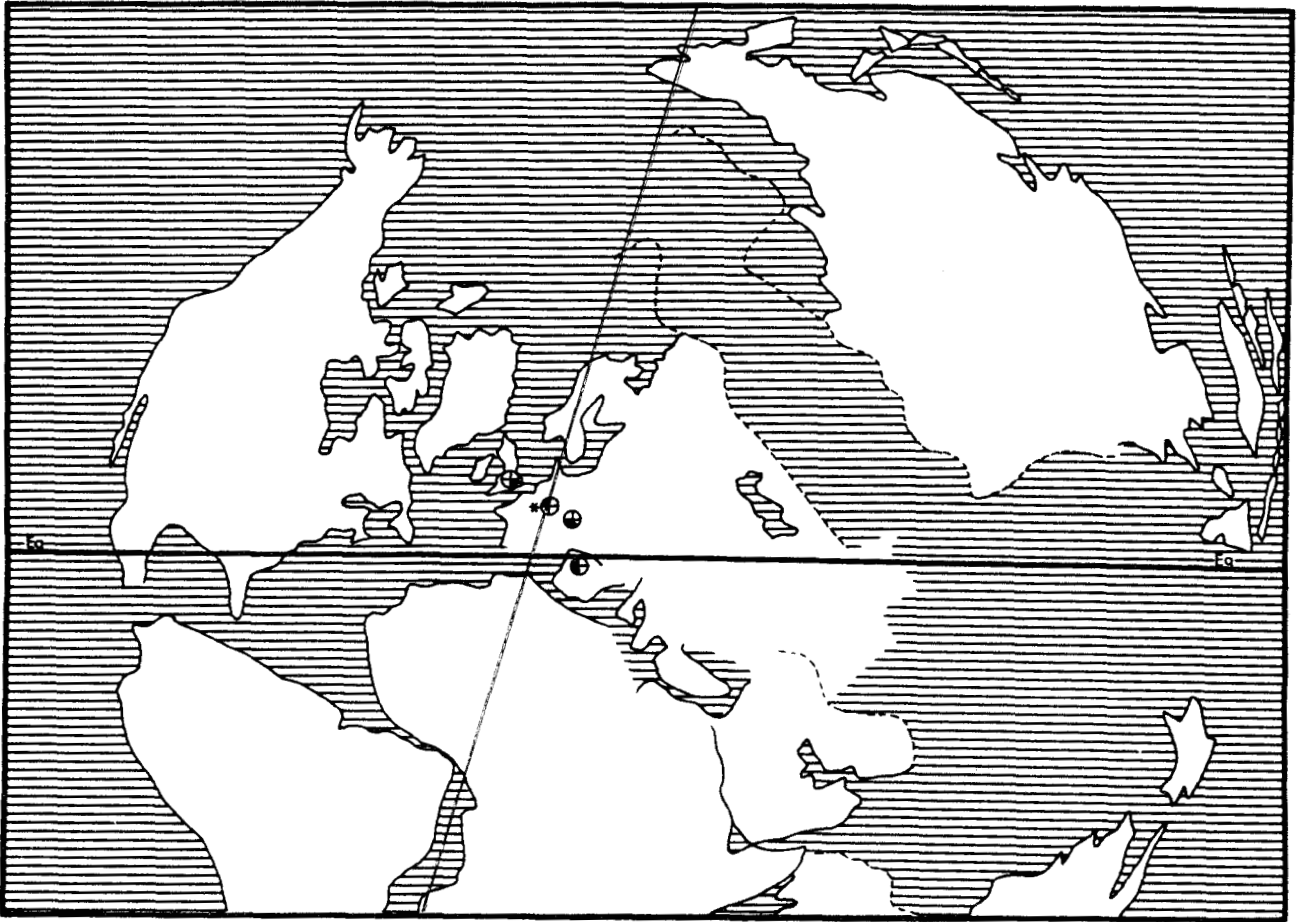
Enfin, Kidston attribuait un âge Westphalien B supérieur au niveau où a été récolté *Sph. vernonii*.

Bien que la répartition stratigraphique de *Sph. haidingeri* soit très vaste :

Westphalien B supérieur à Westphalien D supérieur ou niveaux inférieurs du Stéphanien, l'espèce ne semble pas être très abondante dans les différents bassins où elle a été signalée.

Le fait que l'espèce n'ait été rencontrée en Sarre-Lorraine que dans des niveaux assez élevés n'est pas surprenant puisque Jongmans et R.H. Wagner (1957, p. 14) citent un *Sph. haidingeri* dans la région de Riosa (Asturies) dans des terrains d'âge Westphalien C et D.

Répartition générale :



Texte-fig. 95 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris haidingeri* Ettingshausen.

Il n'a pas été tenu compte dans cette répartition des échantillons décrits par Bureau et récoltés dans des niveaux très inférieurs (couches de Chalennes = Viséen). Leur détermination reste trop douteuse pour qu'on envisage d'élargir la répartition de *Sph. haidingeri* pour ces seuls spécimens.

SPHENOPTERIS JOSTENII nov. sp.

Planche 87

Derivatio nominis :

Dédié à Monsieur le Docteur K.H. Josten, Directeur de la division Stratigraphie du Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen de Krefeld

Holotype :

- . Echantillon figuré par Behrend 1909, fig. 2A, repris ici en 2, 2a, pl. 87
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, groupe de l'Hôpital près de Hombourg, Westphalien C supérieur-D inférieur
- . Collection : Museum für Naturkunde de Berlin, n° 1274

- v. 1909 *Diopteridium Gutbierianum* Behrend in H. Potonié (pars), Lief. VI, n° 108, fig. 2A non 1, 3, 4
- ° 1978 *Sphenopteris gutbieriana*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, pl. 9, fig. 4

Diagnose :

- Organisation de la fronde inconnue, au moins bipinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis dépourvus d'ornementation, porteurs de deux sillons longitudinaux bien marqués, faisant entre eux des angles proches de 90° ; rachis de dernier ordre très largement ailés ;
pennes de dernier ordre rubanées, alternes ;
pinnules de grande taille (6 à 10 mm) insérées perpendiculairement au rachis par toute leur base ou presque, à bord catadrome très décurrent ; limbe profondément découpé en lobes acuminés parallèles entre eux et inclinés de 45° sur la nervure médiane ; intensité des divisions identique des deux côtés de la pinnule sauf à la base où elle est plus forte côté anadrome ; première pinnule basale anadrome hypertrophiée et bipartite avec une partie catadrome supplémentaire étroitement lobée comme le reste du limbe ;
nervure principale légèrement décurrente, émettant une première ramification catadrome puis se divisant alternativement en nervules dichotomes, chaque indentation du limbe recevant une nervule ultime simple.

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le plus grand spécimen observé (pl. 87, fig. 1) représente un fragment de penna d'ordre n-1 dont le rachis mesure 2 mm de large. L'holotype figuré en 2A par Behrend (*in* H. Potonié 1909, n° 108) correspond à un segment de même ordre, un peu moins différencié mais dont le rachis est encore plus large : presque 3 mm. Par conséquent l'organisation de la fronde est au moins bipinnatifide, sa construction catadrome est bien visible à tous les niveaux.

Quelques dimensions : échantillon figuré en 1, pl. 87

- . largeur du rachis d'ordre n-1 = 2 mm
- . largeur d'un rachis de dernier ordre = 0,5-0,6 mm ; 2,2 mm avec la partie limbale qui le borde
- . longueur des pennes d'ordre n = très incomplètes : supérieure à 25 mm
- . distance entre les insertions des pennes d'ordre n = 18 mm
- . longueur des pinnules = 6-7 mm

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis dépourvus d'ornementation mais parcourus par deux sillons longitudinaux font entre eux des angles proches de 90°. Les rachis de dernier ordre sont en outre très largement ailés du fait de la forte décurrence des pinnules ; leur largeur se voit ainsi triplée ou quadruplée.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre rubanées et insérées subperpendiculaire-

ment au rachis rappellent l'aspect du limbe des espèces rapportées aux genres *Alloiopteris* H. Potonié et *Corynepteris* Baily mais ne portent pas d'aphlébies à leur base.

c.- pinnules :

Les extrémités de pennes n'étant pas conservées, les échantillons ne montrent que des pinnules très évoluées d'assez grande taille : 6 à 12 mm. Celles-ci sont insérées perpendiculairement au rachis par toute leur base ou presque ; leur bord catadrome est très décurrent (texte-fig. 96A). A l'exception de la première pinnule basale anadrome, elles sont identiques sur toute la longueur des pennes : étroitement découpées en lobes étroits acuminés, simples ou indentés, régulièrement inclinés de 45° environ sur la nervure médiane. L'aspect des pinnules est donc assez symétrique sauf dans leur partie basale : le lobe anadrome présente une intensité de division plus grande que son équivalent catadrome (texte-fig. 96B). On compte, par exemple, sur l'une des pinnules de l'échantillon figuré en 3a, pl. 87 (texte-fig. 96D) cinq indentations pour le lobe basal anadrome et seulement deux pour son équivalent catadrome. On remarquera en outre sur le spécimen de la figure 2a, pl. 87, que le mode de division du lobe basal anadrome annonce l'hétéromorphisme constaté au niveau des pinnules basales anadromes : le premier lobule, catadrome, s'écarte nettement de la partie principale du lobe.

Les pinnules basales anadromes de chaque penne se caractérisent par une nette bipartition résultant d'une hypertrophie limbale côté catadrome (pl. 87, fig. 1a).

d.- nervation :

Elle n'apparaît nettement que sur deux spécimens observés à Sarrebruck. La nervure médiane décurrente émet autant de nervules secondaires dichotomes qu'il est nécessaire pour irriguer chaque indentation du limbe. Dans les pinnules basales bipartites, la première ramification catadrome s'individualise dès que la nervure médiane se sépare du rachis.

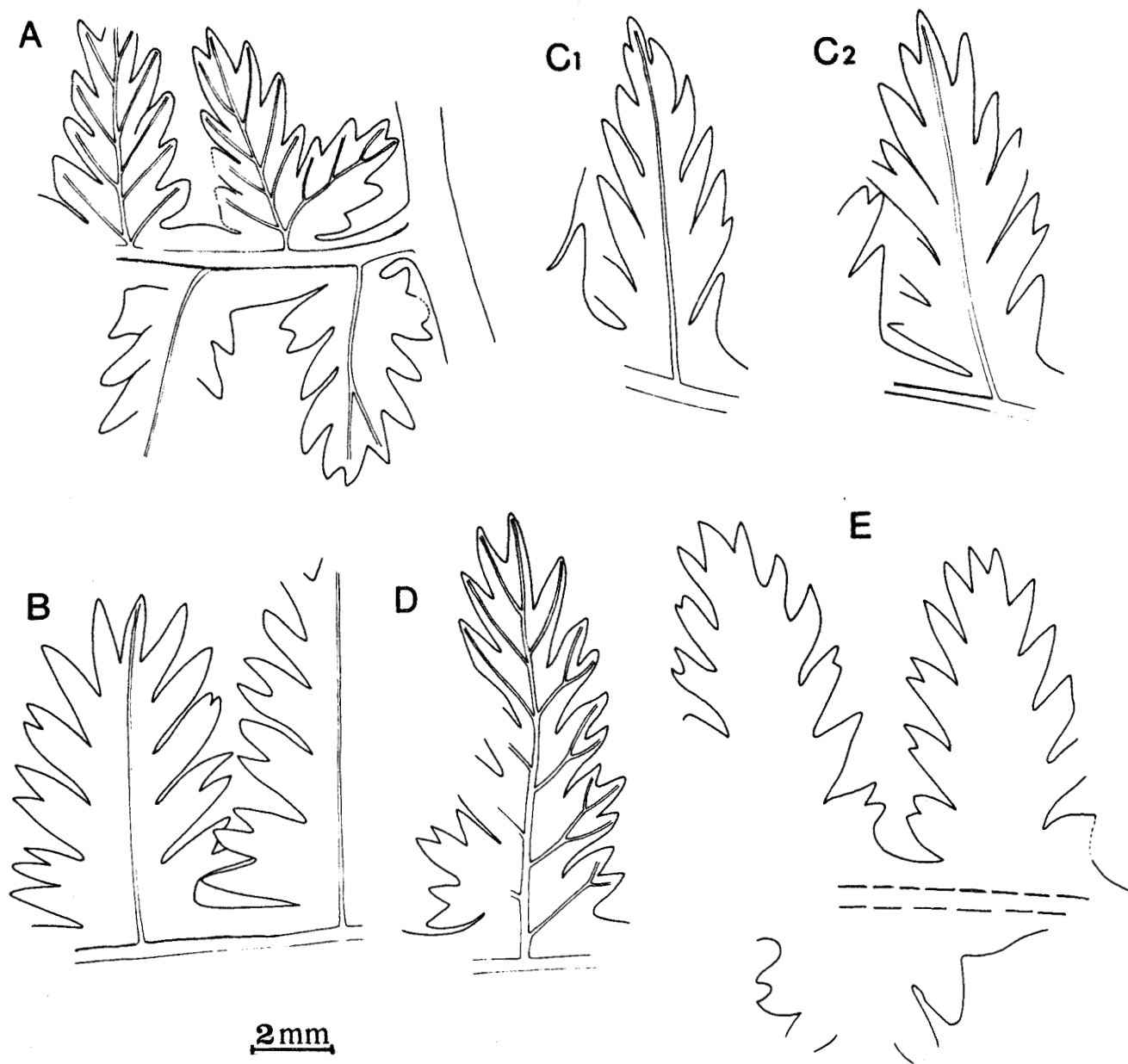
Remarques et discussion :

Behrend (1909) réunit sous l'appellation *Ovopteridium gutbierianum* :

- figure 2 : une forme stérile inconnue jusque-là mais bien caractérisée à laquelle nos échantillons ressemblent beaucoup ;
- figures 3, 4 : les échantillons stérile et fertile décrits par Zeiller (1886-88, pl. XV, fig. 5, 5a ; pl. XVI) comme *Diplothemema zeilleri*, provenant du Nord de la France ;
- figure 1 : un fragment de penne d'ordre n-2 récolté en Sarre par Behrend.

Je partage tout à fait l'avis de Daber (1955, p. 12) qui exclut de la liste synonymique de son *Diplothemema gutbierianum* la figure 2 de Behrend. En effet, de la comparaison de cet échantillon (= holotype de *Sph. jostenii*) avec les autres figurations de Behrend et, en particulier, avec le grand spécimen de *Diplothemema zeilleri*, actuellement répertorié dans la typhothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon, les différences suivantes peuvent être retenues :

- 1- différences concernant la forme générale des pinnules et leur mode de division :
 - . le limbe des échantillons figurés en 1 et 4 est moins opulent que celui du fragment figuré en 2 ; la croissance en longueur prédomine et les pinnules apparaissent allongées et relativement étroites ; les pinnules de la figure 2 sont au contraire développées en largeur,
 - . à taille égale, les pinnules de la figure 2 sont constituées de lobes mieux individualisés et plus divisés,
 - . les pinnules sont insérées obliquement sur les rachis des figures 1 et 4 alors qu'elles leur sont subperpendiculaires sur le spécimen de la figure 2.
- 2- différences concernant l'hétéromorphisme des pinnules basilaires :
 - . les deux pinnules basales des pennes de dernier ordre sont hypertrophiées et bipartites sur la figure 1,
 - . Zeiller signale que les pinnules basilaires catadromes de son grand échantillon (= fig. 4 de Behrend) sont plus courtes et plus divisées que la normale,
 - . l'orientation de l'échantillon très fragmentaire de la figure 2 n'est pas immédiate. Toutefois, la priorité de différenciation des pinnules étant nettement catadrome, on peut supposer que toute la fronde est construite sur ce modèle. Le spécimen ainsi orienté, on constate que ce sont les pinnules basales anadromes qui sont hétéromorphes.



Texte-fig. 96 - Morphologie limbaire de *Sphenopteris jostenii* nov. sp.

- A - Fragment de l'échantillon figuré en 1, pl. 87. Remarquer la pinnule basale anadrome bipartite.
- B - Pinnules très évoluées ou petites pennes de dernier ordre dessinées d'après l'holotype figuré en 2, pl. 87.
- C1 - E - Segments équivalents dessinés :
 - C1-C2 - d'après l'échantillon figuré en 7, pl. 87,
 - D - d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 87,
 - E - d'après l'échantillon figuré en 6, pl. 87.



Cette étude comparative souligne l'hétérogénéité du matériel figuré par Behrend au sein duquel l'échantillon de la figure 2 se distingue nettement. N'ayant pas retrouvé l'échantillon correspondant à la figure 1, il m'est difficile de discuter de son assimilation avec ceux des figures 3 et 4 représentant *Diplothema zeilleri*. Il est certain toutefois qu'aucun de ces spécimens n'est conforme aux figurations originales de *Sphenopteris gutbieriana* Geinitz, pas plus d'ailleurs que le fragment de la figure 2.

Notre matériel étant parfaitement identique à ce dernier échantillon : rachis largement ailés, pinnules basales anadromes, bipartites, il convenait de créer pour cet ensemble une unité taxonomique nouvelle dont il fallait préciser l'appellation générique.

Le genre *Ovopteridium* était considéré par son auteur, Behrend, comme une forme de passage entre les genres *Ovopteris* et *Palmatopteris*. Sa définition étant particulièrement vague : "formes dont les éléments de dernier ordre sont profondément découpés en lobes aigus", quantité d'espèces lui ont été rapportées ("*Diplothemema zeilleri*, *Hapalopteris schatzlaren-sis* Stur, *Sphenopteris bronni* Gutbier, *Palmatopteris walteri* H. Potonié, *Discopteris schumannii* Stur...") mais se sont révélées très vite totalement différentes. Aussi le genre *Ovopteridium* est-il tombé en désuétude.

L'allure du feuillage de nos spécimens rappelle par bien des aspects certaines formes du genre *Alloiopteris* : pinnules toutes identiques, dissymétriques à la base, pennes de dernier ordre rubanées, insertion subperpendiculaire des différents segments. La présence de deux sillons longitudinaux sur les rachis évoque aussi la structure des *Zygopteridaceae* mais d'autres espèces n'appartenant pas à cette famille présentent le même caractère. L'absence d'aphlébies à la base des pennes semble aussi aller à l'encontre de cette parenté encore que chez *Alloiopteris erosa* (Gutbier) les aphlébies fassent également défaut. Il n'est donc pas impossible que par la suite on soit amené à placer ces échantillons dans le genre *Alloiopteris*. Il m'a paru prudent cependant de les laisser dans le groupe des *Sphenopteris incertae sedis* compte tenu de leur état très fragmentaire. Et je suis heureuse de dédier cette nouvelle espèce à Monsieur le Docteur K.H. Josten, Directeur de la division Stratigraphie du Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen de Krefeld.

C'est avec le feuillage stérile de *Corynepteris essinghii* (Andrae) que *Sphenopteris jostenii* présente le plus d'affinités. La différenciation est aisée quand on dispose d'échantillons suffisamment grands. Chez *Cor. essinghii*, les éléments basaux des pennes sont transformés en aphlébies laciniées alors que chez *Sph. jostenii* seule la pinnule basale anadrome est hétéromorphe, opulente et bipartite. Une observation plus fine est nécessaire pour distinguer des segments plus fragmentaires. Les pinnules de *Cor. essinghii* sont composées d'éléments proportionnellement plus étroits et moins aigus, mais sont surtout beaucoup plus dissymétriques. La priorité de différenciation est anadrome et le décalage entre les intensités des divisions des lobes basaux est très important. Enfin, les rachis de dernier ordre apparaissent largement ailés chez *Sph. jostenii*, ce caractère n'existe pas chez *Cor. essinghii*.

Le *Sphenopteris picandetii* Zeiller (in Renault et Zeiller 1888, p. 53, pl. I, fig. 9, 10) présente également quelques ressemblances avec *Sphenopteris jostenii* mais ses pinnules moins opulentes, de petite taille (1 à 4 mm de long) sont nettement plus inclinées sur les rachis. Zeiller signale en outre que chez *Sph. picandetii* "la pinnule la plus basse de chaque penne placée du côté inférieur, presque dans l'angle des deux rachis" est "plus grande et plus divisée que toutes les autres et décurre le long du rachis". Or, chez *Sphenopteris jostenii* la pinnule basale, hypertrophiée et bipartite, est anadrome. De plus les rachis de dernier ordre sont largement ailés sur toute leur longueur. Il ne semble donc pas y avoir de confusion possible entre ces deux espèces.

Je serais assez tentée de rapprocher de *Sph. jostenii* le spécimen figuré par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 9, fig. 4) sous le nom de *Sphenopteris gutbieriana* Geinitz. Toutefois la croissance en longueur des pinnules y semble prédominante comme sur les échantillons décrits par Behrend (1909, fig. 1, 4). N'ayant pu retrouver ce spécimen dans les collections de Sarrebruck, je ne puis me prononcer définitivement compte tenu de son état très fragmentaire.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

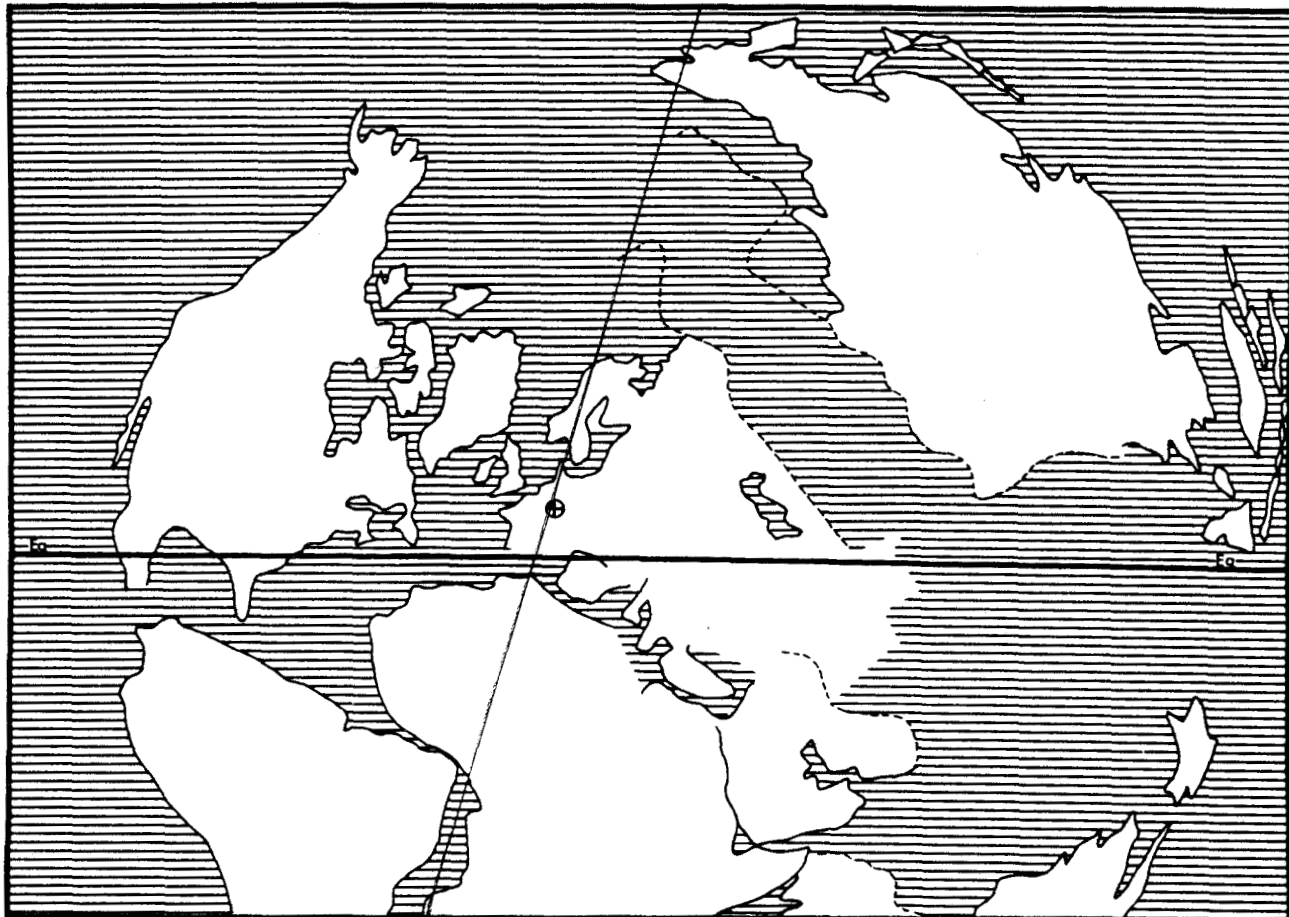
Les échantillons conservés à Lille proviennent des sondages d'Hargarten 1 à 970,00 et 1272,10 m, d'Hargarten 2 (= Moulin du Soleil) à 926,10 m et d'Hargarten 3 à 1211,10 m, soit de niveaux correspondant au faisceau de Steinbesch = Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436851-436854).

Les autres échantillons ont été récoltés :

- au toit de la veine Amelung (siège inconnu), base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck),
- dans le groupe de l'Hôpital, près de Hombourg où ont été exploités des niveaux d'âge Westphalien C supérieur ou D inférieur (Coll. du Museum für Naturkunde de Berlin).

Sphenopteris jostenii est donc une espèce peu fréquente du Westphalien D qui jusqu'à présent ne semble avoir été récoltée que dans le bassin sarro-lorrain.

Répartition générale :



Texte-fig. 97 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris jostenii* nov. sp.

SPHENOPTERIS LACINIOSA Alvarez-Ramis, Doubinger et Germer

Planche 88, figure 1-7

Holotype :

- . Echantillon figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 9, fig. 6, repris ici en 1, 1a, pl. 88
- . Origine : Bassin de Sarre-Lorraine, groupe de Frankenholz, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur
- . Collection : Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/7285

85
JULIE

1978 *Sphenopteris laciniosa* Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 20, pl. 9, fig. 6 ;
texte-fig. 33

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile opulent et lacinié ; rachis n et n-1 largement ailés ; rachis n-2 ronds et étroits ; fine striation longitudinale sur les rachis d'ordres antérieurs à n ;
pennes de dernier ordre lancéolées, non recouvrantes ;
pinnules de grande taille, très décourantes, fortement laciniées en lobes aigus ; individualisation alterne des lobes ; croissances apicale et latérale à peu près équivalentes ; maximum de différenciation correspondant à l'apparition de la troisième paire de lobes ; léger retard de différenciation des éléments basaux catadromes, surtout sensible au niveau des pennes de dernier ordre ;
nervation fine mais bien visible, constituée d'une nervure médiane sinueuse, non décourante, émettant une nervule vers chaque indentation du limbe.

Description :

Nos collections ne renferment que quelques spécimens se rapportant à l'espèce et l'essentiel du matériel décrit est conservé au Saarbergwerke de Sarrebruck.

1) Organisation de la fronde :

Presque tous les échantillons observés correspondent à des fragments de pennes d'ordre n-2 et présentent le même degré de différenciation que l'échantillon-type d'Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 9, fig. 6). L'organisation de la fronde est donc au moins tripinnatifide, la construction est nettement catadrome et on n'observe pas d'aphlébies.

Quelques dimensions :

- Holotype figuré en 1, pl. 88
 - . largeur d'un rachis d'ordre n-2 = 0,6-0,7 mm (ou plus ?)
 - . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 0,7 mm
 - . longueur d'une penne d'ordre n = 17 mm
 - . longueur d'une pinnule basale anadrome = 4,5 mm
- Echantillon figuré en 7, pl. 88
 - . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 0,5 mm
 - . longueur d'une penne d'ordre n = 21 mm
 - . longueur d'une pinnule basale anadrome = 6,5 mm

2) Feuillage stérile :

L'opulence, la taille et l'aspect très lacinié des pinnules donnent au feuillage une allure très caractéristique.

a.- rachis :

Les rachis d'ordres n-2 et n-1 sont recouverts d'une fine striation longitudinale. Alors que les rachis d'ordre n-2 sont ronds, ceux d'ordres n-1 et n apparaissent largement ailés. Les angles d'insertion varient de 70 à 80°.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre, non recouvrantes, sont les seules qui soient complètes sur nos spécimens. Elles sont lancéolées et leur maximum de largeur correspond généralement à la deuxième paire de pinnules basales.

c.- pinnules :

Les dessins C1-C3 de la texte-fig. 98, réalisés d'après l'échantillon

figuré en 7, pl. 88, résumant les premières étapes de la différenciation limbale. On y observe :

- l'individualisation alterne prioritairement catadrome des lobes ;
- les lobes fasciculés en forme de languettes aiguës ;
- l'égalité des croissances apicale et latérale ;
- la forte décurrence des pinnules.

On constate en outre un léger retard de différenciation de l'élément basal catadrome, particulièrement sensible à la base des pennes de dernier ordre dont la pinnule catadrome est toujours plus petite et moins divisée que son équivalente anadrome ; mais on n'observe pas de réduction des pennes basales catadromes de dernier ordre.

d.- nervation :

La nervation très fine est toujours bien visible et se compose d'une nervure médiane non décurrence, légèrement sinueuse, envoyant vers chaque lobe une nervure simple qui se divise à son tour pour irriguer chaque indentation du limbe. La division des nervures précède celle du limbe (texte-fig. 98, C3).

Remarques et discussion :

Alvarez Ramis et al. (1978) ont créé *Sphenopteris laciniosa* pour un spécimen unique bien conservé, répertorié dans les collections du Saarbergwerke de Sarrebruck et refiguré ici en 1, pl. 88.

Nos spécimens lui sont parfaitement conformes comme le prouve la comparaison de la texte-fig. 98 avec l'agrandissement de la figure 1a, pl. 88, qui présentent des segments de même ordre, au même stade de différenciation. Les autres échantillons conservés à Sarrebruck possèdent le même feuillage opulent et profondément lacinié.

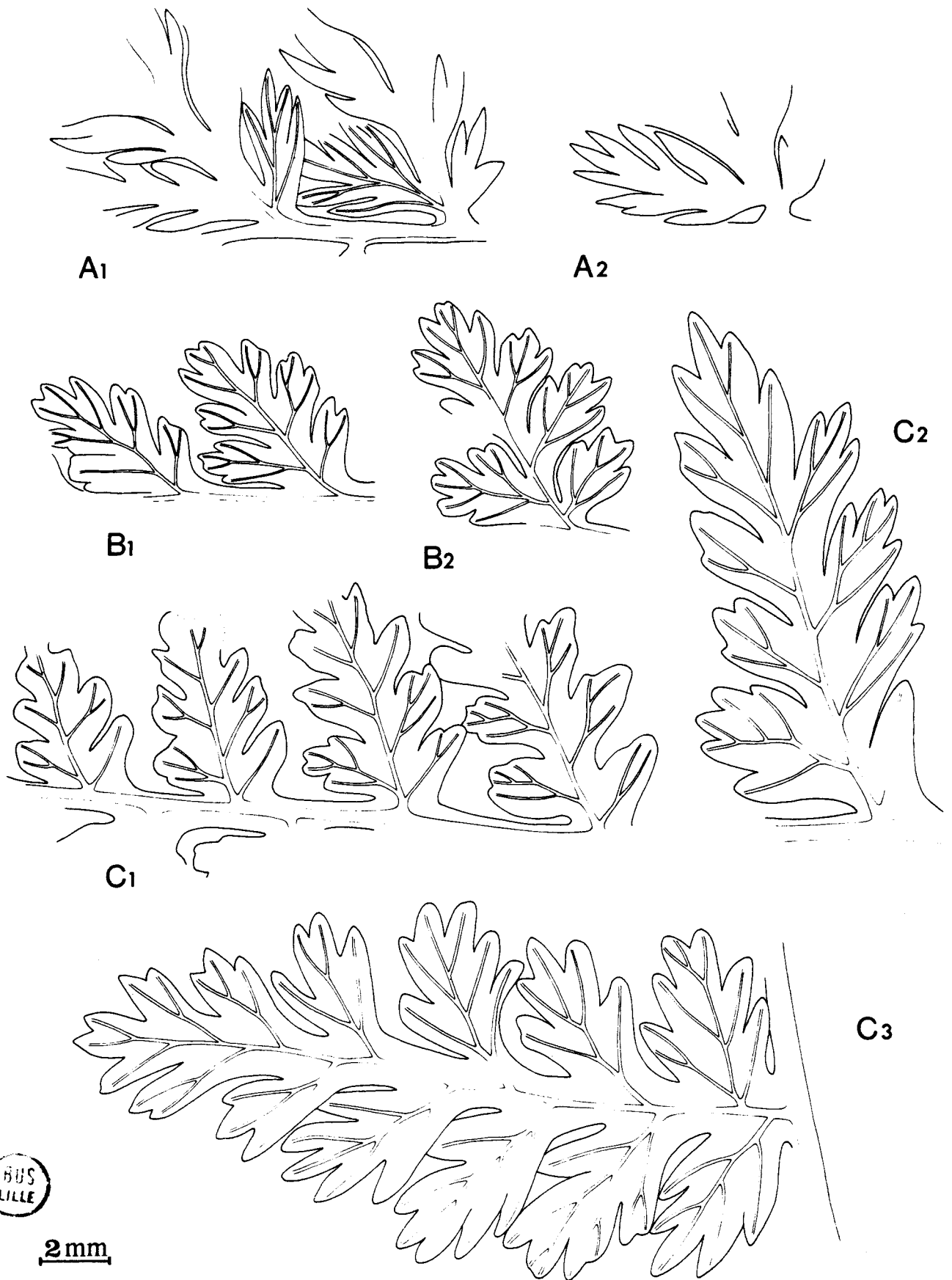
Si la conformité de notre matériel avec l'holotype d'Alvarez Ramis et al. ne peut être contestée, la valeur spécifique de *Sphenopteris laciniosa* et ses relations avec *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) méritent discussion. En effet, l'échantillon-type de *Sphenopteris laciniosa* n'est pas très éloigné de l'holotype de *Sphenopteris magnifica* Danzé (1956, pl. LXII, fig. 4, 4a) que je considère comme un morphe particulier de *R. chaerophylloides* (voir p. 148). Ses lobes sont simplement un peu plus échancrés et plus aigus et son limbe à peine plus fourni.

En outre, l'un de nos spécimens, particulièrement opulent et lacinié, mais parfaitement conforme à l'holotype de *Sphenopteris laciniosa* (pl. 88, fig. 7) porte un tout petit fragment, non connecté, au limbe beaucoup moins fourni et moins divisé et dont le mode de différenciation pourrait très bien le faire correspondre à une extrémité de *Sphenopteris laciniosa*. Or son aspect n'est guère différent des formes traditionnellement rapportées à *R. chaerophylloides*.

On pourrait donc envisager que les fragments au limbe très lacinié correspondent à des formes extrêmes de l'échelle des variations morphologiques de *R. chaerophylloides*. Mais il faudrait, pour pouvoir l'affirmer, avoir trouvé ou des segments connectés ou des formes intermédiaires entre les deux types de feuillages. Le nombre de nos échantillons est beaucoup trop réduit pour qu'une quelconque démonstration puisse être établie, d'autant qu'ils sont fragmentaires et d'origines très différentes. Le problème est donc posé mais ne peut être résolu pour l'instant et l'espèce *Sphenopteris laciniosa* est maintenue.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Bowette d'Hirschbach à 1222,00 m, sommet du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436903).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Groupe de Friedrichstahl, veine 13, sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. Museum für Naturkunde de Berlin).



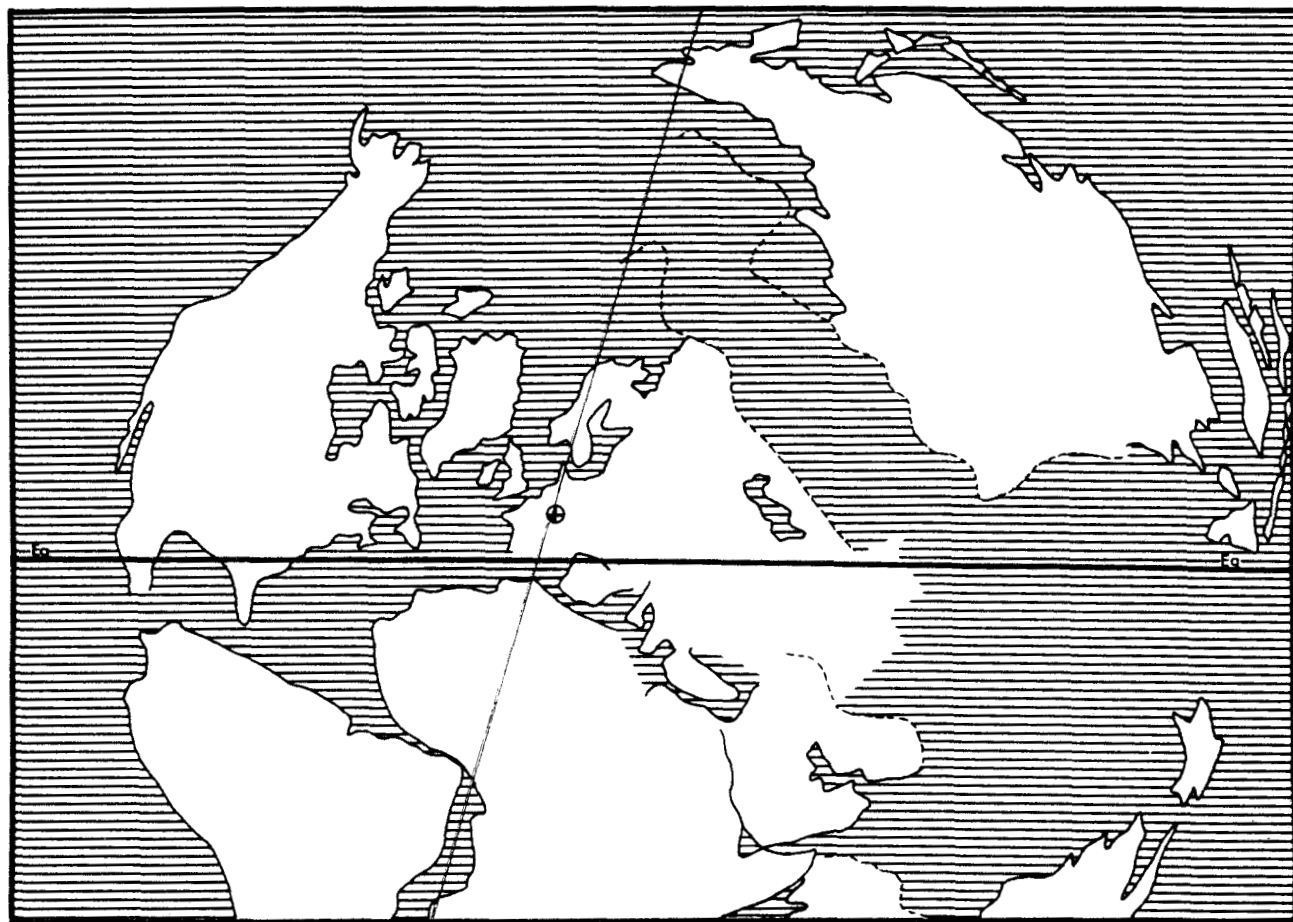
Texte-fig. 98 - Morphologie et différenciation limbaires de *Sphenopteris laciniosa* Alvarez Ramis et al.
A1-A2 - Quelques bases de pennes de dernier ordre, d'après un échantillon non figuré.
B1-B2 - Pinnule évoluée et petite penna de dernier ordre, d'après l'échantillon figuré en 6, pl. 88.
C1-C3 - Pinnules évoluées et pennes de dernier ordre à des stades variés de différenciation, d'après l'échantillon figuré en 7, pl. 88.

- Autres gisements :

- Groupe de *Frankenholz*, veines 6 et 7, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. Haas n° 371 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436904 ; Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/7285, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 9, fig. 6).
- Groupe d'*Hélène*, veine 13, un peu sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Siège de *Püttlingen*, sans autre précision (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436905).
- Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 978,38 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436901).
- Couches de *Sulzbach*, veine 7, sans indication sur le siège, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Sondage de *Wiebelskirchen*, veine Abterifen, faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur ou moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

Sphenopteris laciniosa n'est donc pas très abondant dans le bassin sarro-lorrain mais semble y caractériser le Westphalien C puisque sa répartition commence un peu sous T300 et se termine au sommet du faisceau de Petite-Rosselle. On remarquera que ces niveaux sont aussi ceux où *Renaultia chaerophylloides* est particulièrement abondant.

Répartition générale :



Texte-fig. 99 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris laciniosa* Alvarez Ramis et al.

SPHENOPTERIS sp. aff. *LACINIOSA* Alvarez Ramis Doubinger et Germer

Planche 88, fig. 8

Description :

1) Organisation de la fronde :

L'échantillon représente un fragment de penne d'ordre n-2 dont le rachis principal n'excède pas 0,7 à 0,8 mm en largeur. La fronde est donc au moins tripinnatifide, sa construction nettement catadrome. On n'observe pas d'aphlébies.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis de dernier ordre apparaissent très largement ailés, ceux d'ordre n-1 ne le sont qu'aux extrémités. Le rachis d'ordre n-2 est rond et étroit. Une fine striation longitudinale couvre les rachis d'ordres n-1 et n-2.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre lancéolées, non recouvrantes, sont les seules qui sont conservées entièrement.

c.- pinnules :

La texte-fig. 100 illustre les premières étapes de la différenciation limbale au sommet des pennes de dernier ordre et montre quelle est l'allure générale du limbe. Trois caractères sont à souligner :

- 1- l'aspect des lobes : très courts et à sommet largement arrondi ;
- 2- la très forte décurrence des pinnules peu évoluées ;
- 3- la réduction qui affecte les éléments catadromes à la base des pennes de dernier ordre et d'ordre n-1.

Le degré de différenciation de l'échantillon et son état de conservation ne permettent pas d'observer de pinnules évoluées.

d.- nervation :

Elle est fine mais bien visible et se compose d'une nervure médiane non décurrente, à peine sinueuse, qui émet une nervule simple vers chaque lobe.

Remarques et discussion :

L'échantillon porte une étiquette manuscrite de P. Bertrand qui prévoyait d'en faire une espèce nouvelle : *Ovopteris ceciliae*. Il ne me paraît pas raisonnable de créer un taxon pour ce spécimen unique qui, par ailleurs, n'est pas très éloigné des formes décrites ici sous le nom de *Sph. laciniosa*. En effet, les modes de différenciation limbale sont identiques (comparer les texte-fig. 98 et 100) et les tailles respectives des divers segments sont tout à fait comparables. La différence essentielle se situe au niveau de la forme des lobes qui sont plus longs et surtout beaucoup plus aigus chez *Sph. laciniosa*.

Le nombre limité d'échantillons que j'ai rapportés à *Sph. laciniosa* et leur état très fragmentaire n'ont pas permis d'élucider les relations de cette espèce avec *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart). L'échantillon décrit ici est en fait intermédiaire entre les formes opulentes de *R. chaerophylloides* (type *magnifica* de Danzé, voir p. 148) et les formes très laciniées de *Sph. laciniosa*. Il pourrait constituer un jalon permettant d'élargir encore l'échelle des variations morphologiques de *R. chaerophylloides*. Mais pour l'instant aucun argument ne permet de poursuivre plus avant la discussion. Les échantillons sont beaucoup trop fragmentaires pour qu'on puisse espérer trouver les deux types de feuillages en connexion directe et leurs origines sont trop différentes et très imprécises. Aussi ai-je préféré laisser ce spécimen en nomenclature ouverte en signalant ses affinités avec *Sph. laciniosa*.



Texte-fig. 100 - Morphologie limbale de l'échantillon considéré comme représentant une forme affine de *Sphenopteris laciniosa* Alvarez Ramis et al., d'après l'échantillon figuré en 8, pl. 88.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

un seul échantillon provenant du siège de *Püttlingen*, sans autre précision (Coll. Haas n° 663 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 436953).

***SPHENOPTERIS LATINERVIS* Danzé**

Planches 89, 90; Planche 91, fig. 1-3

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Danzé 1956, pl. LXVI, fig. 1, 1a, repris ici en 1, lab, pl. 91
- . Origine : Bassin du Nord-Pas-de-Calais, siège d'*Aniche*, fosse Notre-Dame, veine n° 5, faisceau de Pouilleuse, Westphalien B supérieur
- . Collection : Laboratoire de Paléobotanique de Lille



1956 *Sphenopteris latinervis* Danzé (pars), p. 411, pl. LXVI, fig. 1, 1a, 3, 3ab, non 2, 2a ; pl. LXVII, fig. 1-4a

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile très polymorphe ; rachis ronds, non décurrents, couverts d'une fine striation longitudinale ; ceux d'ordre n-2 couverts de trichomes ou des punctuations correspondant à leurs bases ; extrémité des rachis de dernier ordre ailés ; pennes non recouvrantes, triangulaires, trapues ; pinnules d'aspect sphénoptéridien au sommet ou en extrémité de fronde, tendant à devenir pécoptéridiennes dans les parties plus basses ; différenciation limbair rapide ; lobes échancrés à sommet mousse ou au contraire peu marqués et représentés par de légères ondulations du bord du limbe ; pinnules peu évoluées très décurrentes mais nettement redressées sur le rachis dès l'apparition de la seconde paire de lobes ; maximum de différenciation correspondant à l'apparition de la 4ème paire de lobes : longueur d'une pinnule à ce stade : 4,5 mm ; nervation large et bien visible constituée d'une nervure médiane non décurrente mais sinuose envoyant une nervule simple dans chaque lobe.

Nos collections renferment un grand nombre d'échantillons provenant d'un même point de gisement (puits V de Merlebach, veine 2) et représentant une espèce particulièrement polymorphe au point que P. Bertrand lors d'une prédétermination avait envisagé de créer à leur intention sept taxons différents : *Renaultia denticularis*, *R. integrals*, *R. obscuralis*, *R. pecopteroïdes-obscura*, *R. preciosa*, *R. principalis* et *R. solidaris*. Ces différentes espèces n'ont d'ailleurs jamais été décrites et seule *R. principalis* a fait l'objet d'une citation par Pruvost (1934, p. 54). Aucun de ces spécimens n'est fructifié et je suppose que P. Bertrand justifiait l'attribution générique de ces échantillons par leurs ressemblances étroites dans l'allure générale du feuillage avec les espèces connues du genre *Renaultia*.

Plusieurs autres spécimens récoltés dans des niveaux différents appartiennent également à cet ensemble et sont conformes à l'un ou l'autre morphotype mais pour mettre en évidence l'ampleur des variations morphologiques, je prendrai pour base le matériel provenant de Merlebach.

Description :

1) Organisation de la fronde :

La plupart des échantillons représentent au mieux des fragments de pennes d'ordre n-2. Un petit spécimen (pl. 90, fig. 1, 1a) montre toutefois un degré de différenciation supérieure avec un rachis n-3 assez étroit (1,5-2 mm), conservé sur quelques centimètres et portant une penne d'ordre n-2 dont on ne voit que la base. Par conséquent l'organisation de la fronde est au moins quadripinnatifide.

Un second spécimen d'assez grande taille mérite d'être signalé (pl. 89, fig. 1) car il correspond vraisemblablement à une extrémité de fronde dont le sommet est mal conservé. Il est constitué d'un rachis d'ordre n-2 très flexueux, mesurant 1,5 mm dans sa plus grande largeur, portant de nombreuses pennes alternes dont le degré de différenciation diminue progressivement. La construction catadrome y est bien visible et on n'observe aucune modification limbair au niveau des insertions.

Les autres échantillons sont beaucoup plus fragmentaires.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis ronds, non décurrents, sont tous couverts d'une fine striation longitudinale. Ceux d'ordres n-2 et n-3 portent en outre des punctuations assez fortes correspondant à des bases d'appendices épineux. Ceux-ci ne sont conservés que sur un seul échantillon (pl. 90, fig. 1b). A l'extrémité des pennes les rachis de dernier ordre sont ailés et ont tendance à devenir flexueux. Les angles d'insertion, assez variables, augmentent avec le degré de différenciation des segments.

b.- pennes :

La différenciation limbaire étant rapide, les pennes non recouvrantes sont triangulaires et trapues.

c.- pinnules :

L'aspect du feuillage est susceptible de beaucoup varier selon le degré de différenciation des segments considérés, leur emplacement dans l'ensemble de la fronde et les conditions de fossilisation. Les dessins de la texte-fig. 101 ont été réalisés pour la plupart à partir des échantillons provenant de *Merlebach*. Ils illustrent :

- les premières étapes de la différenciation limbaire représentées par les dessins A1 et A3 correspondant à deux extrémités de pennes ;
- la transformation progressive des pinnules en pennes de dernier ordre plus ou moins évoluées :

- l'aspect du feuillage lorsque le limbe devient pécoptéridien ou qu'il est partiellement enroulé dans le schiste (dessins A4-A8).

L'observation de ces figures amène quelques remarques :

- certaines extrémités de pennes sont constituées de pinnules fortement contractées à la base, composées de lobes bien marqués à sommet mousse et par conséquent typiquement sphénoptéridiennes. D'autres échantillons se caractérisent au contraire par un limbe d'aspect pécoptéridien avec des pinnules aux lobes arrondis, presque perpendiculaires à la nervure médiane et insérés par toute leur largeur ;

- la différenciation limbaire est assez rapide et on passe très vite des pinnules à peine individualisées à des petites pennes de dernier ordre ;

- l'intensité des divisions et l'opulence du limbe des deux côtés des divers segments sont apparemment sujettes à variations. Pour certains échantillons elles sont identiques, pour d'autres, le côté catadrome semble défavorisé.

d.- nervation :

Toujours très visible, la nervation comprend une nervure médiane large, non décurrente, souvent sinueuse envoyant vers chaque lobe une nervule simple large également.

Remarques et discussion :

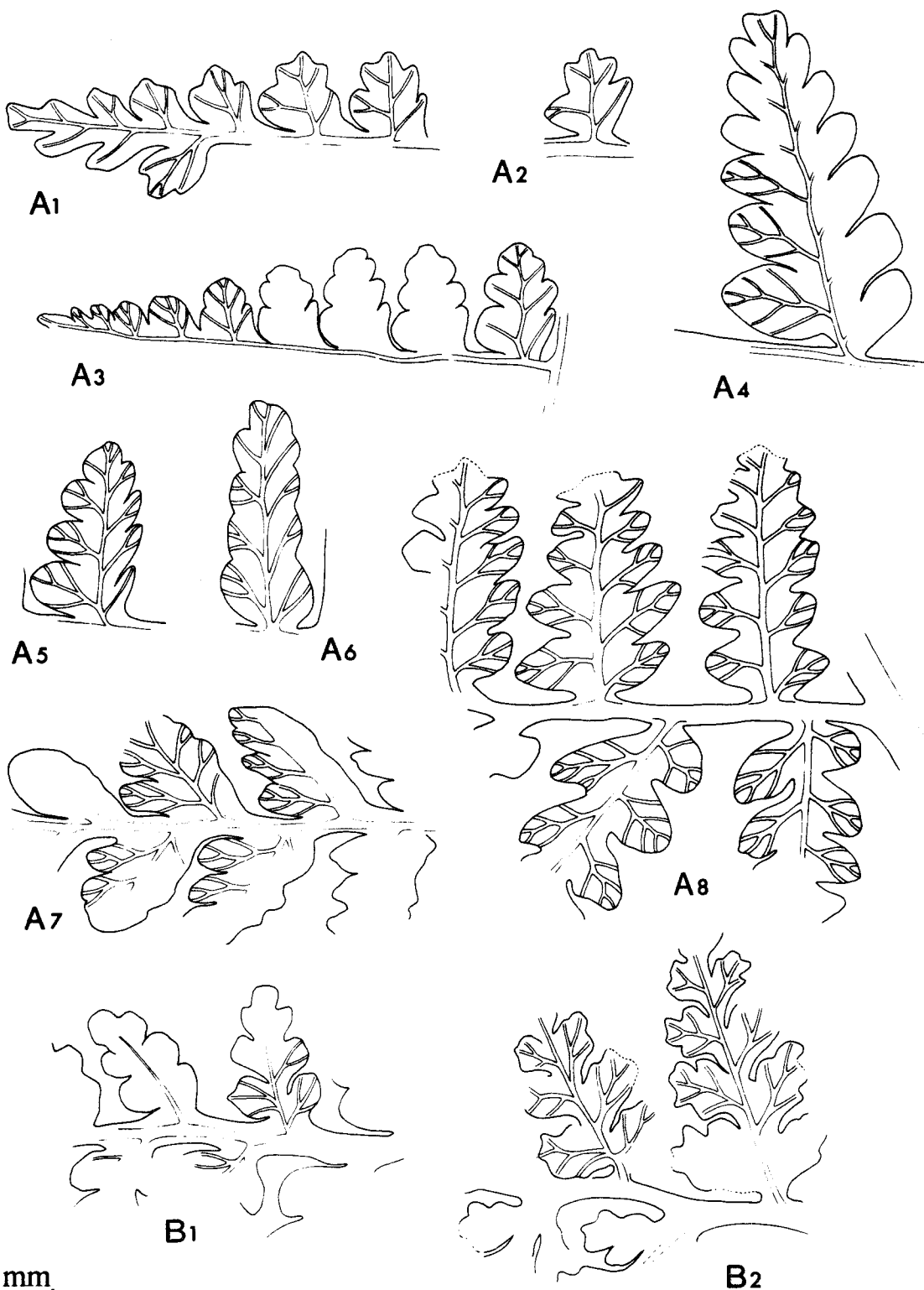
Le polymorphisme des échantillons est tel que leur rassemblement dans une seule unité taxonomique n'a pas été immédiat. Et ce n'est qu'après une observation minutieuse que j'ai pu parvenir à cette conclusion. Dès le départ pourtant, les faits semblaient être en faveur de la monospécificité du matériel : la plupart des échantillons proviennent d'un même point de gisement et portaient le plus souvent les deux types de feuillages sphénoptéridien et pécoptéridien. Toutefois ceux-ci n'étaient jamais trouvés en connexion directe. Plusieurs spécimens, après dégagement, devaient apporter les informations manquantes et permettre de proposer la reconstitution des variations morphologiques de la fronde (pl. 89).

Afin de faciliter la recherche des correspondances, j'ai affecté une lettre à chacun des fragments ayant servi à la démonstration.

L'extrémité de penne B (pl. 89, fig. 1c), dont le rachis est zigzagant à son sommet, porte des pinnules peu évoluées, échancrées, tout à fait comparables à celles des extrémités de pennes de la fronde voisine C (pl. 89, fig. 1, flèche). Un peu plus bas, les pinnules devenues des petites pennes de dernier ordre montrent un limbe encore échancré et sont comparables aux pennes équivalentes du fragment A (pl. 89, fig. 1a).

Les segments A et D sont portés par un même rachis d'ordre n-2. Or les petites pennes de dernier ordre du fragment D sont identiques aux pennes équivalentes du fragment C (pl. 89, fig. 1d).

Le segment D est tout juste un peu moins différencié que le fragment figuré en 2, pl. 89 dont les pinnules prennent un aspect pécoptéridien.



Texte-fig. 101 - Variabilité morphologique du limbe stérile de *Sphenopteris latinervis* Danzé.
A1-A8 - Segments représentant toutes les étapes de la différenciation limbaire et les nombreux aspects du feuillage évoluant d'un type sphénoptéridien (A1-A3) à un morphe plutôt pécoptéridien (A4-A8), d'après les échantillons figurés pl. 89.
B1-B2 - Dessins réalisés d'après l'échantillon choisi comme lectotype figuré par Danzé, 1956, pl. LXVI, fig. 1, la, repris ici en 1, pl. 91.

Enfin l'échantillon de la figure 2 représente lui-même une penne un peu moins évoluée que les segments du même ordre du spécimen figuré en 3 qui, lui, est très nettement pécoptéridien.

Cette série de transitions établie à partir de quatre échantillons seulement a permis de saisir toute la variabilité de l'espèce. Les autres spécimens étant toujours conformes à l'un ou l'autre des stades décrits plus haut, le matériel constitue donc un ensemble, très polymorphe mais homogène, dont il convenait de rechercher les affinités spécifiques.

Les spécimens les plus pécoptéridiens rappellent certaines formes de *Discopteris occidentalis* Gothan : mêmes pinnules aux lobes arrondis irrigués par des nervules bien marquées et larges et j'avais envisagé un moment de les rapporter à cette espèce. Mais jamais on n'y observe la transformation en ahlébiés des éléments basaux catadromes, si caractéristique de *Discopteris occidentalis*.

Ces échantillons sont aussi très proches du *Sphenopteris pecopteroides* de Kidston (1923, pl. XXXIII, fig. 1, lab = ici pl. 91, fig. 4, 4a) en particulier le spécimen figuré pl. 89, fig. 3. Mais Danzé (1956, p. 519) fait très justement remarquer que l'espèce de Kidston se caractérise par "la présence d'un lobe terminal de grandes dimensions". Or sur nos échantillons les entailles séparant les lobes apicaux sont très proches du sommet des pinnules qui de ce fait apparaissent profondément divisées sur toute leur hauteur.

Notre matériel présente aussi de très fortes ressemblances avec certains échantillons décrits par Danzé (1956, p. 411) sous le nom de *Sphenopteris latinervis* nov. sp.. Les échantillons correspondants sont conservés dans les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille et leur étude m'a permis de constater qu'ils ne constituent pas un ensemble homogène et qu'au moins l'un des échantillons (pl. LXVI, fig. 2, 2a) diffère des autres sur les points suivants :

- le développement des pinnules de ce spécimen est discontinu ce qui explique que les pennes soient constituées de pinnules à peu près toutes au même stade de différenciation. Danzé en fait d'ailleurs une des caractéristiques de sa nouvelle espèce. Or tous les autres fragments figurés montrent une différenciation rapide qui donne aux petites pennes une forme triangulaire à base large.

- son rachis principal est dépourvu de ponctuations alors que le rachis équivalent de l'échantillon de la figure 1 (même planche) montre de nombreuses bases de trichomes.

- tous les rachis y sont rectilignes or tous les autres échantillons figurés présentent des rachis flexueux.

Pour toutes ces raisons, j'exclus cet échantillon du matériel original de *Sphenopteris latinervis*. De ce fait, un certain nombre de points de la description et de la diagnose originales ont dû être modifiés. Il semble que Danzé ait appuyé essentiellement sa description sur les spécimens figurés en 3, 3ab, pl. LXVI et 1, 1a, 4, 4a, pl. LXVII et non pas sur le spécimen beaucoup plus complet de la figure 1, 1a, pl. LXVI. Or il s'agit de contre-empreintes d'extrémités de pennes dont le contour du limbe est souvent endommagé. Et en particulier, les croquis proposés pour illustrer les étapes de la différenciation limbair ne me semblent pas correspondre à la réalité. S'il est vrai que les lobes de quelques spécimens sont peu marqués et légèrement arrondis, d'autres au contraire (pl. LXVI, fig. 1, 1a = ici pl. 91, fig. 1, lab) montrent des lobes bien échancrés. En outre, j'ai déjà signalé que Danzé avait omis de parler des ponctuations présentes sur les rachis assez larges (ordre n-2) et que la différenciation du limbe est continue et régulière.

Ces rectifications effectuées, voyons comment se situent les échantillons sarroloirains par rapport à cette nouvelle interprétation de *Sph. latinervis*.

. Il suffit de comparer les figures 1 des planches 89 et 91 pour se rendre compte que le mode de différenciation du limbe de nos formes sphénoptéridiennes correspond exactement à celui du lectotype.

. La croissance et la division des divers segments se font régulièrement.

. La nervation est toujours bien visible et large, caractère qui justifie la dénomination choisie par Danzé.

. La présence de ponctuations (bases de trichomes) sur les rachis d'ordre n-2 ou n-3 est constante sur nos échantillons.

Toutes ces convergences morphologiques étaient suffisantes à mon avis pour autoriser l'attribution du matériel sarro-lorrain à *Sph. latinervis* d'autant que l'échantillon du Nord réfiguré ici en 1, pl. 91 est tout à fait identique à nos spécimens provenant de la veine J du siège de *Ste-Fontaine* (pl. 91, fig. 2). Bien sûr aucun des sept échantillons du Nord de la France n'a un aspect pécoptéridien mais d'une part tous sont très fragmentaires et, d'autre part, certains spécimens lorrains bien plus grands sont aussi exclusivement sphénoptéridiens. Par conséquent l'aspect du feuillage ne peut dans le cas présent constituer un critère de discrimination.

L'étude du matériel sarro-lorrain a donc permis de rectifier la description de *Sph. latinervis* et surtout d'en saisir toute la variabilité. L'espèce ainsi définie est très particulière et ne risque d'être confondue qu'avec certaines formes de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart).

J'ai déjà signalé (p. 144) que cette dernière est aussi très polymorphe et qu'elle peut devenir très opulente. Elle se caractérise essentiellement par l'aspect très indenté des pinnules peu évoluées dont les lobes ont toujours des sommets très aigus. Mais quand les indentations du limbe restent enroulées dans le schiste, le feuillage prend alors un aspect pécoptéridien très proche de celui que j'ai décrit pour certaines formes de *Sph. latinervis* et le phénomène s'accroît encore quand on a affaire à des contre-empreintes. Et ce n'est alors qu'en dégageant avec précaution les échantillons de la matrice que la distinction entre les deux espèces peut être faite. Un critère peut toutefois être utilisé quand les spécimens sont de taille suffisante. En effet, à partir d'un certain stade de différenciation les rachis sont ponctués chez *Sph. latinervis* mais ne le sont pas chez *Renaultia chaerophylloides*.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

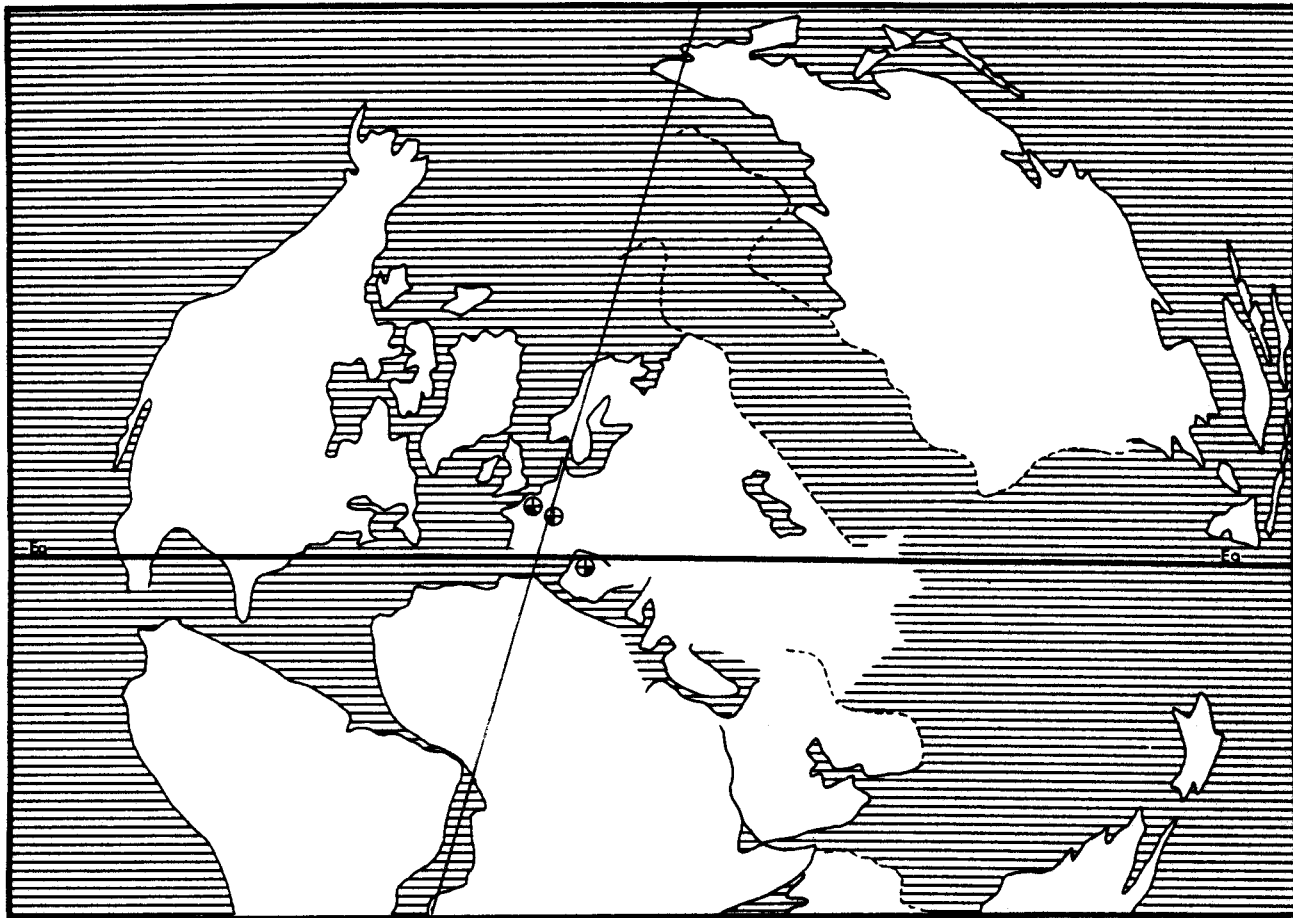
- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Siège de *Merlebach*, puits V, veine 2, banc inférieur à 459,00 m et veine 4, partie supérieure du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437010-437033).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Ste-Fontaine*, veine J, sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437008-437009).
- Autres gisements :
 - Sondage des *Chasseurs* à 1073,85 et 1073,87 m, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437001-437002).
 - Groupe d'*Hélène*, veine 13, un peu sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de *Ste-Fontaine* 3 à 1053,09 et 1053,10 m, à 13 m sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437006-437007).

Sphenopteris latinervis ne semble donc pas très abondant dans le bassin sarro-lorrain mais il y caractérise le Westphalien C.

Presque tous les échantillons décrits par Danzé provenant du Nord de la France et surtout de Belgique (Charbonnages de *Marhay* = assise du Flénu) sont d'âge Westphalien C. Un seul spécimen a été récolté dans des niveaux d'âge Westphalien B supérieur.

Répartition générale :

R.H. Wagner a bien voulu me communiquer une photographie d'un échantillon récolté dans la localité 985 de la formation Curavacas (Province de Palencia) d'âge Westphalien B supérieur, qui appartient sans conteste à *Sph. latinervis* Danzé.



Texte-fig. 102 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris latinervis* Danzé.

SPHENOPTERIS MATHETII Zeiller

Planche 92, fig. 1

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Zeiller 1906, pl. VI-VII
- . Origine : Massif Central, mines de *Blanzly*, découvert Ste-Hélène, Stéphanien
- . Collection : Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon

- 1888 *Sphenopteris Matheti* Zeiller, p. 49, pl. I, fig. 3-6
- 1892 *Sphenopteris Matheti*, Zeiller, p. 6
- v. 1906 *Sphenopteris Matheti*, Zeiller, p. 23, pl. IV, fig. 1-6 ; pl. V, fig. 1, 2 ; pl. VI-VII
- ? 1941 *Sphenopteris Matheti*, Teixeira, p. 14, pl. IV, fig. 3, 4
- ? 1951 *Sphenopteris matheti*, Menendez Amor et Jongmans, p. 461, pl. 23, fig. 9, 9a
- ? 1952 *Sphenopteris matheti*, Menendez Amor et Jongmans, p. 312, pl. XLIV, fig. 1, 1ab
- ? 1957 *Sphenopteris matheti*, Doubinger, pl. XVIII, fig. 1
- 1963 *Sphenopteris matheti*, Doubinger et Alvarez Ramis, p. 193, pl. I, texte-fig. 1



- 1965 *Sphenopteris matheti*, Alvarez Ramis, p. 36, pl. XXV-XXVIII
? 1975 *Sphenopteris matheti*, Knight, p. 312, pl. 23, fig. 1-4a ; pl. 27, fig. 1 ; texte-fig. 12
? 1982 *Sphenopteris matheti*, Langiaux, p. 89, pl. 6, fig. 1 ; texte-fig. ?

A l'occasion du travail de Renault et Zeiller consacré à l'étude de la flore du bassin stéphanien de Commentry (Massif Central), Zeiller a créé en 1888 plusieurs espèces assez voisines : *Sph. mathetii*, *Sph. biturica*, *Sph. fossorum*, *Sph. fayolii* constituant un groupe cohérent auquel les auteurs postérieurs font souvent référence en parlant de "formes du groupe *mathetii*". Ceci sous-entend que leur identification n'est pas aisée.

Les nombreuses controverses suscitées par la détermination de ces quatre espèces résultent essentiellement de la perte de certains types (*Sph. fossorum*) et de l'imprécision des définitions originales. De plus, si ces formes ont souvent été citées dans la littérature, elles n'ont en fait été que relativement peu décrites et figurées.

Nos collections renferment trois échantillons s'apparentant à *Sph. mathetii* aussi, avant de discuter leur attribution, convient-il de faire le point sur cette espèce.

Lors de la création de *Sph. mathetii*, Zeiller (1888, p. 49) donne une première description détaillée de l'espèce qu'il complète quelques années plus tard (1906, p. 23-29) grâce à la découverte d'un matériel très abondant provenant des bassins de Blanzay et du Creusot. La récolte de quelques spécimens de grande taille lui permet ainsi de mieux apprécier l'importante variabilité morphologique de l'espèce et de mettre en évidence la présence d'éléments catadromes aphyloïdes à la base des pennes d'ordre n-1 ou d'ordres antérieurs. La diagnose suivante reprend les points essentiels des descriptions de Zeiller auxquelles le lecteur pourra se reporter pour plus de détails.

Diagnose :

- Fronde de grande taille, d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : très polymorphe ; rachis lisses pouvant atteindre 10 mm de largeur ;
pennes presque linéaires d'autant plus recouvrantes qu'elles sont plus différenciées ; pennes de dernier ordre basales catadromes transformées en éléments plus ou moins aphyloïdes à partir d'une certaine distance du sommet de la fronde ; hétéromorphisme croissant vers la base de la fronde allant jusqu'à la réalisation d'aphlébies très laciniées ;
pinnules à contour ovale-linéaire, longues de 3 à 6 mm, un peu recouvrantes, contractées en coin à la base et décurrentes, profondément divisées en 3 à 9 lobes ; habitus des pinnules susceptible de beaucoup varier entre un morphe à lobes linéaires et pointus et un morphe aux lobes plus courts et plus arrondis ; pinnules basales, catadrome plus courte, anadrome plus opulente, que leurs voisines ;
nervation très nette composée d'une nervure médiane légèrement décurrente, émettant selon un angle relativement aigu des ramifications vers chaque lobe ; division des nervules secondaires précédant l'incision du limbe.

Remarques et discussion :

Les planches VI et VII de Zeiller (1906) ne représentent qu'une petite partie d'un échantillon conservé dans la bibliothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon et dont le rachis principal porte 38 pennes alternes. Les frondes de *Sph. mathetii* devaient donc atteindre des tailles considérables et il n'y a rien d'étonnant à ce que l'aspect du limbe soit sujet à grandes variations selon le degré de différenciation des fragments considérés et leur emplacement relatif par rapport à l'ensemble de la fronde. Aussi peut-on observer sur le matériel original, très abondant, le passage progressif de formes aux pinnules constituées de lobes aigus à des fragments aux lobes beaucoup plus mousses et même arrondis (texte-fig. 103, A-C). En outre l'hétéromorphisme des pennes basales catadromes s'estompe progressivement vers

le sommet de la fronde et n'affecte pas du tout les pennes sommitales. L'extrême variabilité morphologique de *Sph. mathetii* est à l'origine de toutes les discussions qu'ont suscitées les espèces dites du groupe *mathetii*.

1- Ainsi Zeiller en 1906 (p. 29) envisage la mise en synonymie avec *Sph. mathetii* du *Sph. biturica* qu'il avait créé quelques années plus tôt (1888). Il constate en effet que certaines formes de *Sph. mathetii* présente "des lobes aussi aigus" que ceux de *Sph. biturica*. Il hésite cependant à se prononcer définitivement sur ce sujet étant donné que le type de *Sph. biturica*, localement mal conservé, ne montre pas d'hétéromorphisme à la base des pennes d'ordre n-1. On pourrait imaginer qu'il corresponde à une extrémité de fronde de *Sph. mathetii* mais cela paraît peu probable car, à taille égale, des segments équivalents de *Sph. mathetii* sont déjà pourvus d'aphlébies. D'ailleurs la plupart des auteurs postérieurs à Zeiller ont maintenu les deux espèces séparées. J'ai décidé d'adopter la même attitude et il m'a paru utile de refigurer le type de *Sph. biturica* (pl. 92, fig. 5, 5a) dont on ne connaissait jusqu'ici que la reproduction graphique originale.

2- Zeiller rejette finalement l'éventualité de la synonymie de son *Sph. fayolii* avec *Sph. mathetii* et je partage totalement cette opinion car le limbe de *Sph. fayolii* est beaucoup plus découpé avec des lobes laciniés et fasciculés (pl. 92, fig. 4, 4a).

3- On ressent par contre beaucoup plus de difficultés lors de la comparaison de *Sph. fossorum* avec *Sph. mathetii*. Zeiller n'aborde pas du tout ce sujet considérant que *Sph. fossorum* est très bien caractérisé "par ses pinnules à contour ovale à triangulaire, contractées à la base et decurrentes, divisées en 3 à 9 lobes arrondis saillants". Mais dans les faits les choses ne sont pas aussi simples :

a) le type de *Sph. fossorum* n'a pas été retrouvé mais il devait être assez mal conservé car les lithogravures de Zeiller (1888, pl. II, fig. 8, 9) qui constituent notre seul document de référence sont peu précises ;

b) quand on compare les descriptions originales des deux taxons (1888, p. 49 et 62), on s'aperçoit qu'elles sont presque identiques ; la seule différence éventuelle relevée dans le texte porte sur la forme plus arrondie des lobes de *Sph. fossorum*. Or quelques années plus tard, Zeiller (1906) montre que des spécimens à lobes arrondis entrent dans la fourchette des variations morphologiques de *Sph. mathetii* ;

c) les éléments aphylléboïdes ne facilitent pas non plus l'identification des taxons puisque l'hétéromorphisme chez *Sph. mathetii* n'apparaît que dans les parties basses des frondes. En outre, Zeiller signale chez *Sph. fossorum* un développement anormal des pinnules basales mais les dessins n'en font pas mention ;

d) *Sph. fossorum* est très souvent cité dans les listes floristiques des séries stéphaniennes du Massif Central, en particulier par Doubinger (1953, 1956b, 1959), mais n'est jamais figuré.

La forme des pinnules des échantillons figurés sous le nom de *Sphenopteris mathetii* par R.H. Wagner (in R.H. Wagner et Artieda 1970, pl. VI, fig. B, C) est assez différente de celle des échantillons décrits par Zeiller mais il s'agit d'extrémités de pennes au limbe peu divisé et il est difficile de se prononcer sur leur détermination. Le spécimen déterminé *Sphenopteris* cf. *fossorum* au limbe opulent (pl. VIII, fig. D) rappelle effectivement les figurations originales de Zeiller (1888, pl. II, fig. 8, 9) mais sa conservation médiocre justifie parfaitement l'emploi d'un cf.

Dans ces conditions, il est très difficile de se faire une opinion sur la réalité spécifique de *Sph. fossorum* et sur ses relations éventuelles avec *Sph. mathetii*. D'autant que récemment, Alvarez Ramis et al. (1978) ont figuré deux échantillons provenant du bassin sarro-lorrain sous les noms respectifs de *Sph. mathetii* (pl. 4, fig. 6) et *Sph. fossorum* (pl. 3, fig. 3) sans clarifier la question. A mon avis, le premier spécimen ne ressemble à aucun des échantillons originaux de *Sph. mathetii* : le limbe est très découpé avec un mode de différenciation plus proche de celui d'*Asterotheca damesii* ou de *Diplothema zeilleri* Stur. Le second est très mal conservé : il aurait aussi bien pu être rapproché du type de *Sph. mathetii* refiguré ici en 1, la-c, pl. 92 que de certaines formes stériles d'*Oligocarpia*.

Cette situation très confuse ne facilitait pas la détermination des trois spécimens lorrains conservés dans nos collections. Je les ai rapprochés de *Sph. mathetii* compte tenu de leurs ressemblances avec certains types de cette espèce. Leur petit nombre et leur état très fragmentaire incite toutefois à la prudence. Je les décris donc sous l'appellation *Sph. cf. mathetii*.

SPHENOPTERIS cf. *MATHETII* Zeiller

Planche 92, fig. 2, 3

Description :

1) Organisation de la fronde :

Deux des échantillons correspondent à des fragments de pennes d'ordre n-1 aux rachis très étroits (0,3 mm) ; le troisième est constitué d'un rachis d'ordre n-2, large de 1,5 mm, sur lequel sont insérées quatre pennes dont une seule est bien conservée. L'organisation de la fronde est par conséquent au moins tripinnatifide, sa construction catadrome est bien visible à tous les niveaux.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis d'ordres n et n-1, très étroits, sont souples et flexueux. Les extrémités des rachis de dernier ordre apparaissent largement ailées du fait de la décurrence des pinnules. Le rachis d'ordre n-2 est couvert d'une fine striation longitudinale, il ne semble pas y avoir de ponctuations. L'angle d'insertion normal des pennes varie entre 60 et 70°.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre, lancéolées mais étroites, sont contiguës ou légèrement recouvrantes. Le recouvrement s'accroît pour les pennes d'ordre n-1.

c.- pinnules :

Les extrémités de pennes de dernier ordre sont mal conservées aussi les premières étapes de la différenciation limbale sont-elles peu visibles. La pinnule la moins évoluée qui puisse être observée est inclinée de 45° sur le rachis et se compose de quatre lobes aigus (texte-fig. 103, D1). L'individualisation des lobes est alterne avec priorité de différenciation catadrome. Quand apparaît le troisième lobe catadrome, les nervures des lobes basaux sont déjà divisées alors que le contour de ces derniers est encore entier (texte-fig. 103, D2). Leur incision coïncide généralement avec la formation du troisième lobe anadrome. A ce stade, la pinnule mesure 5 à 6 mm de long. Son bord catadrome est toujours très décurrent. Aucune modification n'affecte les pinnules basales catadromes souvent plus petites que leurs voisines alors que leurs équivalentes anadromes sont au contraire plus longues.

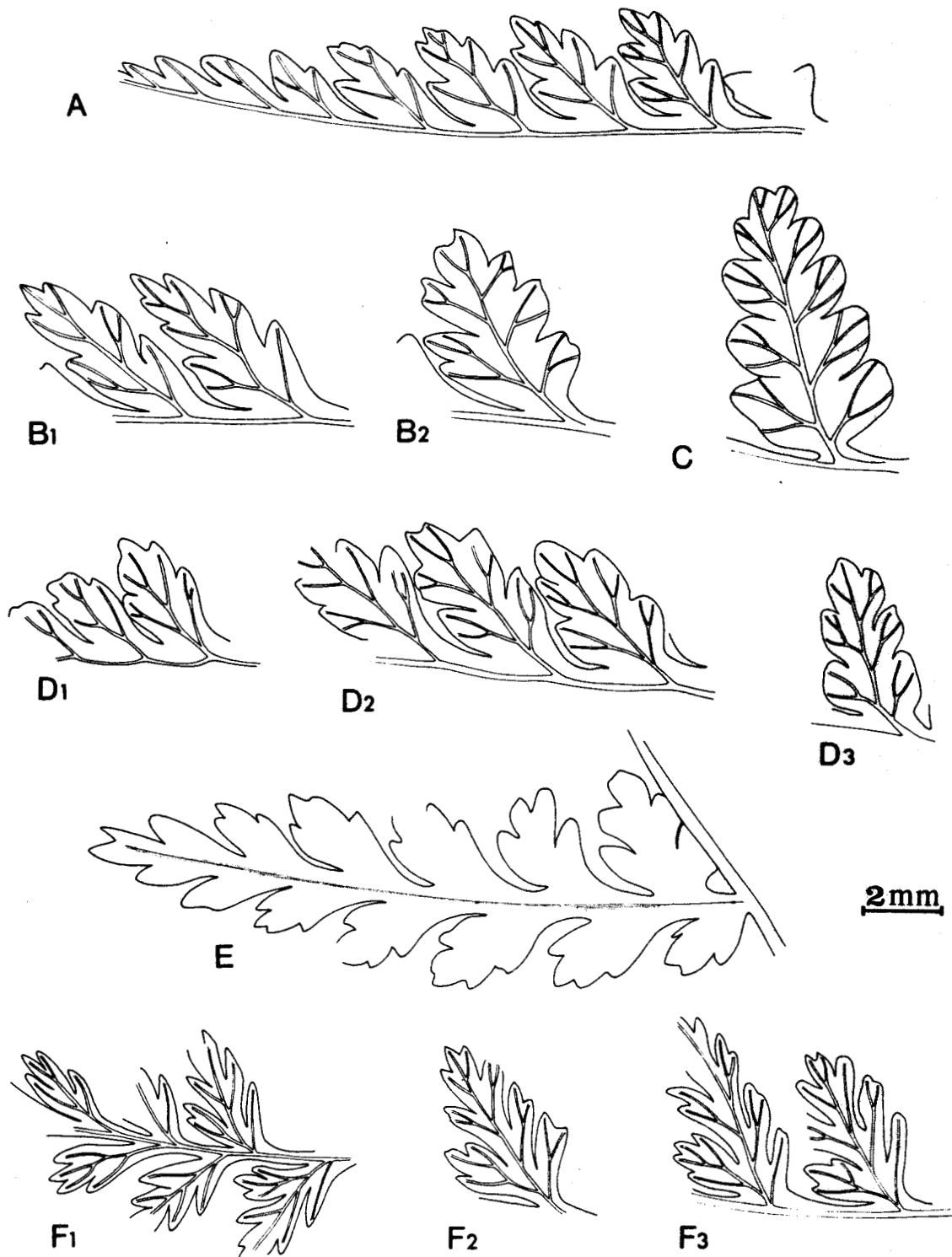
d.- nervation :

La nervation toujours très fine se compose d'une nervure médiane sinuose, un peu décurrente, émettant vers chaque lobe une nervure secondaire dont les divisions précèdent celles du limbe.

Remarques et discussion :

La texte-fig. 103A reproduit une extrémité de penna d'un fragment de l'échantillon de *Sph. mathetii* figuré par Zeiller (1906, pl. IV, fig. 3 = ici pl. 92, fig. 1) ainsi que deux pinnules plus évoluées dessinées d'après ce même spécimen et celui figuré en 1b, pl. 92 (= 1906, pl. V, fig. 1). Les échantillons lorrains ont un mode de différenciation limbale qui correspond parfaitement à ces dessins. Ils présentent en outre un caractère sur lequel Zeiller insiste dans sa description originale et qui concerne la taille relative des pinnules basales catadrome et anadrome. Par conséquent nos échantillons s'apparentent bien à *Sph. mathetii*.

Toutefois, on n'observe pas d'éléments aphiléboïdes à la base des pennes d'ordre n-1 (pl. 92, fig. 3) mais le rachis n-2 qui les porte est relativement étroit : 1,5 mm. Or



Texte-fig. 103 - Formes sphénoptéridiennes du type "mathetii".

A, B1-B2, C - Fragments à des stades de différenciation variés dessinés d'après les échantillons de *Sphenopteris mathetii* figurés par Zeiller, 1906, pl. IV, fig. 2, 3 ; pl. V, fig. 1.

D1-D3 - Segments à peu près équivalents de l'échantillon lorrain figuré en 2, pl. 92.

E - Penne de dernier ordre de *Sphenopteris biturica* Zeiller, d'après l'échantillon type refiguré ici en 5, pl. 92.

F1-F3 - Pinnules plus ou moins évoluées de *Sphenopteris fayolii* Zeiller, d'après l'échantillon-type refiguré ici en 4, pl. 92.

BUS
LILL

parmi les échantillons de Zeiller les rachis n-2 les plus étroits qui montrent des pennes pourvues d'aphlébies mesurent au moins 2 mm. On peut donc envisager que notre spécimen représente une extrémité de fronde insuffisamment différenciée pour qu'apparaisse l'hétéromorphisme des pennes basales. Ce pourrait être aussi le cas du fragment déterminé *Sph. fossorum* par Alvarez Ramis et al. et dont le rachis principal n'excède pas 1,2 mm.

En dépit des ressemblances évidentes au niveau du limbe, le matériel sarro-lorrain me paraît trop fragmentaire pour pouvoir être assimilé avec certitude à *Sph. mathetii*. Il a été en outre récolté dans des niveaux datés du Westphalien D or *Sph. mathetii* est plus particulièrement abondant dans le Stéphanien.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Les échantillons proviennent de deux sondages :

- Sondage d'*Hargarten 1* à 801,45 m, sommet du faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437105).
- Sondage de *Stocken* à 659,50 ; 659,51 ; 1286,00 ; 1286,01 m, respectivement sommet et base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437101-437104).

Si *Sph. mathetii* est présent dans le bassin sarro-lorrain, il ne semble pas y être abondant, nous ne l'avons récolté que dans le Westphalien D. Toutefois, P. Corsin (1951b p. 95) signale une "forme du groupe *mathetii*" dans le sondage de *Hautes-Vigneulles* à 670,00 m de profondeur = assise de Sarrelouis = niveaux inférieurs du Stéphanien ; l'échantillon n'est pas figuré.

Ces niveaux correspondent assez bien à la répartition générale de *Sph. mathetii* dont on admet qu'elle débute dans le Westphalien D supérieur et se termine avec le Stéphanien B.

Le spécimen déterminé *Sph. fossorum* par Alvarez Ramis et al. est assez mal conservé et en dépit de ses ressemblances avec nos échantillons, je ne l'ai pas rapporté à *Sph. cf. mathetii*. Cela obligerait en effet à élargir la répartition de *Sph. mathetii* au Westphalien C, niveaux dans lesquels cette espèce n'a jamais été rencontrée, comme d'ailleurs *Sph. fossorum*.

SPHENOPTERIS OVALIS Gutbier

Planche 93, fig. 1-5

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Daber 1955, pl. I, fig. 1
- . Origine : Saxe, couches de *Zwickau*, Westphalien D supérieur
- . Collection : Museum de *Zwickau*, n° 278

- 1835 *Sphenopteris ovalis* Gutbier, pl. V, fig. 20, 21, 21a
- 1855 *Hymenophyllites ovalis*, Geinitz, p. 18, pl. XXIV, fig. 4
- 1955 *Sphenopteris ovalis*, Daber, p. 10, pl. I, fig. 1 ; pl. XXIII, fig. 2
- 1966 *Sphenopteris ovalis*, Alvarez Ramis, p. 25, pl. XIII, texte-fig. 16-17
- 1967 *Sphenopteris ovalis*, Alvarez Ramis, p. 130, pl. XIII, texte-fig. 106, 107
- 1975 *Sphenopteris ovalis*, Knight, p. 328, pl. 22, fig. 5, 5a ; texte-fig. 13
- ? v. 1978 *Sphenopteris* sp. aff. *goniopteroides*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 9, pl. 3, fig. 6

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis faisant entre eux des angles proches de 45°, ceux d'ordres n-2 et n-1 très étroits, rectilignes, dépourvus d'ornementation, ceux d'ordre n fortement ailés ;
pennes allongées, très étroites, conservant la même largeur sur les 2/3 de leur longueur, non recouvrantes ;
pinnules ovales, à sommet pointu, s'inscrivant dans un contour losangique, inclinées de 30 à 45° sur le rachis, montrant une légère constriction dans leur moitié inférieure et très décurrentes ; croissance apicale prédominante ; longueur des pinnules de 2 à 5 mm, largeur : 1,5 à 3 mm ; pinnules généralement entières mais susceptibles de présenter pour les plus grandes quelques légères crénelures vers la base des pennes ; pinnule basale catadrome toujours plus courte que l'anadrome ;
nervation très fine constituée d'une nervure médiane légèrement sinueuse et décurren-
te qui se divise alternativement d'un côté et d'autre.

Description :

Sphenopteris ovalis ne doit pas être très abondant dans le bassin sarro-lorrain car nos collections n'en renferment que trois exemplaires. L'observation de deux échantillons plus complets conservés au Saarbewerke de Sarrebruck a permis de vérifier l'exactitude de leur détermination.

1) Organisation de la fronde :

Tous les échantillons figurés jusqu'ici représentent des segments d'ordre n-1. Mais sur l'un des spécimens de Sarrebruck deux fragments bien parallèles de cet ordre devaient s'insérer sur un même rachis malheureusement non conservé. L'organisation de la fronde est donc au moins tripinnatifide. Sa construction est catadrome.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis ronds, étroits, rectilignes et dépourvus d'ornementation sont régulièrement inclinés de 45° sur le rachis d'ordre antérieur.

b.- pennes :

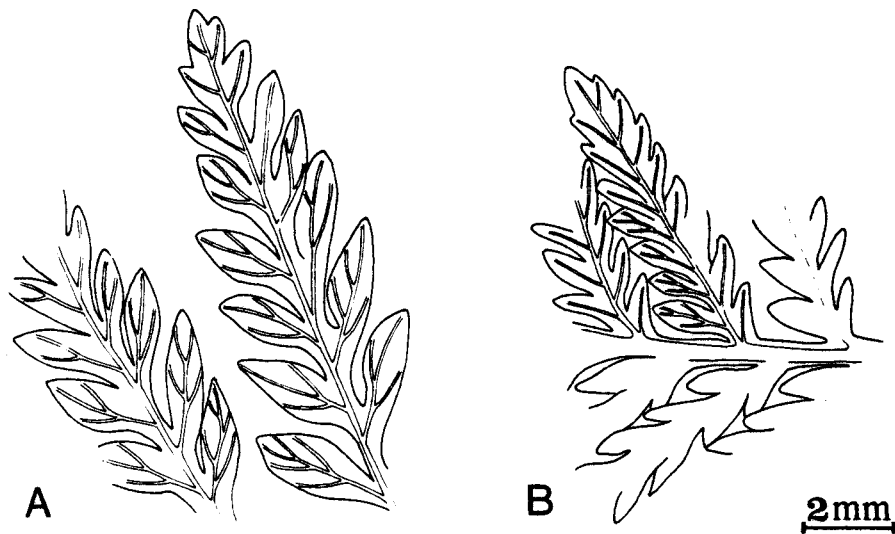
Les pennes de dernier ordre, très allongées, étroites et contiguës conservent la même largeur sur les deux tiers de leur longueur.

c.- pinnules :

Le contour des pinnules est très caractéristique : ovale à losangique avec un sommet pointu, une légère constriction dans la moitié inférieure et un bord catadrome très décurrent (texte-fig. 104). Pinnule à peine différenciée (ou lobe) et pinnule évoluée ont exactement la même forme et font avec le rachis un angle variant de 30 à 45°. Leur croissance est essentiellement apicale et leur taille témoigne de leur degré d'évolution relatif. A la base des pennes de dernier ordre les plus longues, la pinnule anadrome, généralement plus longue que les autres, montre un limbe avec quelques ondulations amorçant la différenciation des premiers lobes. La taille des pinnules d'une de ces pennes varie de 2 à 5-6 mm en longueur.

d.- nervation :

La nervation toujours très fine se compose d'une nervure médiane légèrement décurren-
te, souvent sinueuse, qui émet régulièrement selon un angle de 30° environ des nervures secondaires simples de façon à irriguer toute la surface du limbe (texte-fig. 104A).



Texte-fig. 104 - Aspects du limbe stérile de deux échantillons lorrains rapportés à *Sphenopteris ovalis* Gutbier.

A - Fragment de penne de dernier ordre, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 93.
B - Fragment de penne d'ordre n-1, d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 93.

Remarques et discussion :

La première figuration de *Sphenopteris ovalis* par Gutbier (1835, pl. V, fig. 20-21a) n'est accompagnée d'aucune référence dans le texte et ce n'est qu'en 1843 (p. 74) que l'auteur y fait allusion. Le matériel original provenant des couches de Zwickau (Saxe) n'a pas été retrouvé mais Daber (1955, pl. I, fig. 1) figure un spécimen de même origine. Cette première illustration photographique de l'espèce se caractérise par des pinnules d'assez grande taille (7-8 mm), de contour ovale, très légèrement décourrentes, beaucoup plus larges proportionnellement que sur les dessins originaux de Gutbier : le rapport L/l (longueur sur largeur) est de 3 sur l'agrandissement 21a de Gutbier, il n'est que de 1,7 sur l'échantillon figuré par Daber.

Les figurations des auteurs postérieurs : Alvarez Ramis (1965-1967) et Knight (1975) sont beaucoup plus conformes aux originaux de Gutbier en ce qui concerne les dimensions relatives des pinnules : rapport L/l = 2,3-2,5. On ne possède aucune indication sur l'échelle des dessins de Gutbier et bien que la taille des pinnules des échantillons de Knight et Alvarez Ramis soit très inférieure à celles des figurations de Daber, je pense que leur détermination est exacte.

Le matériel sarro-lorrain est très proche des échantillons figurés par ces auteurs. Il répond en tous points à la description détaillée récemment proposée par Knight (1975, p. 329) tant au niveau de la forme des pinnules que des angles d'insertion des différents rachis. Je l'ai donc déterminé *Sphenopteris ovalis*. Je lui ai en outre adjoint le spécimen qu'Alvarez Ramis et al. ont déterminé *Sphenopteris* sp. aff. *goniopteroides* Lesquereux (1978, pl. 3, fig. 6) et qui correspond bien à la définition de *Sphenopteris ovalis*. Il diffère par contre des dessins originaux de *Sph. goniopteroides* (Lesquereux, 1880, pl. LV, fig. 3-4a) qui montrent des pinnules non rétrécies à la base, soudées sur une bonne partie de leur longueur (fig. 3) et dont le limbe est fortement crénelé dès les premiers stades de différenciation. Alors que seules quelques pinnules basales de l'échantillon d'Alvarez Ramis et al. ont un contour légèrement indenté, et ceci simplement parce qu'elles sont en train de se lobier pour devenir à leur tour de petites pennes, les autres pinnules sont par contre ovales et entières.

La forte décurrence et la forme sublosangique des pinnules de *Sph. ovalis* me paraissent suffisamment caractéristiques pour que l'espèce soit facilement identifiable. C'est la raison pour laquelle je pense que l'échantillon figuré par W. Remy et R. Remy (1959, tex-

te-fig. 101) ne se rapporte pas à *Sph. ovalis*. Ses pinnules à sommet largement arrondi ont un aspect plutôt pécoptéridien avec des bords catadrome et anadrome parallèles et une insertion correspondant à leur plus grande largeur. La nervation est aussi plus dense que sur les dessins originaux de *Sph. ovalis* et je rapprocherais plus volontiers cet échantillon de certaines formes stériles appartenant au genre *Oligocarpia*.

J'approuve tout à fait l'analyse de Knight (1975, p. 331) des différences existant entre *Sph. ovalis* et *Sph. cremeriana* (H. Potonié) d'une part, *Sph. ovalis* et *Sph. dechenii* Weiss d'autre part. *Sph. cremeriana* se caractérise par un limbe plus coriacé mais aussi plus découpé et des rachis très robustes. *Sph. dechenii* possède des pinnules plus arrondies que celles de *Sph. ovalis*, non contractées à la base, portées par des rachis également plus larges.

Une autre espèce à laquelle Knight ne fait pas allusion me semble présenter d'assez fortes ressemblances avec *Sph. ovalis*, bien qu'il ne s'agisse pas d'une forme sphénoptéridienne. Certaines extrémités de penne de *Pecopteris plumosa* Artis var. *acuta* ont en effet un aspect très comparable aux échantillons décrits ici. J'en prendrai pour exemple l'agrandissement lb, pl. CX de l'ouvrage de P. Corsin (1951a) qui représente un fragment de penne d'ordre n-1 dont les pinnules ovales entières à sommet pointu ont une nervation simple. Toutefois on remarquera que les pinnules ne sont ni décurrentes, ni contractées à la base, que leur insertion sur le rachis correspond à leur plus grande largeur et que la nervation enfin a un aspect assez "raide" avec une nervure médiane non décurrente et des nervures secondaires se divisant très vite sous un angle assez large*.

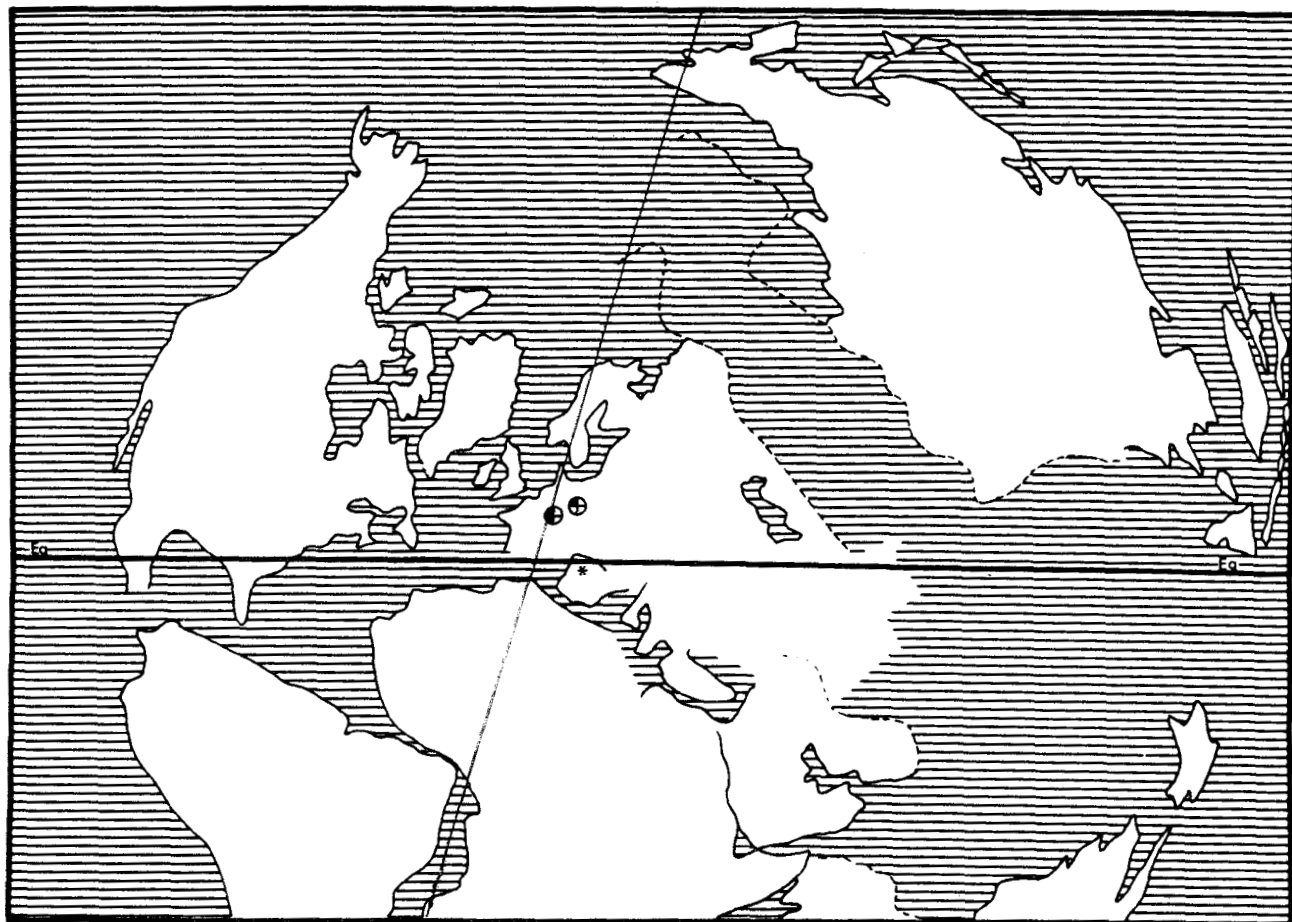
Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Groupe de *Frankenholz*, sans autre précision. Les niveaux exploités sont datés Westphalien D (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° 1858, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 3, fig. 6 sous le nom de *Sph. sp. aff. goniopteroides*).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage de *Ste-Fontaine* 3 à 1220,30 et 1221,63 m, sous le grès de *Ste-Fontaine*, pour information T300 à 1039,87 m, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437201-437202).
- Autres gisements :
 - Groupe de *Maybach*, sans autre précision (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de *Ste-Fontaine* 4 à 663,69 et 663,70 m, 1/3 moyen du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437203-437204).

C'est la première fois que *Sphenopteris ovalis* est signalé dans le bassin sarro-lorrain. Pourtant sa répartition y semble très vaste puisqu'elle débute sous le grès de *Ste-Fontaine* (Westphalien C inférieur) et se termine dans le Westphalien D ou dans les niveaux inférieurs du Stéphanien. Jusque-là l'espèce n'était connue qu'en Saxe et en Espagne dans des niveaux allant du Westphalien D (couches de Zwickau) au Stéphanien C (Cuenca de Tineo, Asturies).

Répartition générale :

* Cette description correspond exactement à l'échantillon figuré par Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 3, fig. 5) sous le nom de *Sph. goniopteroides* Lesquereux qui doit, à mon avis, être rapporté à *P. plumosa* Artis.



Texte-fig. 105 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris ovalis* Gutbier.

SPHENOPTERIS RUTAEFOLIA Gutbier

Planche 93, fig. 6 ; Planche 94

Néotype :

- . Echantillon figuré par Daber 1955, pl. XIII, fig. 3, 3a
- . Origine : Saxe, couches de Zwickau, Westphalien D supérieur
- . Collection : Museum de Zwickau, n° 337

- 1835 *Sphenopteris rutaefolia* Gutbier, p. 42, pl. X, fig. 10, 10a, 11, 11a
- 1835 *Sphenopteris stipulata* Gutbier, pl. IV, fig. 10, 10a-c
- 1855 *Hymenophyllites stipulatus*, Geinitz, p. 18, pl. XXV, fig. 3, 3A, 4, 4A, 5, 5A
- ? 1865 *Sphenopteris stipulata*, Andrae, p. 40, pl. XIII, fig. 4, 4ab
- 1869 *Sphenopteris (Hymenopteris) rutaefolia*, Weiss, p. 52
- 1882 *Sphenopteris rutaefolia*, Weiss, p. 13, fig. 77, 77a
- 1886-88 *Sphenopteris stipulata*, Zeiller, p. 87, pl. XII, fig. 4, 4A
- 1907 *Ovopteris rutaefolia*, Behrend in H. Potonié, Lief V, n° 83
- 1907 *Sphenopteris rutaefolia*, Zalesky, p. 450, pl. XX, fig. 1, 1a ; pl. XXII, fig. 5, 5a, 7, 7a, 9, 9a. 10



- v. 1923 *Sphenopteris stipulata*, Kidston, p. 67, pl. XX, fig. 1, 1a, 2, 2a
? v. 1941 *Sphenopteris* cf. *stipulata*, Gothan, p. 36, pl. 61, fig. 3
1955 *Sphenopteris rutaefolia*, Daber, p. 8, pl. XIII, fig. 2, 3
v. 1956 *Sphenopteris stipulata*, Danzé, pl. LXV, fig. 2, 2a
1966 *Sphenopteris rutaefolia*, Alvarez Ramis, p. 62, pl. LV-LVII
? 1971 *Sphenopteris rutaefolia*, Alvarez Ramis et Doubinger, p. 74, pl. II, fig. 5
v. 1978 *Sphenopteris* sp. aff. *gracilis*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 9, pl. 3, fig. 7, 8 (= pl. 1, fig. 4) ; texte-fig. 14
v. 1978 *Sphenopteris (Renaultia) bella*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 4, pl. 1, fig. 4 (= pl. 3, fig. 8), 5 ; texte-fig. 3
v. 1978 *Sphenopteris magdalenae*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 11 (pars), pl. 4 fig. 5

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins tripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : relativement fourni ; rachis souples, souvent flexueux, non décurrents, couverts d'une fine striation longitudinale, faisant entre eux des angles variant de 60 à 85° ; rachis n-2 largement ponctués ; extrémités des rachis de dernier ordre ailées ;
pennes triangulaires à sommet tronqué, présentant parfois un léger recouvrement (pennes n-1) ; présence possible d'éléments aphyllés : petites pennes de dernier ordre modifiées à la base des pennes d'ordre n-1 ;
pinnules peu évoluées courtes, obtuses, inclinées de 45° sur le rachis ; différenciation des lobes alterne et rapide ; contour des lobes irrégulier, un peu tronqué ; lobes basaux anadromes plus divisés et plus opulents que leurs équivalents catadromes mais pinnules symétriques par ailleurs ; maximum de différenciation = 3 paires de lobes, la pinnule atteint 4,5 mm de longueur à ce stade ;
nervation fine mais bien visible ; nervure médiane sinueuse, une ramification nerveuse irriguant chaque indentation du limbe ; divisions nervuraires précédant légèrement celles du limbe.

Description :

Si les collections du laboratoire de Paléobotanique de Lille ne renferment que quelques spécimens se rapportant à *Sph. rutaefolia*, j'ai pu observer au Saarbergwerke de Sarrebruck de nombreux spécimens bien conservés, malheureusement tous stériles, qui ont permis de reconstituer la succession des étapes de la différenciation limbale.

1) Organisation de la fronde :

Les échantillons les plus complets correspondent tous à des fragments de pennes d'ordre n-2 plus ou moins bien différenciées. Le rachis d'ordre n-2 le plus large (pl. 94, fig. 4), zigzagant, n'excède pas 2 mm dans sa plus grande largeur. La figuration originale de Gutbier représente un fragment plus important d'une penne de même ordre dont le rachis principal est un peu moins large. L'organisation de la fronde était donc au moins tripinnatifide ; sa construction apparaît nettement catadrome.

Le dessin de Gutbier (1835, pl. IV, fig. 10) signale la présence d'éléments aphyllés au niveau de l'insertion des pennes d'ordre n-1 mais celles-ci ne sont pas visibles sur l'échantillon correspondant refiguré par Behrend (1907). Un seul des échantillons lorrains observés (pl. 94, fig. 4ab) montre un tout petit segment situé en face de l'insertion d'un rachis d'ordre n-1 qui éventuellement aurait pu avoir joué ce rôle. Mais les faits sont beaucoup trop insuffisants pour qu'on puisse se prononcer sur l'existence d'aphyllés. De toute façon si de tels appendices ont réellement existé, ils devaient être très fragiles et n'avaient que peu de chance d'être conservés d'autant qu'ils étaient sans doute situés dans un plan différent de celui du reste du limbe. Kidston (1923, p. 68) signale également la présence de "petites pennes en forme d'aphyllés" à la base des pennes d'ordre n-1 mais je n'en ai observé aucune sur les échantillons qu'il figure en 1-2a, pl. XX.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis très souples, non décurrents et couverts d'une fine striation

tion longitudinale sont souvent flexueux et ceci est particulièrement net au niveau des rachis d'ordre n-2 ornés d'une ponctuation assez dense (pl. 94, fig. 4a) qui semble faire défaut sur les rachis d'ordres n et n-1. Les angles d'insertion des différents segments varient de 60 à 85° selon leur position dans l'ensemble de la fronde.

b.- pennes :

La rapidité de la différenciation limbaire donne aux pennes de dernier ordre une forme triangulaire à sommet un peu tronqué = les pinnules sommitales atteignent très vite une assez grande taille et l'extrémité des pennes se rétrécit brutalement. Un léger recouvrement affecte les pennes d'avant-dernier ordre.

c.- pinnules :

Leur différenciation limbaire est illustrée par la texte-fig 106. La pinnule peu évoluée (ou lobe), courte et obtuse, fait un angle de 45° environ avec le rachis. Deux petites entailles apparaissent de part et d'autre de l'apex, côté catadrome puis côté anadrome amorçant l'individualisation des lobes basaux. L'apparition du troisième lobe anadrome coïncide avec la division du lobe basal anadrome (texte-fig. 106, B1, B2). La croissance apicale semble prédominer légèrement. Les lobes de forme assez irrégulière apparaissent un peu tronqués comme s'ils avaient été déformés et ceci donne au limbe son aspect caractéristique. Comme chez la plupart des espèces sphénoptéridiennes le lobe basal anadrome est un peu plus opulent et divisé que son équivalent catadrome mais pour le reste la pinnule est symétrique.

Le bord catadrome des pinnules peu évoluées est nettement décurrent : au contraire la base des pinnules évoluées est fortement rétrécie.

d.- nervation :

Elle est souvent bien visible bien que très fine ; la nervure médiane sinueuse émet des nervures secondaires une fois dichotomes en direction de toutes les indentations du limbe. Les divisions nervuraires précèdent celles du limbe (texte-fig. 106, B2).

Remarques et discussion :

Sphenopteris rutaefolia et *Sphenopteris stipulata* ont été créés par Gutbier (1835) dans la même publication. Si les dessins représentatifs de la première espèce (pl. X, fig. 10-11a) sont accompagnés d'une description, aucune explication ou même citation dans le texte ne se rapporte à *Sph. stipulata*. Les dessins originaux de Gutbier concernant ces deux espèces sont repris texte-fig. 107.

Behrend en 1907 (*in* H. Potonié, Lief. V, n° 83) refigure les échantillons de Gutbier de façon beaucoup plus complète et considère que leur ressemblance est telle qu'elle implique la mise en synonymie de *Sph. stipulata* avec *Sph. rutaefolia*. Toutes ces formes sont désignées sous le nom d'*Ovopteris rutaefolia*.

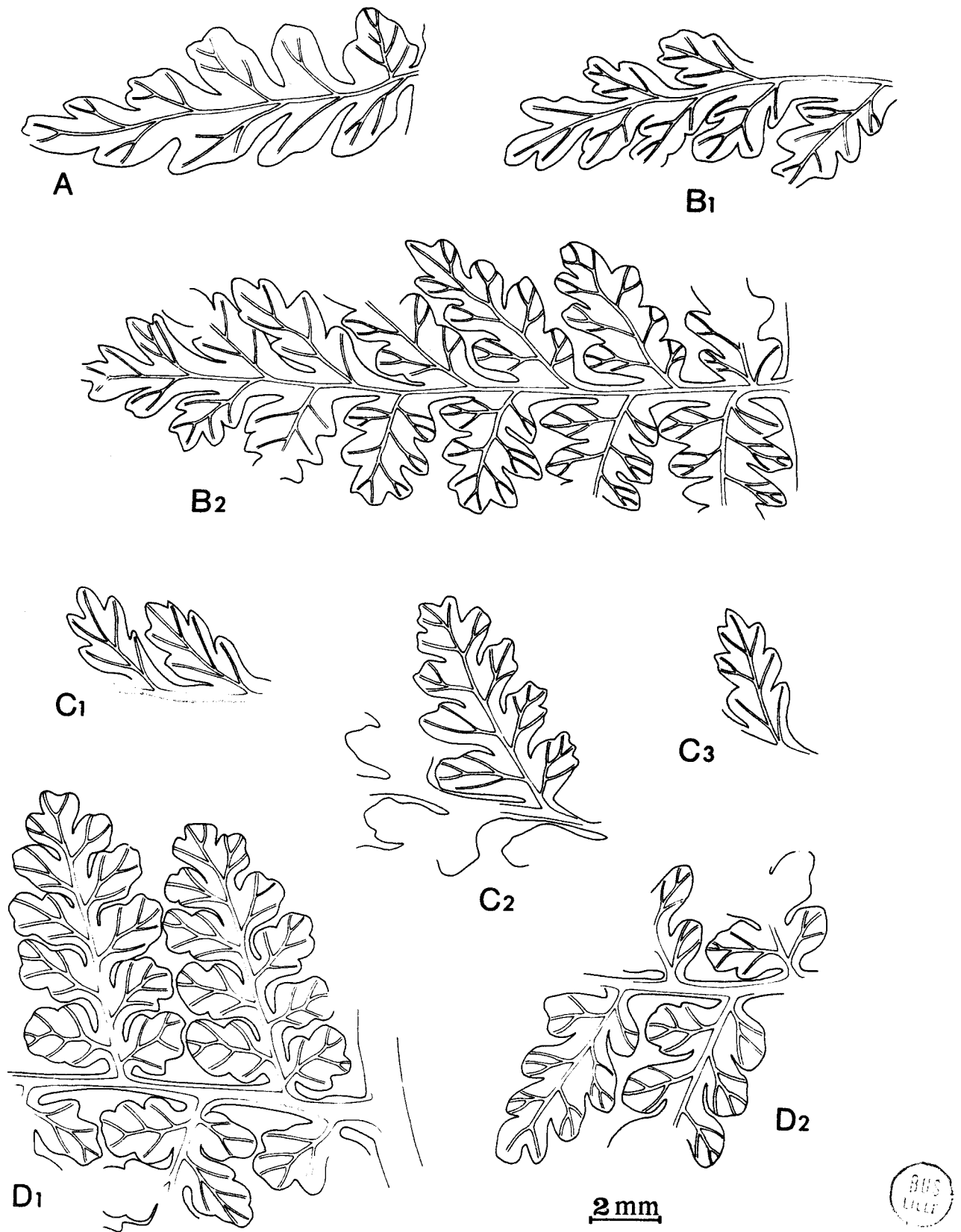
Kidston (1923, p. 68), Daber (1955, p. 8) puis Alvarez Ramis et Doubinger (1971, p. 75) admettent parfaitement cette synonymie mais l'interprètent différemment, Kidston retenant le nom de *Sph. stipulata*, Daber, Alvarez Ramis et Doubinger celui de *Sph. rutaefolia*.

Danzé au contraire (1956, p. 400) rejette l'identité des deux espèces estimant que *Sph. stipulata* se différencie nettement de *Sph. rutaefolia* "par ses lobes triangulaires, ses sinus beaucoup plus longs et perpendiculaires à la nervure principale, sa nervation plus dense" et aussi surtout "par son type d'évolution ontogénique". La révision du matériel décrit par Danzé amène quelques commentaires :

- seul, à mon avis, le spécimen figuré en 2, 2a, pl. LXV correspond à peu près aux figurations originales de Gutbier ;

- les autres échantillons se rapportent pour la plupart à *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) -en particulier le spécimen figuré en 4, 4a, pl. LXV qui est partiellement fructifié- ou à *Oligocarpia brongniartii* Stur (1885, pl. LXV, fig. 1, 1a).

Par conséquent les réserves émises par Danzé sont sans fondement et je me suis rangée à l'avis de Behrend dont les nouvelles figurations des spécimens de Gutbier suffisent pour démontrer l'identité des deux "espèces" : les pennes de dernier ordre de la figure C



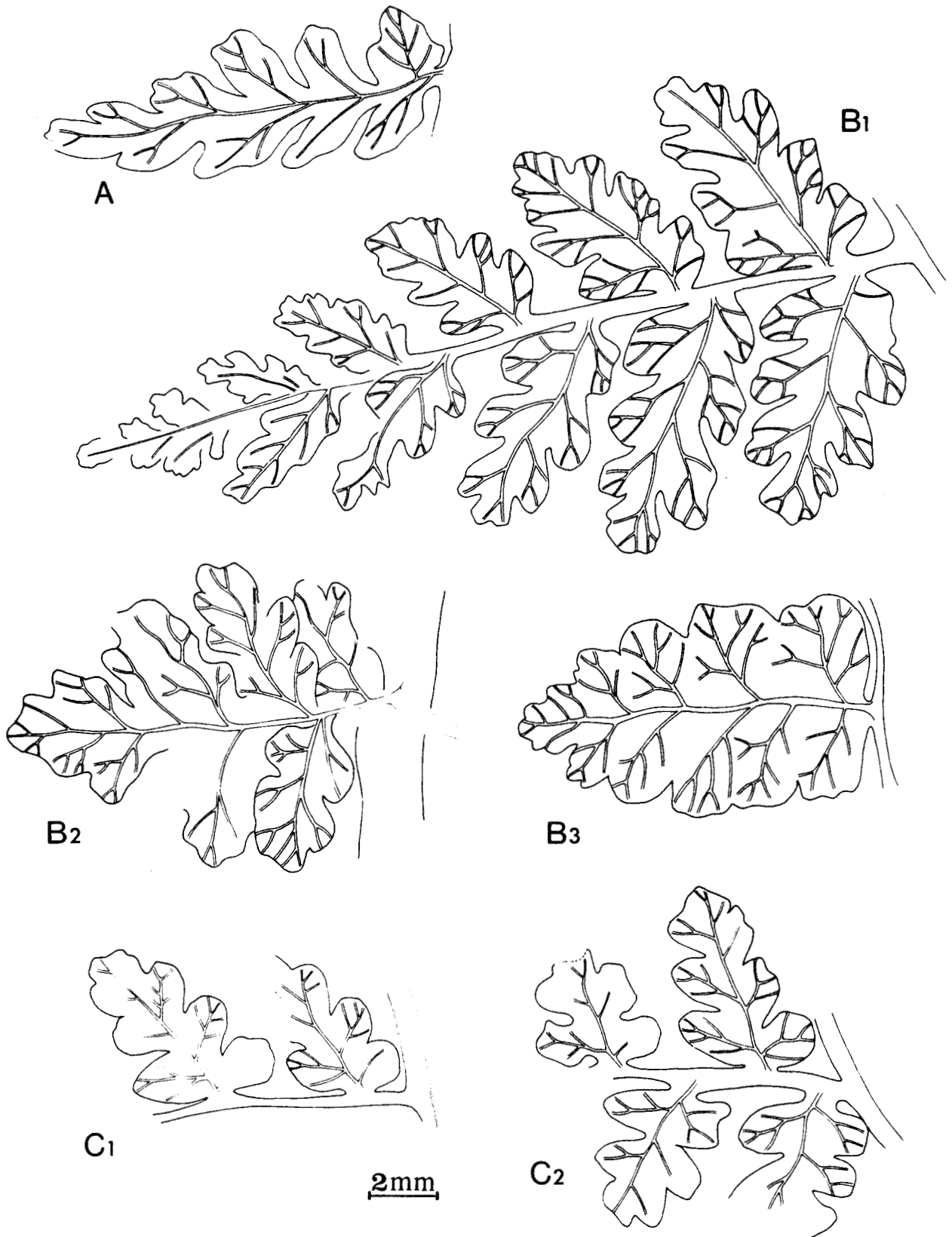
Texte-fig 106 - Différenciation et morphologie limbaires de *Sphenopteris rutaefolia* Gutbier.

A - Reprise du dessin original de Gutbier, 1835, pl. X, fig. 11a.

B1-B2 - Fragments de pennes de dernier ordre d'un échantillon non figuré, comparer avec le dessin A.

C1-C3 - Quelques pinnules peu évoluées et une penne de dernier ordre, d'après un échantillon non figuré.

D1-D2 - Fragments de pennes d'ordre n-1 aux pinnules bien lobées, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 94.



BUS
LILLE

Texte-fig. 107 - Comparaison des échantillons figurés sous les noms de *Sphenopteris rutaefolia* Gutbier et *Sphenopteris stipulata* Gutbier.
A - Reprise de la figure originale de *Sphenopteris rutaefolia* Gutbier, 1835, pl. X, fig. 11a.
B1-B3 - Reprise des figures originales de *Sphenopteris stipulata* Gutbier, 1835, pl. IV, fig. 10abc.
C1-C2 - Reprise des figures originales de *Sphenopteris stipulata* par Andrae, 1865, pl. XIII, fig. 4ab.

(= *Sph. rutaefolia*) sont tout à fait comparables à celles de la penne n-1 sommitale droite de la figure B (= *Sph. stipulata*). Aucun ordre de priorité n'étant admis entre noms spécifiques créés dans une même publication, il fallait faire un choix. Bien que la solution ne soit pas très satisfaisante, j'ai retenu le nom spécifique choisi par Behrend : les dessins originaux de *Sph. stipulata* sont certes plus conformes aux échantillons figurés par Behrend que ceux de *Sph. rutaefolia* mais Gutbier n'y fait aucune allusion dans son texte. Le genre *Ovopteris* étant tombé en désuétude, je décris l'espèce sous l'appellation générique vague de *Sphenopteris* puisque ses fructifications sont encore inconnues.

Le mode de différenciation limbair des échantillons sarro-lorrains illustré par la texte-fig. 106 est parfaitement conforme aux dessins originaux de Gutbier et en particulier aux agrandissements 10a-c, pl. IV. J'ai en outre retrouvé dans les collections du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris un grand spécimen provenant des couches de Zwickau dont l'aspect correspond aux illustrations de Behrend et auquel on pourrait attribuer valeur de topotype. Le matériel lorrain lui étant identique, la détermination *Sph. rutaefolia* est sans équivoque. J'inclus dans ce matériel un échantillon qu'Alvarez Ramis et al. (1978, pl. 3, fig. 7, 8) ont déterminé *Sph. aff. gracilis* et dont la forme des pinnules et la nervation sont tout à fait comparables.

Behrend en 1907 considère *Sph. (Renaultia) rotundifolia* (Andrae) et *Sphenopteris laurentii* Andrae comme des synonymes de *Sph. rutaefolia* et il est vrai que ces trois espèces présentent de fortes ressemblances. Les auteurs s'accordent actuellement pour les différencier mais j'ai déjà évoqué (p. 175) à propos de *R. rotundifolia* les difficultés et les controverses que suscite l'interprétation des formes rapportées à cette espèce et à *Sph. laurentii*, la synonymie de ces deux taxons n'étant d'ailleurs pas exclue. Il me semble toutefois que la distinction entre cet ensemble et *Sph. rutaefolia* ne devrait pas poser trop de problèmes car l'aspect du limbe de cette dernière est beaucoup plus irrégulier : les lobes ont souvent l'air un peu déformés chez *Sph. rutaefolia* alors que ceux de *R. rotundifolia* (= ? *Sph. laurentii*), généralement mieux individualisés, sont toujours largement arrondis. En outre les rachis de dernier ordre sont ailés chez *Sph. rutaefolia* et parfaitement ronds chez *R. rotundifolia*.

J'ai omis volontairement de la liste de synonymie de *Sph. rutaefolia* le tout petit fragment figuré par Bureau (1914, p. 316, pl. 76, fig. 6, 6A) pour lequel il ne me paraît pas raisonnable de donner une détermination spécifique précise.

La conservation de l'échantillon intitulé *Sph. cf. stipulata* par Gothan (1941, pl. 61, fig. 3) est trop médiocre pour qu'on puisse discuter de son attribution, je l'ai laissé dans la liste de synonymie en signalant mes réserves par un point d'interrogation devant la citation correspondante.

Les figurations d'Andrae (1865, pl. XIII, fig. 4, 4ab = ici texte-fig. 107, C1, C2) de *Sph. stipulata* sont assez schématiques et la plupart des auteurs : Zeiller (1888, p. 85), Kidston (1923, p. 69) et Danzé (1956, p. 437) les considèrent comme synonymes de *Sph. laurentii*. Il est certes difficile de se prononcer sans avoir observé les échantillons. Mais s'il est vrai que la vue d'ensemble (pl. XIII, fig. 4) d'Andrae est assez proche des figures 1, 2, 3 (même planche) reproduisant *Sph. laurentii*, les agrandissements 4a et 4b diffèrent nettement de ceux proposés pour *Sph. rutaefolia* par la forme des lobes et leur nervation et rappellent davantage les croquis de Gutbier.

Les trois fragments qu'Alvarez Ramis et al. (1978, p. 13, pl. 6, fig. 1-3) ont déterminés *Sph. rutaefolia* n'ont aucun rapport avec cette espèce. J'attribuerais plus volontiers les figures 1, 3 à *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) compte tenu de la forme des pinnules et de leur nervation et la figure 2 à une espèce du genre *Oligocarpia* sans pouvoir préciser davantage étant donné la petite taille de l'échantillon.

Je pense aussi que le spécimen que ces auteurs ont publié sous le nom de *Sph. magdalenae* Stockmans et Willièrre (pl. 4, fig. 5) correspond également à *Sph. rutaefolia*. Les extrémités des penes sont tronquées et leur mode de différenciation est conforme à l'agrandissement 10c, pl. IV de Gutbier. L'espèce *magdalenae* (holotype figuré en 1965, pl. XXXVII, fig. 1, 1a) caractérisée par un limbe beaucoup plus aéré et des lobes aigus se différencie nettement de l'espèce de Gutbier.

Il est dommage que la figuration d'Alvarez Ramis et Doubinger (1971, pl. II, fig. 5) ne soit pas plus nette car jusque-là aucun des représentants de l'espèce récoltés dans le Stéphanien par Weiss (1869) ou Behrend (1907) n'avait été figuré.

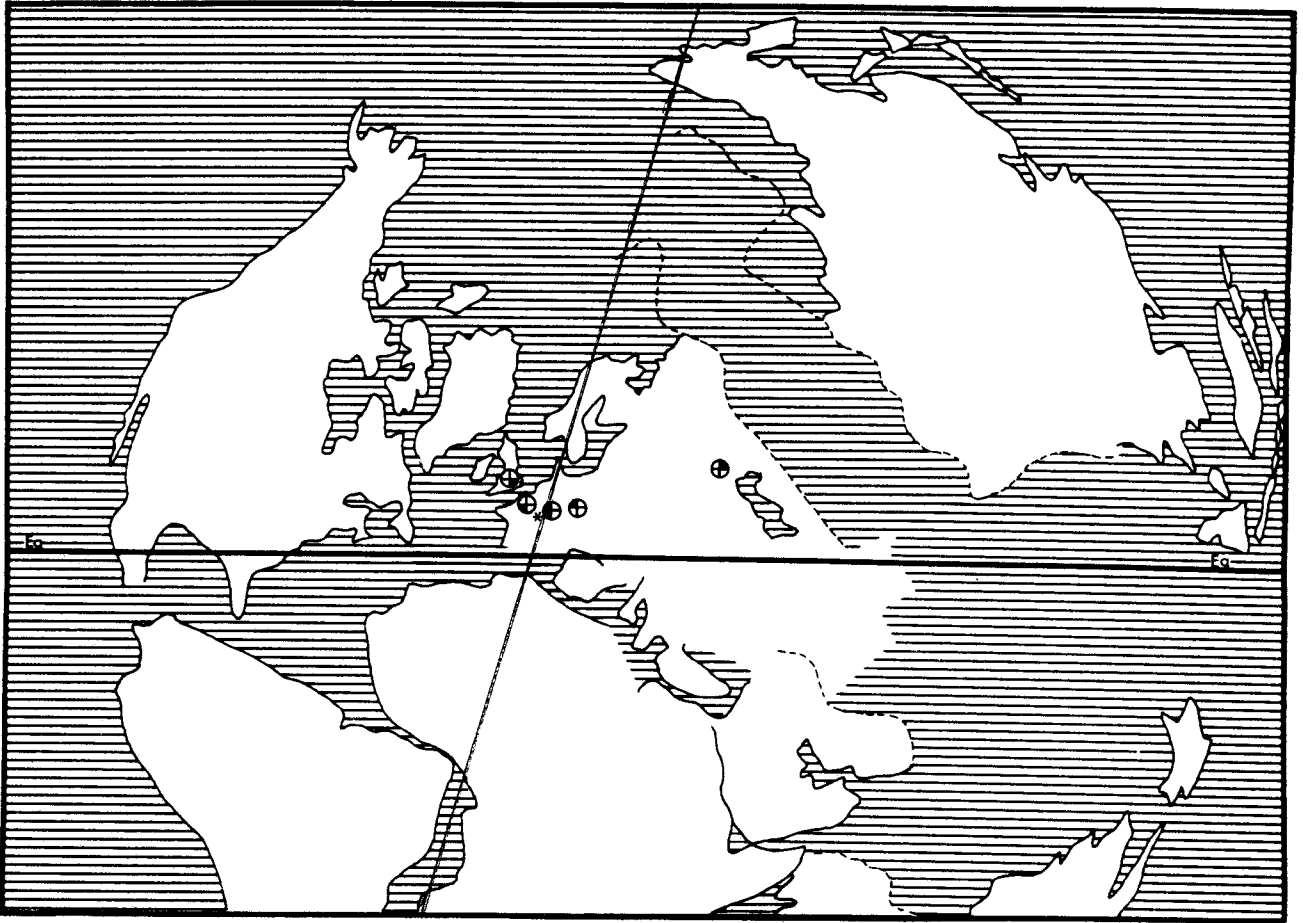
Le spécimen figuré par Barthel (1962, p. 10, pl. IV, fig. 1, 2, 4 ; pl. V, fig. 1-3) pour déterminer la structure épidermique de *Sph. rutaefolia* ne me paraît pas du tout correspondre au matériel original de Gutbier. Son limbe est beaucoup plus coriace, les pinnules indentées sont insérées par toute leur base ou presque et son aspect évoque celui de certaines Eusphénoptéridées.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Groupe de *Göttelborn*, veine Lummerschied, limite du Stéphanien A et du Stéphanien B (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437313-437318).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Groupe d'*Hélène*, veine 13, un peu sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Autres gisements :
 - Groupe de *Camphausen*, couche Franziska, Westphalien D inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/7070, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 3, fig. 7).
 - Sondage des *Chevreuil*s à 686,10 m, 1/3 supérieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437307).
 - Puits de *Cuvelette*, veine 9, sous T200, 1/3 moyen du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437311-437312).
 - Groupe de *Göttelborn*, veine Beust, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage d'*Hargarten* ? (= *Moulin du Soleil*) à 934,05 m, faisceau de Steinbesch, Westphalien D supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437306).
 - Sondage de *Käsberg* à 393,20 m, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° E/2188, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 4, fig. 5).
 - Groupe de *Püttlingen*, veine Beust, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. Haas n° 687 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437309).
 - Sondage de *Stocken* à 1041,10-1041,12 m, base du faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437301-437303).
 - Groupe de *Viktoria*, veines Beust et Kallesbrarg, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, dont n° C/4099, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 3, fig. 8 = pl. 1, fig. 4).
 - Siège de *Wendel*, veine Henri, sommet du faisceau de Petite-Rosselle, extrême base du Westphalien D (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437310).

L'extension stratigraphique de *Sph. rutaefolia* est donc particulièrement vaste dans le bassin sarro-lorrain puisqu'elle y est présente du Westphalien C inférieur au sommet du Stéphanien A. Elle semble surtout abondante dans le Westphalien D inférieur.

Répartition générale :



Texte-fig. 108 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris rutaefolia* Gutbier.

SPHENOPTERIS (ZEILLERIA ?) SCHAUMBURG-LIPPEANA (Stur)

Planche 95

Lectotype :

- . Echantillon figuré par Stur 1885, pl. XXXVI, fig. 5
- . Origine : Haute-Silésie, *Zdiarek*, couches de Schatzlar, Westphalien A-B-C ?
- . Collection: Geologische Bundesanstalt de Vienne

- 1883 *Calymmothea (Sphenopteris) Schaumburg-Lippeana* Stur, p. 807
- v. (pars) 1885 *Calymmothea Schaumburg-Lippeana*, Stur, p. 272, pl. XXXVI, fig. 5, 6
- 1907 *Sphenopteris (Zeilleria) Schaumburg-Lippeana*, Zeiller, p. 1139
- 1911 *Zeilleria Schaumburg-Lippeana*, Kidston, p. 46, pl. III, fig. 1, 2
- 1944 *Zeilleria schauberg-lippeana*, Bell, p. 73, pl. XXIII, fig. 4, 5 ; pl. XXIV, fig. 3



Diagnose :

- Fronde d'organisation tri- (ou quadri-) pinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis d'ordres n-2 (ou n-3) et n-1 couverts d'une fine striation longitudinale ; forte disproportion dans la taille des rachis : rachis n-2 larges (7-7,5 mm), rachis n-1 beaucoup plus étroits (= le 1/3 du rachis principal) ; rachis de dernier ordre ailés et insérés à 80° ;
pennes de dernier ordre triangulaires, allongées et légèrement recouvrantes ;
pinnules très polymorphes selon que la différenciation limbale est plus ou moins rapide et que la croissance apicale prédomine ou non ; limbe aéré (extrémité de fronde) avec des pinnules constituées seulement de quelques lobes filiformes et aigus ; limbe fourni (partie basse des frondes) avec des pinnules beaucoup plus différenciées à lobes divisés mais trapus ; légère réduction possible du lobe basal catadrome ;
nervation constituée d'une nervure médiane rectiligne non décurrente envoyant une nervule simple assez large vers chaque lobe.

Description :

Nos collections renferment plus d'une trentaine d'échantillons dont la plupart proviennent du débitage d'un gros bloc récolté sur le terris de *Wendel*. Ces nombreux échantillons qui, sans aucun doute, appartenaient à une même plante permettent de mieux en apprécier la variabilité morphologique.

1) Organisation de la fronde :

Deux échantillons (pl. 95, fig. 1, 2) montrent des fragments de rachis très larges (7,5 et 7 mm) sur lesquels on observe quelques départs de pennes malheureusement non conservées. Deux insertions sont toutefois un peu mieux préservées et la base du rachis est visible sur quelques millimètres ainsi que le premier fragment catadrome : dans les deux cas le rachis n'excède pas 1 mm en largeur et le segment catadrome correspond à une penne de dernier ordre très évoluée. Tous les autres spécimens représentent au mieux des fragments de pennes d'ordre n-1.

L'organisation de la fronde était donc tripinnatifide ou quadripinnatifide, de construction catadrome. Je n'ai pas observé d'aphlébies.

Quelques dimensions : échantillon figuré en 1, pl. 95

- . largeur du rachis d'ordre n-2 (n-3 = ?) = 7,5 mm
- . largeur d'un rachis d'ordre n-1 = 2 mm
- . largeur d'un rachis d'ordre n = 1 mm
- . longueur d'une penne de dernier ordre = environ 13 mm

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

On constate une très grande disproportion entre les tailles respectives du rachis principal et des rachis adjacents dont l'insertion se fait selon un angle proche de 90°. Une fine striation longitudinale orne le rachis principal et les rachis d'ordre n-1. Les rachis de dernier ordre, largement ailés, sont inclinés de 80° environ sur les rachis n-1.

b.- pennes :

Seules les pennes de dernier ordre sont bien conservées sur nos échantillons. Elles ont un contour triangulaire et se chevauchent légèrement.

c.- pinnules :

Selon la position des fragments par rapport à l'ensemble de la fronde, l'aspect du feuillage est susceptible de beaucoup varier. Toujours très découpé en seg-

ments digités, il peut être ou très aéré (pl. 95, fig. 4, 4a) ou au contraire très fourni (pl. 95, fig. 5, 5a) et il n'est pas rare qu'un même échantillon réunisse des fragments représentant les deux types de feuillage. Les formes fournies sont toutefois les plus abondantes.

Plusieurs extrémités de pennes ont été dessinées texte-fig. 109 pour illustrer les premières étapes de la différenciation limbale et la variabilité morphologique de l'espèce. L'ordre d'apparition des lobes est toujours le même mais la vitesse avec laquelle ils se différencient et l'importance relative de leur croissance apicale varient beaucoup. Pour certains spécimens la croissance apicale semble prédominante et rapide (texte-fig. 109, B4), les pinnules ne sont constituées que de quelques lobes filiformes à sommet arrondi, très écartés les uns des autres. Sur d'autres échantillons, la différenciation des lobes est au contraire très rapide et la croissance se fait également dans les deux dimensions (texte-fig. 109, B3). Pour une taille comparable, les pinnules comptent un nombre de lobes nettement supérieur, parfois même déjà divisés et trapus.

L'intensité des divisions et l'opulence du limbe sont le plus souvent identiques des deux côtés de la pinnule, mais il arrive que l'élément basal catadrome soit un peu moins développé et divisé que son équivalent anadrome.

d.- nervation :

La nervation est toujours bien visible et constituée d'une nervure médiane rectiligne non décurrente envoyant une nervule large vers chaque lobe.

Remarques et discussion :

Sphenopteris schauburg-lippeana est cité une première fois par Stur en 1883 mais n'est décrit et figuré que deux ans plus tard (1885, pl. XXXVI, fig. 5, 6). Un seul des deux spécimens figurés est encore conservé dans les collections du Geologische Bundesanstalt de Vienne. Il a malheureusement été très endommagé et bien qu'il soit légèrement fertile, il est tout à fait impossible d'observer l'organisation des fructifications (pl. 95, fig. 6).

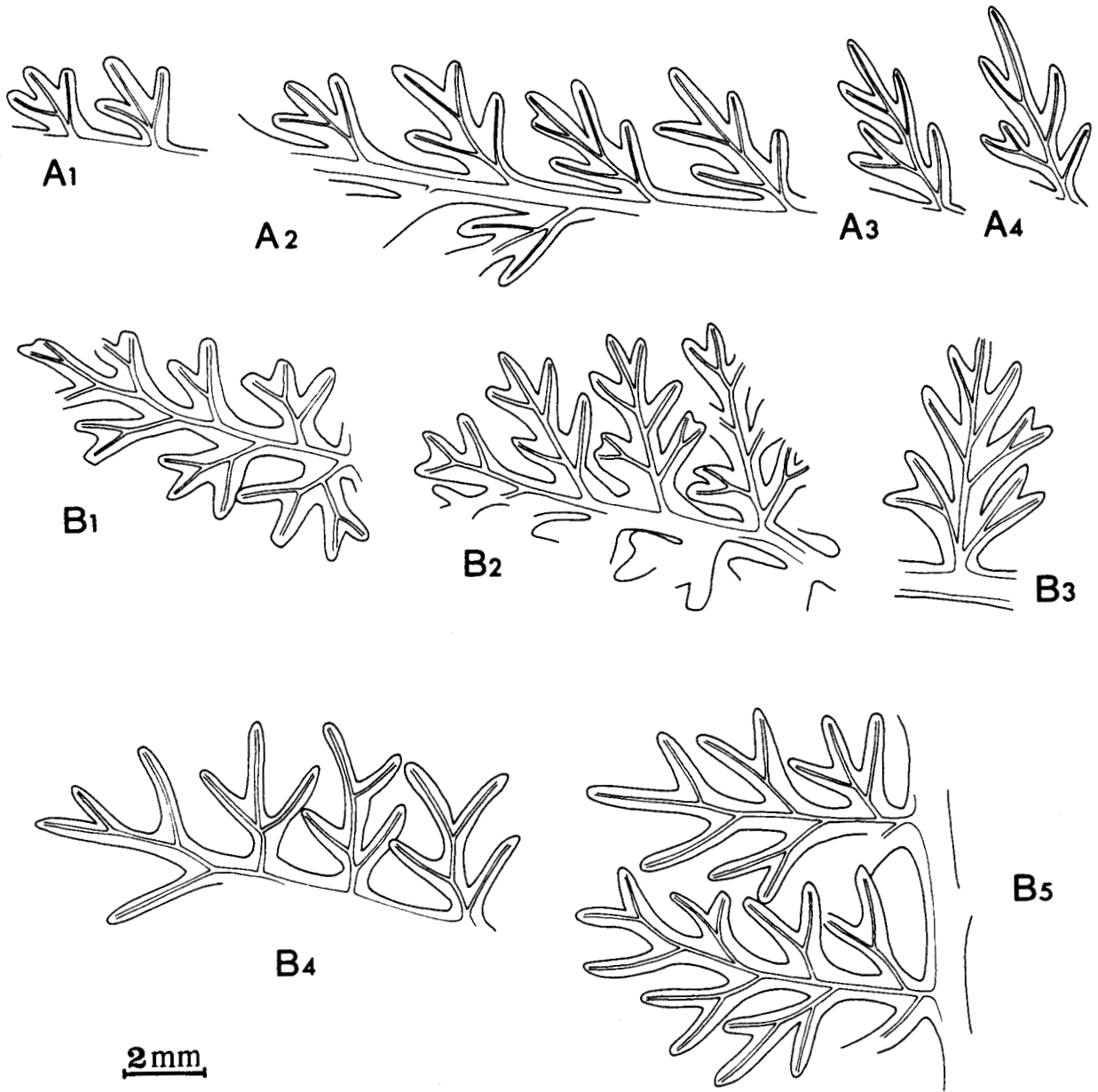
Kidston (1911, pl. III, fig. 1, 2) rapporte à cette espèce un grand spécimen stérile dont la figuration est de très bonne qualité. Il se compose d'un rachis très large (8,5 mm), finement strié, sur lequel sont insérées presque perpendiculairement des pennes d'ordre n-2. L'agrandissement et le dessin correspondant (fig. 2, 2a) donnent une très bonne idée de l'aspect des pinnules et de leur mode de différenciation. Les échantillons sarro-lorrains au limbe fourni ont exactement le même aspect et la description que j'ai donnée de l'organisation de la fronde correspond tout à fait à ce qui s'observe sur la vue d'ensemble de l'échantillon de Kidston. Par conséquent, dans la mesure où ce dernier est conforme au type de Stur, le matériel sarro-lorrain doit être déterminé *Sphenopteris schauburg-lippeana*.

Stur avait attribué l'espèce au genre *Calymmotheca* en raison de ses convergences morphologiques (organisation de la fronde, feuillage profondément découpé et lacinié) avec d'autres espèces connues à l'état fertile pour lesquelles il avait créé ce genre. Mais dans sa description Stur ne fait aucune allusion aux fructifications présentes sur l'un des échantillons, mal conservé.

Zeiller (1907, p. 1139) rapporte à *Sph. schauburg-lippeana* des échantillons fructifiés provenant du sondage d'Eply (Meurthe-et-Moselle) dont les caractères, d'après lui, répondent à la définition du genre *Zeilleria* Kidston, mais aucun spécimen n'est décrit ou figuré. Cette attribution générique est cependant acceptée sans réserves par Kidston (1911).

Bell (1944, pl. XXIII, fig. 4, 5 ; pl. XXIV, fig. 3) figure des échantillons fertiles qu'il détermine *Zeilleria schauburg-lippeana* et dont il donne la description suivante: "Pinnules fertiles, semblables aux stériles, montrant au sommet des lobes un sporange légèrement ovale porté par un court pédicelle, et s'ouvrant en plusieurs segments à maturité. A l'état immature, les organes reproducteurs, probablement des microsporangies apparaissent comme des renflements au sommet des lobes ; quand ils s'ouvrent, deux ou trois segments en forme de cupules sont visibles" (traduction de l'anglais).

Cette description correspond effectivement assez bien à la conception que l'on avait à l'époque du genre *Zeilleria* (voir p. 198). Malheureusement les figurations de Bell ont beaucoup perdu à l'impression et le seul agrandissement proposé (x 1,5) est trop insuf-



Texte-fig. 109 - Principales étapes de la différenciation limbaire de *Sphenopteris* (*Zeilleria* ?) *schaumburg-lippeana* (Stur). Variabilité d'opulence du limbe.
A1-A4 - d'après des échantillons non figurés.
B1-B5 - d'après les échantillons figurés de 1 à 5, pl. 95

fisant pour que l'organisation de la fructification puisse être observée. La morphologie limbaire n'est elle-même que très peu apparente et il n'est pas certain que les échantillons correspondent bien à l'espèce *schaumburg-lippeana*. Les lobes très effilés donnent au limbe un aspect beaucoup plus gracile que sur les figurations de Stur ou de Kidston. Cependant la qualité des illustrations est tellement médiocre qu'il est impossible de juger de la valeur de la détermination. Aucune information n'ayant été apportée sur les fructifications de l'espèce, il m'a semblé raisonnable de la laisser parmi les *Sphenopteris incertae sedis* en signalant seulement la possibilité d'une appartenance au genre *Zeilleria*.

BUS
LILLE

Parmi les espèces sphénoptéridiennes au limbe digité seules *Zeilleria frenzlii* (Stur) et *Germera mendescorreae* (Teixeira) risquent éventuellement d'être confondues, à l'état stérile, avec *Sph. schauburg-lippeana*. *Zeilleria frenzlii* se caractérise cependant par un limbe beaucoup plus gracile que celui des formes courantes de *Sph. schauburg-lippeana*. La croissance apicale prédominante est responsable de la forme très effilée des lobes et de l'allongement des pinnules : pour un même stade de différenciation une pinnule de *Zeilleria frenzlii* est une fois et demie plus longue que celle de *Sph. schauburg-lippeana*. Les pinnules trilobées dont l'écartement des lobes latéraux évoque une patte d'oiseau sont aussi très caractéristiques de *Z. frenzlii*. Mais il est certain qu'il sera toujours très difficile de distinguer de *Z. frenzlii* des fragments de *Sph. schauburg-lippeana* situés en extrémités de frondes.

En dehors des fructifications, *Germera mendescorreae* (Teixeira) possède un limbe stérile aussi opulent que celui de *Sph. schauburg-lippeana* mais sa différenciation est beaucoup plus lente et plus inégale entre parties basales anadrome et catadrome des pinnules. La disposition des lobes peut aussi contribuer à l'identification des deux espèces : alors que les lobes catadromes de *Germ. mendescorreae* restent très inclinés sur la nervure médiane, ceux de *Sph. schauburg-lippeana* s'en écartent fortement, accentuant l'aspect digité du limbe.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

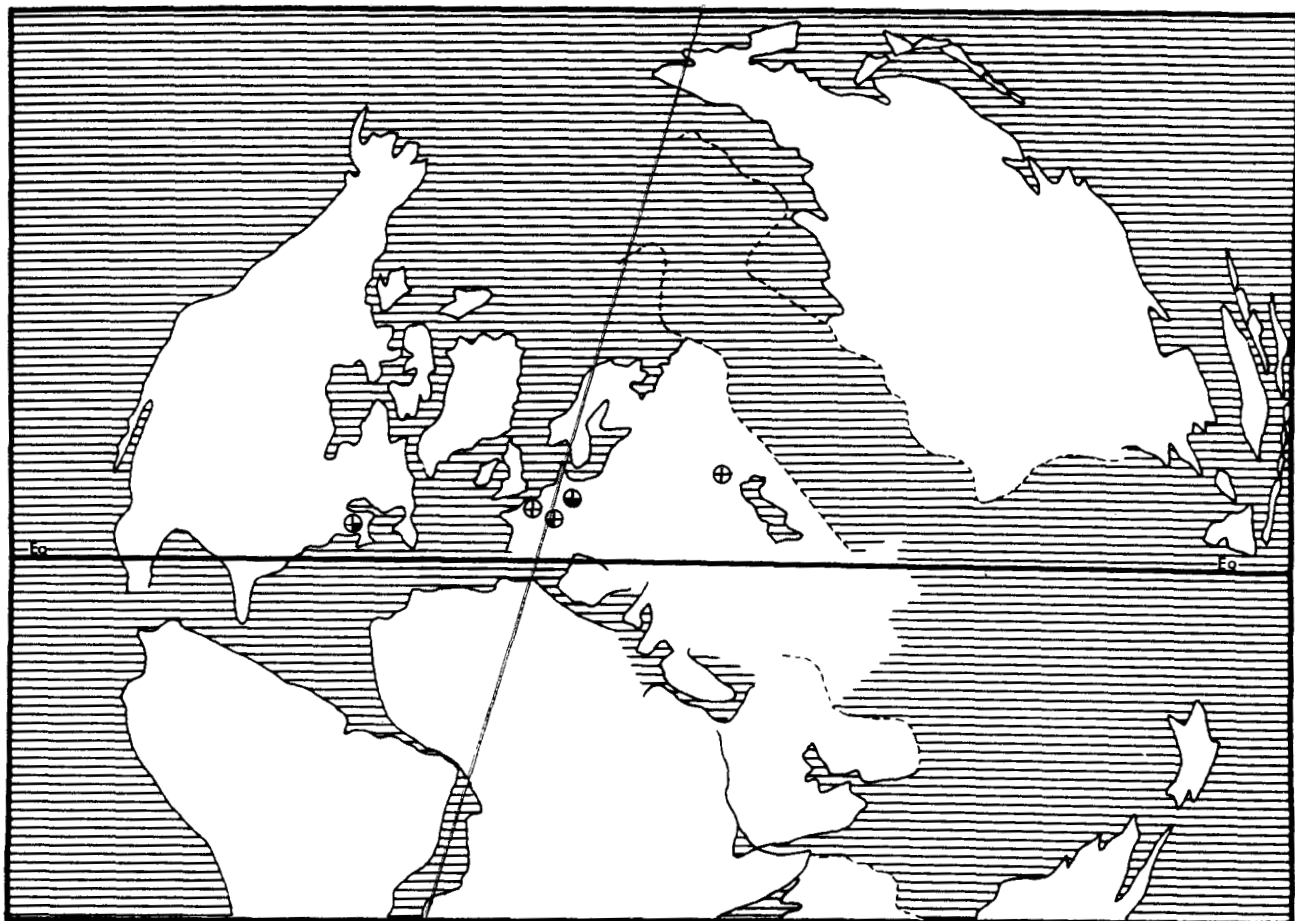
Cinq échantillons ont une origine précise, les autres proviennent du terris de *Wendel* sur lequel sont déversés en principe les stériles du sommet du faisceau de Petite-Rosselle (= Westphalien C supérieur) et du faisceau de Laudrefang (= Westphalien D inférieur). (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435204-435210).

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de *Gargan 1* à 597,80 m, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435203).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Sondage d'*Atton* à 926,00 m, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).
- Autres gisements :
 - Sondage de *Pont-à-Mousson* à 920,00 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Typothèque de l'Université Claude Bernard de Lyon).
 - Sondage de *Ste-Fontaine 4* à 856,98 et 856,99 m, base du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 435201-435202).

Le nombre très limité de points de gisements de *Sph. schauburg-lippeana* ne permet pas de donner une répartition stratigraphique précise de l'espèce. Elle est présente en Sarre-Lorraine dans des niveaux correspondant au Westphalien C moyen et supérieur mais il est possible qu'elle existe dans le Westphalien D inférieur.

Répartition générale :





Texte-fig. 110 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris* (*Leilleria* ?) *schauburg-lippeana* (Stur).

SPHENOPTERIS SCHWERINII (Stur)

Planche 96

Holotype :

- . Echantillon figuré par Stur 1885, pl. XLI, fig. 8, 8a, repris ici en 2, 2ab, pl. 30 et en 1, 1ab, pl. 96
- . Origine : Haute-Silésie, groupe d'*Eisenbahn*, près de Brzenkowitz, Randgruppe supérieur, Westphalien A supérieur ou B inférieur
- . Collection : Geologische Bundesanstalt de Vienne

- v. 1885 *Hapalopteris Schwerini* Stur, p. 43, pl. XLI, fig. 8, 8a
- 1914 *Sphenopteris* (*Renaultia*) *schatzlarensis*, Arber, p. 71, pl. XII, fig. 5
- 1923 *Sphenopteris Cantiana* Kidston, p. 129, pl. XXVIII, fig. 4, 4ab
- v. 1978 *Sphenopteris magnifica*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, p. 22, pl. 10, fig. 3-5 ; texte-fig. 35



Nous avons vu dans l'étude du genre *Renaultia* (p. 138) que la révision des matériels types et figurés des différents auteurs ayant travaillé sur ce groupe avait amené à modifier considérablement la conception d'un certain nombre d'espèces. J'ai démontré en particulier que toutes les déterminations de l'espèce *schwerinii* postérieures à sa création étaient erronées du fait d'une erreur d'interprétation du type de l'espèce et d'une mise en synonymie hâtive avec un autre taxon également créé par Stur : *Haplopteris schuetzei*. Mais toutes ces formes mal interprétées constituent en fait un ensemble parfaitement homogène qui s'est avéré correspondre au type d'une troisième espèce de Stur : l'espèce *crepinii*, l'appellation *Renaultia crepinii* Stur ayant finalement été retenue.

Le type de l'espèce *schwerinii* se trouvait ainsi isolé de tout ce qui avait jusqu'ici été déterminé comme tel. Or le bassin houiller sarro-lorrain a fourni quelques échantillons qui en ont tout à fait l'aspect. Leur appartenance générique n'ayant pu être établie faute de matériel fertile, j'ai choisi de les décrire sous le nom de *Sphenopteris schwerinii* Stur.

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : régulier et aéré ; rachis ronds, sinueux, non décurrents, faisant entre eux des angles variant de 50 à 85° ; rachis d'ordre n largement ailés ; pennes conservant une largeur constante sur au moins les 2/3 de leur longueur puis se rétrécissant brutalement ; première penne basale catadrome d'ordre n portant une pinnule basale catadrome plus ou moins ahléboïde ; pinnules dont la taille maximale n'excède pas 6 mm ; maximum de différenciation : 3 paires de lobes ; à l'apparition du troisième lobe anadrome, les lobes précédemment formés sont déjà 1 ou 2 fois divisés ; lobes mousses ; indentation du limbe parfois moins nette côté catadrome ; nervation fine mais bien marquée témoignant d'un degré identique de division pour les 2 côtés de la pinnule ; nervure principale zigzagante ; angles d'émission des nervures de l'ordre de 40° pour les premières divisions, de 20° pour les suivantes.
- Feuillage fertile : inconnu.

Description :

L'espèce n'est pas très abondante dans le bassin houiller sarro-lorrain, les échantillons sont généralement bien conservés.

1) Organisation de la fronde :

Le plus grand spécimen correspond à un fragment de penne d'ordre n-3 (pl. 96, fig. 5) ; la fronde était donc au moins quadripinnatifide et sa construction nettement catadrome.

2) Feuillage stérile :

Il se caractérise par la régularité de son architecture et de ses divisions.

a.- rachis :

Non décurrents, souvent flexueux, ils font entre eux des angles variant de 60 à 85°. Les rachis n-1, n-2 (n-3 ?) sont ronds alors que les rachis de dernier ordre apparaissent largement ailés du fait de la forte déccurrence des pinnules. On remarquera sur les spécimens les mieux différenciés (pl. 96, fig. 6a) que la pinnule basale de la première penne catadrome d'ordre n est transformée en un petit élément ahléboïde. Aucune ahlébie n'a été observée au niveau de l'insertion des rachis n-1 et n-2. Les rachis sont tous couverts d'une fine striation longitudinale mais seul le rachis n-2 présente une très fine ponctuation.

b.- pennes :

Sur le matériel sarro-lorrain les pennes d'avant-dernier ordre ne sont jamais conservées intégralement. Les pennes de dernier ordre conservent une largeur à peu près constante sur les 2/3 de leur longueur puis s'effilent rapidement. A l'exception de la première penne basale catadrome dont le limbe est généralement réduit on ne peut qu'être frappé de la régularité de la disposition et de la différenciation des pennes.

c.- pinnules :

Elles se caractérisent par une forte inclinaison sur le rachis (60° environ) et la décurrence de leur bord catadrome. Leur mode de différenciation est illustré par la texte-fig. 111, A1, A2, B2. La pinnule à peine individualisée (ou lobe) est triangulaire, toujours très inclinée sur le rachis. Une première division apparaît côté catadrome, une seconde côté anadrome alors que la pinnule commence à se redresser sur le rachis. Les lobes au sommet mousse continuent de se différencier alternativement d'un côté et d'autre. Quand apparaît le deuxième lobe catadrome, les lobes basaux amorcent leur division. Si les indentations du limbe ne sont pas toujours très visibles (en particulier côté catadrome) la nervation montre une nette tendance à la division. Il semble en effet que le lobe basal catadrome reste le plus souvent entier alors que la nervule qui l'irrigue est déjà dichotome (texte-fig. 111, A2). Ce retard de différenciation se retrouve au niveau des pennes de dernier ordre dont la pinnule basale catadrome est souvent plus petite et moins profondément divisée que ses voisines (texte-fig. 111, B3, B4). Avec l'apparition du troisième lobe anadrome on peut considérer que la pinnule a atteint son maximum de différenciation ; les lobes précédents sont déjà une ou deux fois divisés et la base de la pinnule a subi une très forte contraction (texte-fig. 111, B1). Sa longueur est alors de 5 à 6 mm pour une largeur de 4 mm.

d.- nervation :

Elle est fine mais généralement bien visible. La nervure médiane, peu décurrente et très sinueuse, fait avec le rachis un angle de 60° environ. Elle envoie dans chaque lobe une nervule dichotome. L'angle d'émission des différentes ramifications nervuraires est assez constant, de l'ordre de 40° pour les premières divisions, de 20° pour les suivantes (texte-fig. 111).

Remarques et discussion :

Les échantillons sarro-lorrains généralement bien conservés ont permis de suivre les étapes successives de la différenciation limbair et de donner un bon aperçu des divers aspects que peut prendre l'espèce en fonction du degré de division atteint. La taille de l'échantillon-type de Stur est réduite mais il est possible d'y retrouver les premiers stades de la différenciation conduisant de la pinnule à peine individualisée à la penne de dernier ordre. Notre matériel est donc conforme au type de Stur et doit être rapporté à l'espèce *schwerinii*.

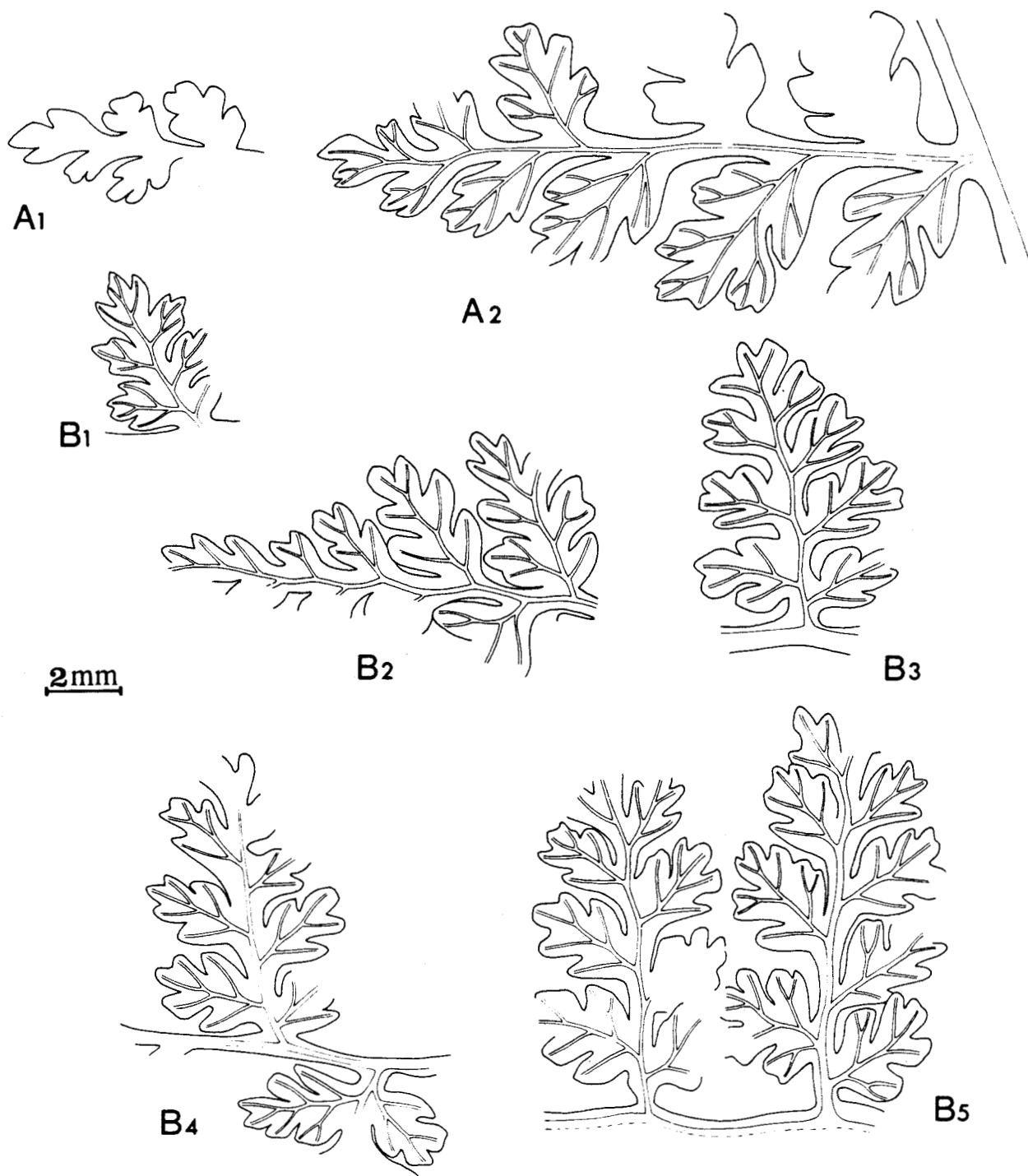
Le choix de cette attribution est le résultat d'une longue étude qui m'a conduite à isoler le type de Stur de tout ce que les auteurs avaient décrit jusqu'ici sous le nom de *schwerinii* (voir p. 139).

La description que j'ai donnée de l'espèce *schwerinii* est en partie fondée sur des spécimens conservés au Saarbergwerke de Sarrebruck et qu'Alvarez Ramis et al. (1978, p. 22, pl. 10, fig. 3-5 ; texte-fig. 35) avaient déterminés *Sphenopteris magnifica* Danzé. J'ai exposé dans la discussion consacrée à *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) (p. 148) les raisons pour lesquelles je pense que l'espèce créée par Danzé (1956, p. 389, pl. LXII, fig. 4, 4a) ne peut constituer une entité taxonomique et doit être considérée comme synonyme de l'espèce de Brongniart. Le matériel figuré par Alvarez Ramis et al. est très proche du type de l'espèce *schwerinii* et ne peut être rapporté à *Renaultia chaerophylloides*. Stur différenciait déjà l'espèce *schwerinii* d'*Haplopteris typica* Stur (= *R. chaerophylloides*) par l'aspect plus régulier et plus aéré du limbe et aussi par la forme des extrémités des divers segments. Après une étude approfondie des deux espèces, il ressort de leur comparaison :

- que les pennes de *Sph. schwerinii* conservent une largeur constante sur une bonne partie de leur longueur puis se rétrécissent brutalement vers leur sommet alors que celles de *R. chaerophylloides* s'effilent progressivement ;

- que pour des éléments de même taille, l'intensité de division est plus forte chez *sph. schwerinii* ;

- que les lobes sont plus aigus et plus serrés chez *R. chaerophylloides* que chez *Sph. schwerinii*.



Texte-fig. 111 - Différenciation et morphologie limbaires de *Sphenopteris schwerinii* Stur.

A1-A2 - d'après l'holotype de Stur, 1885, pl. XLI, fig. 8, 8a.

B1-B5 - Fragments à des stades variés de différenciation, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 96.



Une seule espèce me semble devoir être mise en synonymie avec *Sph. schwerinii*. Il s'agit de *Sphenopteris cantiana* créé par Kidston (1923, p. 129, pl. XXVIII, fig. 4, 4ab) pour un spécimen précédemment déterminé par Arber (1914, p. 71, pl. XII, fig. 5) *Sphenopteris (Renaultia) schatzlarensis* Stur. L'agrandissement proposé par Kidston montre une différenciation limbale identique à celle de notre matériel : priorité de division côté catadrome, maximum de différenciation de la pinnule atteint lors de l'apparition du troisième lobe anadrome, nervation fine et sinueuse. Ce spécimen récolté dans les Westphalian series du Comté de Kent est donc d'âge Westphalien B probable comme le type de Stur.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

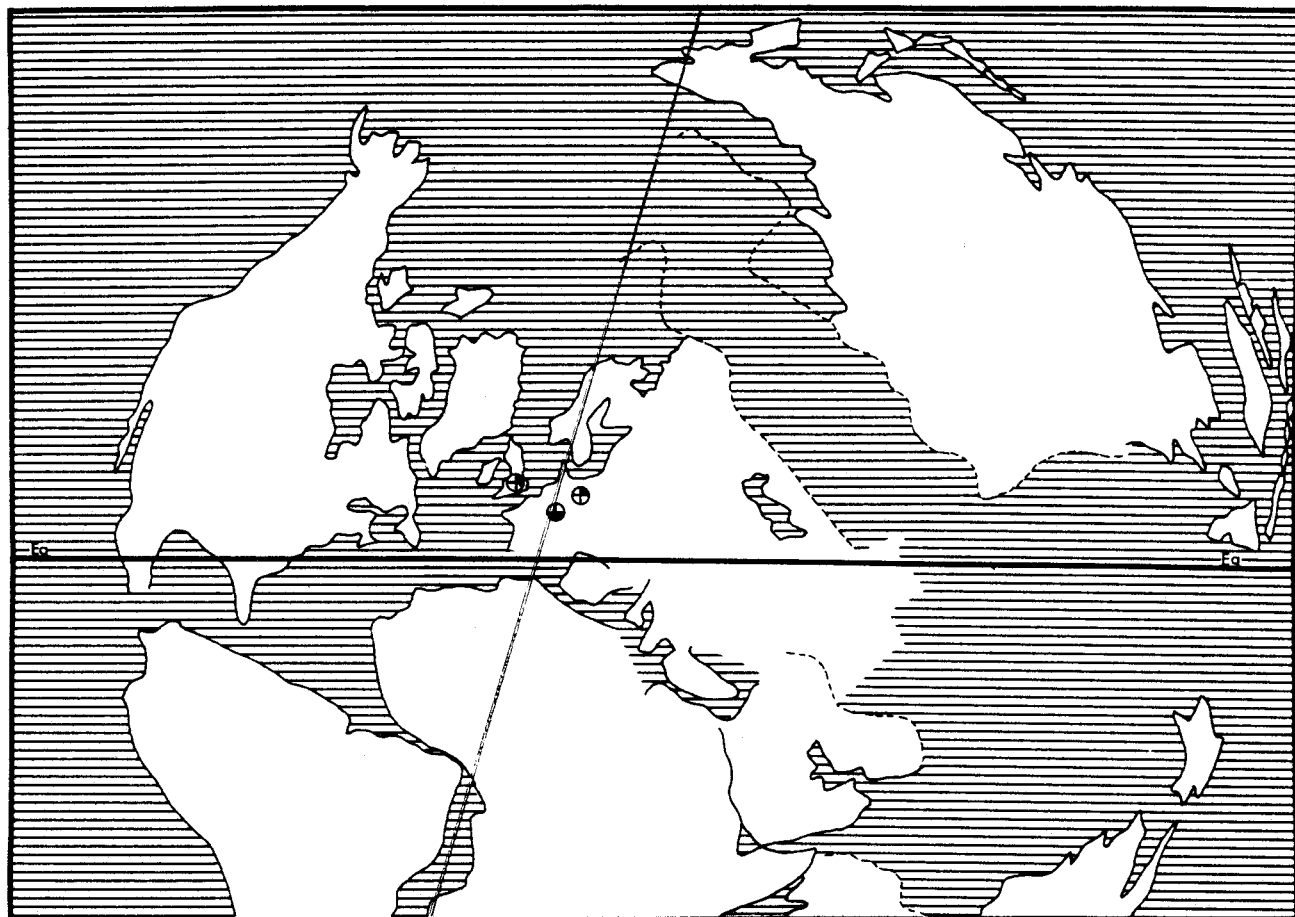
- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Groupe d'*Hélène*, veine II R, sous T200, 1/3 inférieur du faisceau de Petite-Rosselle, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Groupe de *St-Ingbert*, sans autre précision, faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° 6552, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 10, fig. 5).
- Autres gisements :
 - Groupe de *Camphausen*, couches de Sulzbach, sans autre précision, Westphalien C (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° 7063, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 10, fig. 3).
 - Groupe de *Camphausen*, couche Franziska, stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° 7465, éch. figuré par Alvarez Ramis et al. 1978, pl. 10, fig. 4).
 - Puits de *Mellin*, veine 16, entre T300 et T400, 1/2 inférieure du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437407).
 - Sondage de *Ste-Fontaine* 3 à 744,78 ; 805,91 ; 805,92 m, 1/3 inférieur du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437401-437403).
 - Groupe de *Velsen*, veine 5, sommet du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437404-437406).
 - Terris, sans précision de localisation (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437409-437410).

L'espèce *Sphenopteris schwerinii* n'est donc pas très abondante dans le bassin sarro-lorrain où elle semble caractériser le Westphalien C.

L'échantillon-type de Stur avait été récolté en Haute-Silésie près de Brzenkowitz, dans un niveau daté du Westphalien A supérieur ou B inférieur.

Ces divergences stratigraphiques peuvent éventuellement trouver une explication dans le manque d'informations dont nous disposons sur l'espèce du fait des nombreuses confusions dont elle a fait l'objet.

Répartition générale :



Texte-fig. 112 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris schwerinii* (Stur).

SPHENOPTERIS SEWARDII Kidston

Planche 97

Holotype :

- . Echantillon figuré par Kidston 1923, pl. XXVIII, fig. 2, 2b, 3, repris ici en 1, 1ab, pl. 97
- . Origine : Somerset, *Upper Conygre Pit*, Timsbury, Radstock Group, Westphalien D supérieur
- . Collection : Institute of Geological Sciences de Londres

- 1835 *Sphenopteris tenuifolia*, Gutbier, p. 39, pl. V, fig. 10 ; pl. X, fig. 9
- 1883 *Sphenopteris tenuifolia*, Kidston, p. 345, pl. 19, fig. 2, 2ab
- v. 1888c *Sphenopteris tenuifolia*, Kidston, p. 345, pl. XIX, fig. 2
- v. 1923 *Sphenopteris Sewardi* Kidston, p. 136, pl. XXVIII, fig. 2, 2ab, 3
- 1929 *Sphenopteris Sewardi*, Kidston, p. 54, pl. 13, fig. 1
- ? 1935 *Sphenopteris Sewardi*, Hartung, p. 84, pl. X, fig. 1, 1A, 2
- ? v. 1978 *Sphenopteris gutbieriana*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer, pl. 9, fig. 3



Depuis sa création, *Sphenopteris sewardii* n'a été que très peu cité et l'échantillon figuré à plusieurs reprises par Kidston (1888c, 1923), conservé dans les collections de l'Institute of Geological Sciences de Londres, est le plus complet que l'on connaisse. Son observation m'a permis de dégager les points essentiels de la description originale de Kidston.

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide, de construction catadrome.
- Feuillage stérile : rachis ronds, fins, légèrement décourants, dépourvus d'ornementation, faisant entre eux des angles variant de 70 à 80° ; rachis de dernier ordre ailés vers l'extrémité, ceux d'avant-dernier ordre quelquefois flexueux ; pennes triangulaires et allongées, contiguës ou un peu recouvrantes ; pinnules peu évoluées (ou lobes) en forme de languettes très aiguës, inclinées de 30° sur le rachis, très décourantes ; individualisation alterne des lobes, toujours très aigus et fasciculés ; croissance apicale prédominante ; incision du lobe basal anadrome coïncidant avec l'apparition de la troisième paire de lobes ; pinnules évoluées rendues dissymétriques du fait de l'inégalité de l'intensité des divisions des lobes basaux = lobe anadrome beaucoup plus découpé et plus opulent que son équivalent catadrome ; même dissymétrie au niveau de toutes les bases de pennes dont les segments catadromes sont toujours un peu plus réduits ; nervation fine constituée d'une nervure médiane non décourante mais parfois sinueuse qui émet une nervule secondaire plus ou moins dichotome de façon à irriguer chaque indentation du limbe.
- Feuillage fertile : développement acroscopique des fructifications constituées de petits groupes de sporanges situés à l'extrémité des segments limbaires ultimes, leur donnant un aspect un peu tronqué ; type de la fructification indéterminable ; spores inconnues.

Description

1) Organisation de la fronde :

Le spécimen le plus complet de nos collections (pl. 97, fig. 3) correspond à un fragment de penna d'ordre n-2 sur le point de passer au rang d'ordre n-3 ; son rachis principal n'est malheureusement pas bien conservé. L'échantillon-type est constitué de deux pennes d'ordre n-2, à peu près parallèles, dont on a toutes raisons de penser qu'elles étaient insérées sur un même rachis. Le degré de différenciation du limbe de l'échantillon lorrain est légèrement supérieur à celui du type de l'espèce mais tous deux montrent que l'organisation de la fronde est au moins quadripinnatifide. La priorité de construction est nettement catadrome.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis se caractérisent par leur extrême finesse ; ils sont ronds, dépourvus d'ornementation et font entre eux des angles variant de 70 à 80°. Les rachis de dernier ordre ne sont que très peu ailés à leur extrémité.

b.- pennes :

La différenciation limbairé étant rapide, les pennes ont une forme triangulaire mais sont aussi très allongées. Leur recouvrement s'accroît au fur et à mesure qu'augmente leur degré de différenciation.

c.- pinnules :

Les premières étapes de la différenciation du limbe, profondément découpé en lobes laciniés à sommet aigu, sont résumées texte-fig. 113. On y observe l'individualisation alterne et rapide des lobes et la prédominance de la croissance apicale responsable de leur forme. L'apparition de la troisième paire de lobes apicaux correspond gé-

néralement à l'incision des lobes précédemment formés mais on constate souvent un net retard de division du lobe basal catadrome qui est aussi moins opulent.

Cette dissymétrie se retrouve à la base des pennes dont les pinnules catadromes sont toujours moins différenciées que les anadromes (texte-fig. 113, A3). L'état de conservation du plus grand échantillon ne permet pas de dire si le phénomène se reproduit au niveau des segments d'ordres antérieurs.

d.- nervation :

La nervure médiane, à peine décurrente, rectiligne ou sinueuse émet une nervule elle-même dichotome vers chaque lobe.

3) Feuillage fertile :

L'échantillon-type est le seul spécimen partiellement fructifié que l'on connaisse. Les fructifications sont cantonnées dans la partie sommitale des pennes ce qui laisse supposer que leur développement est acroscopique. La fertilisation modifie l'aspect du limbe dont les lobes apparaissent nettement tronqués, les sporanges étant situés par petits groupes à leur extrémité. L'état de conservation de l'échantillon ne permet pas de détailler davantage l'organisation de la fructification. Les prélèvements pour les spores *in situ* ont été négatifs.

Remarques et discussion :

L'échantillon pour lequel Kidston crée en 1923 l'espèce *sewardii* avait déjà été figuré par ce même auteur sous le nom de *Sph. tenuifolia* Gutbier (non Brongniart). Kidston (1923, p. 137) estime en effet que la représentation de Gutbier de *Sph. tenuifolia* n'est pas conforme aux dessins originaux de Brongniart (pl. 48, fig. 1, 1a) caractérisés par la largeur du rachis principal et la plus forte inclinaison des pennes.

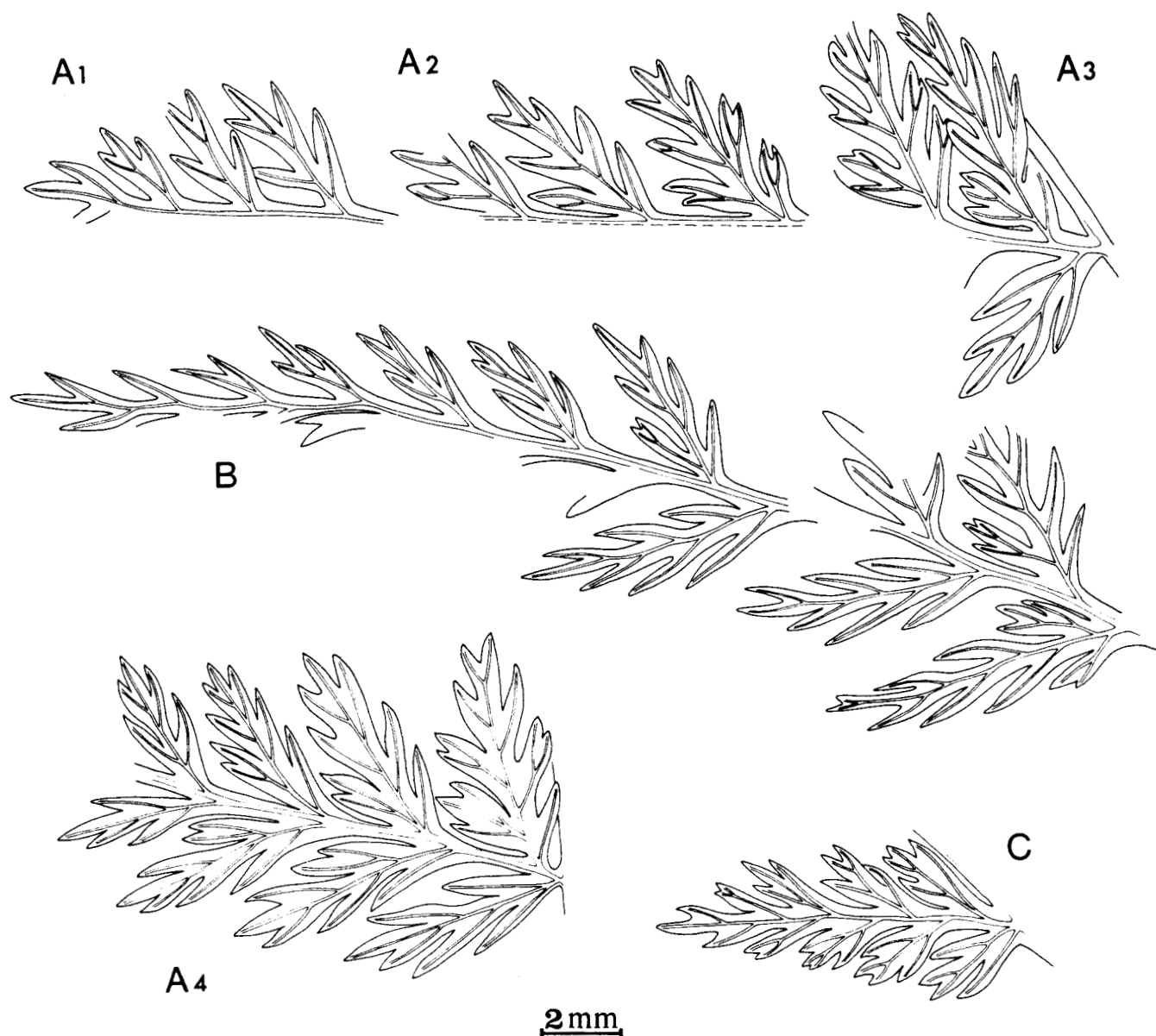
Danzé (1956, p. 499) reprenant cette comparaison, fait remarquer que sur l'agrandissement la (pl. 48) proposé par Brongniart l'élément basal catadrome est nettement plus opulent et plus divisé que son équivalent anadrome et que c'est l'inverse sur les croquis de Gutbier. En fait, ces derniers ne sont pas très précis et selon que l'on observe telle ou telle penne on constate que l'hypertrophie affecte l'un ou l'autre des éléments basaux. Et je pense que Gutbier n'a pas prêté attention à ce détail morphologique. Les échantillons correspondants n'ayant pas été retrouvés, je ne puis me prononcer définitivement sur ce point.

Il est certain par contre que le type de Kidston se caractérise par le plus fort développement des éléments basaux anadromes. Faute d'informations nouvelles je me rangerai donc à l'avis de Kidston qui a jugé nécessaire la création d'un nouveau taxon pour son échantillon et celui de Gutbier.

Les dessins A1-A4 de la texte-fig. 113 récapitulent les premières étapes de la différenciation limbale des spécimens lorrains et donnent un aperçu de l'allure des pennes de dernier ordre très évoluées. La comparaison de ces croquis avec les agrandissements 2ab (pl. XXVIII) proposés par Kidston ou avec le dessin C, même texte-fig. réalisé d'après l'échantillon-type suffit à démontrer l'exactitude de leur détermination = mêmes lobes aigus, fasciculés ; dissymétrie basale des pinnules et des bases de pennes.

Je serais aussi tentée de rapporter à *Sph. sewardii* l'échantillon figuré en 4, 4a, pl. 97 qui représente une extrémité de penne dont la différenciation limbale (texte-fig. 113B) se fait selon le même processus. Les divers éléments apparaissent seulement un peu plus étirés et les lobes filiformes sont extrêmement pointus. Il est probable que ces légères variations sont une conséquence de la position du fragment par rapport à l'ensemble de la fronde mais comme les extrémités ne sont pas conservées sur l'échantillon de Kidston, ceci ne peut être vérifié.

Bien que l'échantillon-type soit partiellement fructifié, Kidston ne l'affecte à aucun genre. Il faut dire que les fructifications sont assez mal conservées et que la position exacte des sporanges ne peut être déterminée. Danzé (1956, p. 498) envisage la possibilité d'une appartenance au genre *Renaultia* mais préfère finalement laisser l'espèce parmi les *Sphenopteris incertae sedis*. Les échantillons lorrains stériles n'apportent bien sûr aucune information nouvelle et les prélèvements pour les spores *in situ* effectués sur l'échan-



Texte-fig. 113 - Différenciation et morphologie limbaires de *Sphenopteris sewardii* Kidston.

A1-A4 - Principales étapes de la différenciation limbairé, d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 97.

B - Extrémité de penne au limbe gracile, étiré, mais dont la différenciation s'effectue selon le même processus que sur les segments équivalents des dessins A, d'après l'échantillon figuré en 4, pl. 97.

C - Penne de dernier ordre dessinée d'après l'holotype de Kidston, 1923, pl. XXVIII, fig. 2, 2ab, 3, repris ici en 1, pl. 97.

tillon-type ont été infructueux. L'espèce est donc décrite sous l'appellation générique vague de *Sphenopteris*.

Alvarez Ramis et al. ont décrit sous le nom de *Sphenopteris gutbieriana* Geinitz (1978, pl. 9, fig. 3 = ici pl. 97, fig. 2) un échantillon dont l'aspect est très proche de certains de nos spécimens : les segments équivalents sont de même taille, les étapes de la différenciation sont identiques, on y retrouve la dissymétrie des lobes basaux et la réduction des pinnules basales catadromes. Se posent par conséquent la question de l'exactitude

de la détermination d'Alvarez Ramis et *al.* et celle des relations existant entre *Sph. gutbieriana* et *Sph. sewardii*. Malheureusement le type de *Sph. gutbieriana* n'a pas été retrouvé et les croquis de Geinitz (1855, pl. XXIII, fig. 10, 10A) constituent nos seules références. Or la vue d'ensemble (fig. 10) est très imprécise. On peut toutefois retenir les points suivants :

1) Le schéma de Geinitz (fig. 10A) montre un degré de division supérieur du lobe basal catadrome, or *Sphenopteris sewardii*, comme l'échantillon d'Alvarez Ramis et *al.*, se caractérise par un plus grand développement du lobe basal anadrome.

2) La vue d'ensemble de Geinitz ne signale pas de réduction des pinnules basales catadromes, or celle-ci est très nette sur les échantillons lorrains.

Ces faits permettraient éventuellement de distinguer les deux espèces. Mais Geinitz place dans sa liste de synonymie de *Sph. gutbieriana* (1855, p. 15) une figuration de Gutbier non déterminée (pl. IV, fig. 13, 13A) qui montre un développement préférentiel des lobes basaux anadromes et des pinnules basales catadromes plus ou moins anormales. Dans ces conditions, il est bien difficile de se faire une quelconque opinion. A mon avis, il n'est pas exclu qu'il faille par la suite envisager la synonymie de *Sph. gutbieriana* et *Sph. sewardii* mais le problème ne sera résolu que si on retrouve un jour le type de Geinitz.

Les données stratigraphiques semblent d'ailleurs abonder dans ce sens puisque les échantillons de Gutbier, Geinitz et Kidston proviennent de niveaux à peu près équivalents : Westphalien D. Cette synonymie éventuelle pourrait expliquer que l'échantillon-type de *Sph. sewardii* soit resté l'unique spécimen rapporté à l'espèce pendant plus de cinquante ans.

Car en effet, l'échantillon que figure Danzé (1956, p. 496, pl. LXXXII, fig. 2) n'a aucun point commun avec le matériel décrit ici, ni même avec le type de Kidston. Je ne l'ai pas retrouvé mais sa reproduction photographique est suffisamment nette pour permettre de constater que les lobes sont beaucoup plus courts et surtout tronqués à leur sommet. Cet échantillon n'est pas très éloigné de certaines formes d'*Urnapteris herbacea* (Boulay).

Je ne pense pas que l'échantillon décrit par R.H. Wagner (1971b, pl. 488, pl. 10, fig. 3, 3a) sous le nom de *Sphenopteris cf. sewardii* doive être rapporté à l'espèce de Kidston. R.H. Wagner faisait remarquer que les lobes de ce petit spécimen sont beaucoup moins échancrés et pointus que sur l'holotype de Kidston et je partage tout à fait cette opinion. Le rachis ailé marqué d'un profond sillon et l'aspect des pinnules évoquent davantage les extrémités des plumes de "*Discopteris*" *opulenta*. R.H. Wagner envisageait d'ailleurs cette attribution.

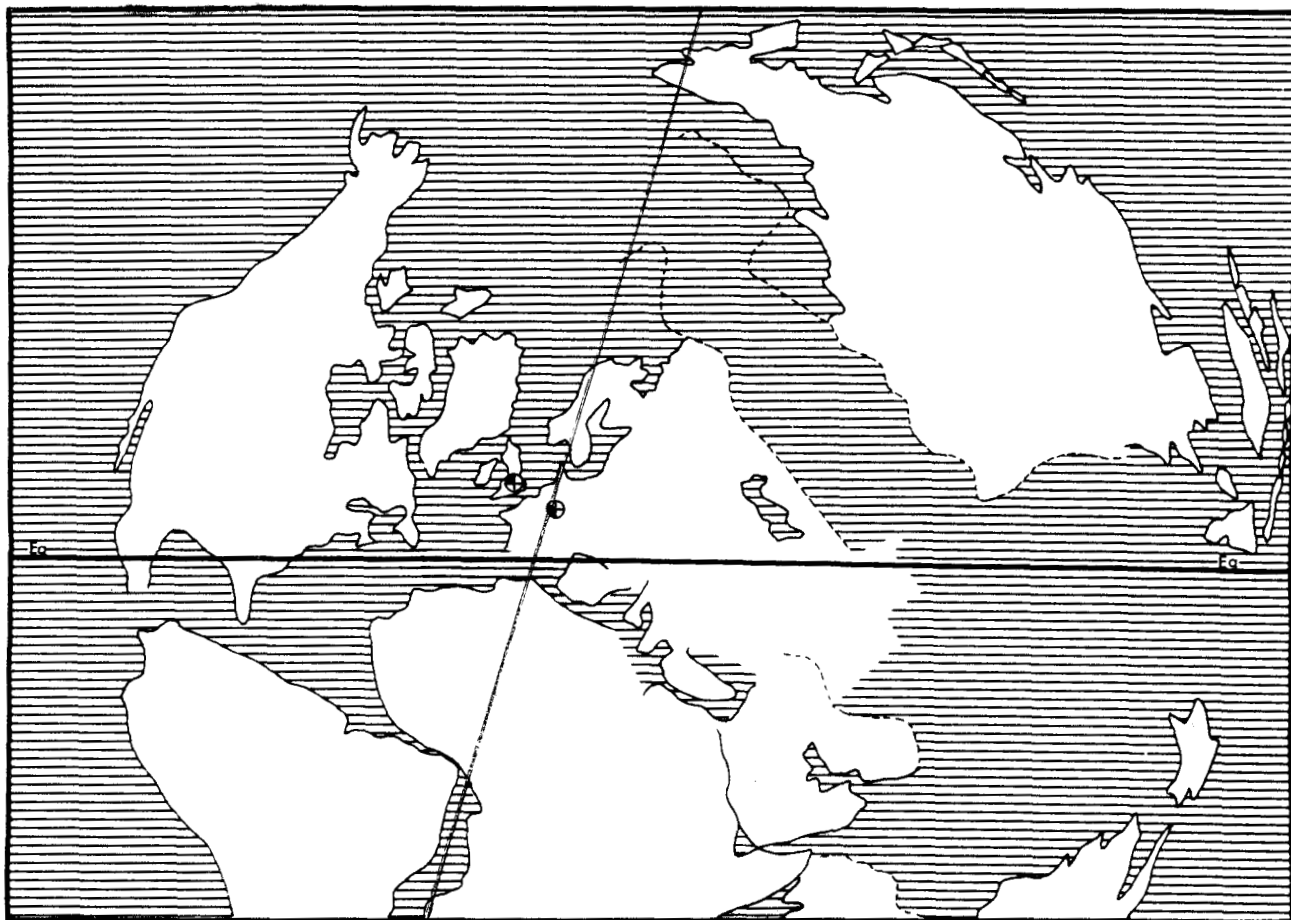
Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

- Niveau stratigraphique le plus élevé dans lequel l'espèce a été rencontrée :
 - Sondage de Stocken à 899,40 et 899,41 m, faisceau de Laudrefang, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437601-437602).
- Niveau stratigraphique le plus bas dans lequel l'espèce a été récoltée :
 - Siège de Ste-Fontaine, veine 0, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437604).
- Autres gisements :
 - Groupe de Friedrichstahl, veine 13, juste sous T300, 1/3 moyen du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Groupe d'Hélène, veine 6 des couches de Sulzbach, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck, n° C/2628, éch. figuré par Alvarez Ramis et *al.* 1978, pl. 9, fig. 3).
 - Groupe de Jägersfreude, veine 17, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).
 - Sondage de Ste-Fontaine 3 à 863,18 m, pour information T300 à 1039,87 m, 1/3 supérieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C moyen (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437603).
 - Siège de St-Ingbert, veine 12 Sud, sommet du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. Haas n° 639 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437605).

Sphenopteris sewardii n'est donc pas très abondant dans le bassin sarro-lorrain mais sa répartition y est très vaste : elle couvre toute l'épaisseur du Westphalien C et la base du Westphalien D. Compte tenu du petit nombre d'échantillons, on ne peut parler de zone d'abondance mais il semblerait que l'espèce soit plus fréquente entre les tonsteins T400 et T300. Le dernier échantillon de la liste, récolté dans le Westphalien B supérieur, n'a été rapporté qu'avec réserves à l'espèce.

Le type de Kidston provient des Radstockian series du Somerset auxquelles on attribue un âge Westphalien D supérieur.

Répartition générale :



Texte-fig. 114 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris sewardii* Kidston.

SPHENOPTERIS SELBYENSIS Kidston

Planche 98, fig. 1

Holotype :

- . Echantillon figuré par Kidston 1923, pl. XXIX, fig. 1, 1a
- . Origine : Angleterre, *Selby Bore*, Selby, Yorkshire, au toit du Thick Coal, Westphalian series = Westphalien A supérieur ou B inférieur
- . Collection : Institute of Geological Sciences de Londres, n° 30711.

- v. 1923 *Sphenopteris selbyensis* Kidston, p. 130, pl. XXIX, fig. 1, la
? 1941 *Sphenopteris selbyensis*, Gothan, p. 34, pl. 59, fig. 2

Diagnose :

- Fronde d'organisation au moins quadripinnatifide.
- Feuillage stérile : rachis flexueux, ornés de fines ponctuations, faisant entre eux des angles proches de 90° ; rachis d'ordre n largement ailés ; ceux d'ordres n-1 et n-2 ailés seulement à leurs extrémités ;
pennes d'ordre n-1 lancéolées, contiguës ; pennes d'ordre n triangulaires, courtes, non recouvrantes ;
pinnules oblongues, conservant une largeur constante sur une grande partie de leur longueur, très contractées à la base ; pinnules catadromes moins développées que leurs équivalentes anadromes ; lobes des pinnules basales arrondis, parfois tronqués au sommet ; lobes des pinnules sommitales beaucoup plus pointus ; sommet des pinnules souvent bifide ;
nervation constituée d'une nervure médiane flexueuse, se divisant en nervules simples ou dichotomes de façon à irriguer chaque indentation du limbe.

Description :

1) Organisation de la fronde :

En dépit de sa petite taille, l'échantillon conservé en empreinte et contre-empreinte se compose d'un rachis large (2,2 mm) portant deux bases de pennes d'ordre n-2. L'organisation de la fronde est donc au moins quadripinnatifide ; sa construction est catadrome au niveau des pennes d'ordres n et n-1. On n'observe pas d'aphlébies.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis d'ordres n-1, n-2 et n-3 devaient être très souples ou légèrement flexueux. Ils sont presque toujours ronds et ne deviennent ailés qu'à leur extrémité ; les rachis de dernier ordre sont au contraire rendus très largement ailés du fait de la forte décurrence des pinnules. Une légère striation longitudinale et de fines ponctuations ornent les rachis d'ordres antérieurs à n. Les différentes insertions se font selon des angles proches de 90°.

b.- pennes :

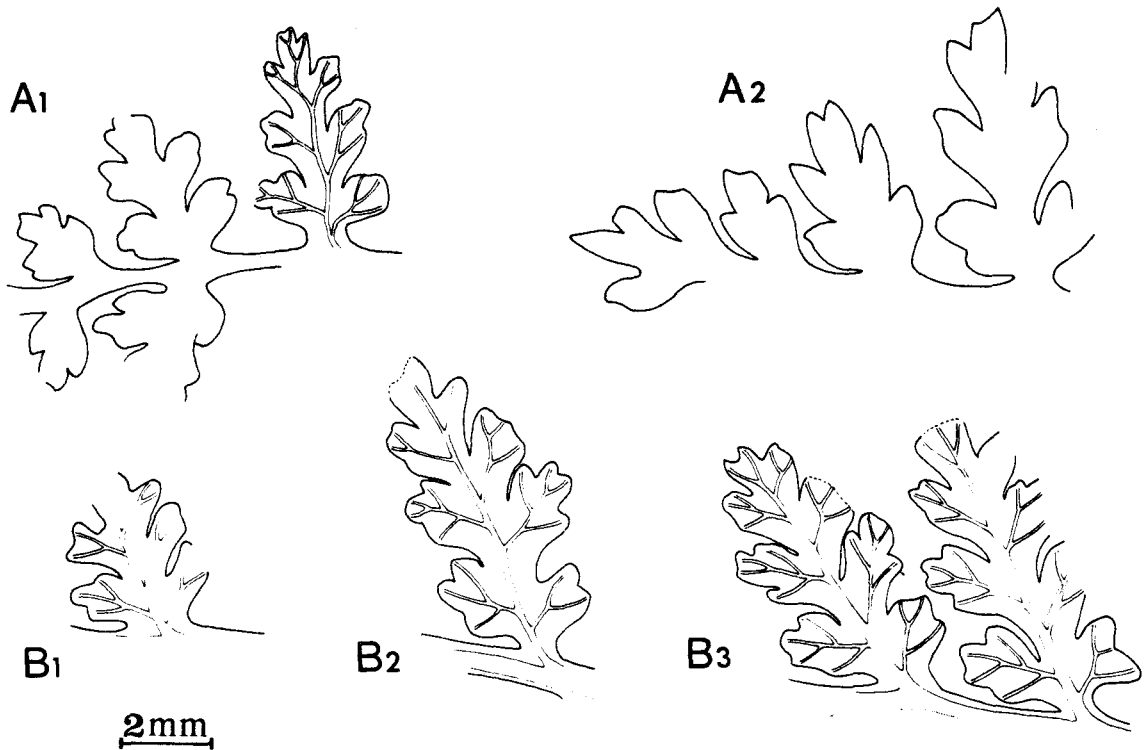
Les pennes basales des pennes d'ordre n-1 apparaissent beaucoup moins développées que les suivantes aussi la largeur maximale des pennes d'ordre n-1 se situe-t-elle à peu près au 1/3 proximal de leur longueur. Les petites pennes de dernier ordre sont symétriques sauf à la base, la pinnule catadrome étant souvent moins développée que son équivalente anadrome.

c.- pinnules :

Les premières étapes de la différenciation limbair sont illustrées par la texte-fig. 115, B2 qui représente une petite penna de dernier ordre. Le contour des pinnules est anguleux, géométrique car les lobes se marquent essentiellement par de brutales ondulations des bords du limbe. Les pinnules apicales se caractérisent cependant par des lobes mieux échancrés et plus pointus (texte-fig. 115, A1, B3).

d.- nervation :

La nervation n'est guère apparente : on observe très localement quelques nervules secondaires simples irriguant les différentes indentations du limbe.



Texte-fig. 115 - Quelques aspects du limbe stérile de *Sphenopteris selbyensis* Kidston.
A1-A2 - Dessins réalisés d'après les figures originales de Kidston, 1923, pl. XXIX, fig. 1, 1a.
B1-B3 - Quelques fragments de l'échantillon lorrain figuré en 1, pl. 98.

Remarques et discussion :

Le degré de différenciation de l'échantillon lorrain est un tout petit peu plus élevé que celui de l'holotype de Kidston, mais lui est parfaitement conforme : les différents segments sont dans les mêmes rapports de taille, la morphologie limbaire est identique.

Dans sa description, Kidston signale une certaine dissymétrie des pennes due au plus faible développement des éléments catadromes mais elle n'est guère apparente sur l'holotype, sauf à la base des pennes. D'ailleurs la comparaison des divers dessins de la texte-fig. 115 suffit à vérifier l'exactitude de la détermination, les dessins A1-A2 en ayant été réalisés d'après l'holotype.

Kidston est amené à comparer sa nouvelle espèce avec les échantillons qu'il attribue à *Renaultia gracilis* (Brongniart). J'ai déjà exposé p. 139. les raisons pour lesquelles je considère ces derniers comme représentatifs de *Renaultia crepinii* (Stur) et il est certain que c'est avec cette espèce que *Sph. selbyensis* présente le plus d'affinités. Mais d'après le lectotype de Stur (1885, pl. XLI, fig. 5), les lobes de *Renaultia crepinii* sont beaucoup plus aigus et surtout les segments, pour un même degré de différenciation, sont nettement plus petits. En outre, on ne retrouve pas chez *Renaultia crepinii* cet aspect "carré" qui d'après Kidston caractérise *Sph. selbyensis* et que j'ai décrit sous les termes d'anguleux et géométrique.

Aucune autre espèce sphénoptéridienne ne risque d'être confondue avec *Sph. selbyensis* et je ne pense pas qu'il faille retenir la comparaison proposée par Gothan avec *Sturia amoena* (Stur) dont le limbe est beaucoup plus découpé. D'ailleurs l'échantillon figuré par Gothan est assez éloigné du type de Kidston : les petites pennes de dernier ordre (1941, pl. 59, fig. 2) sont nettement triangulaires, leur largeur diminuant très progressivement de la base au sommet. Or, Kidston considère comme une caractéristique de *Sph. sel-*

byensis le fait que les pinnules évoluées conservent une largeur constante sur une grande partie de leur longueur (v. diagnose).

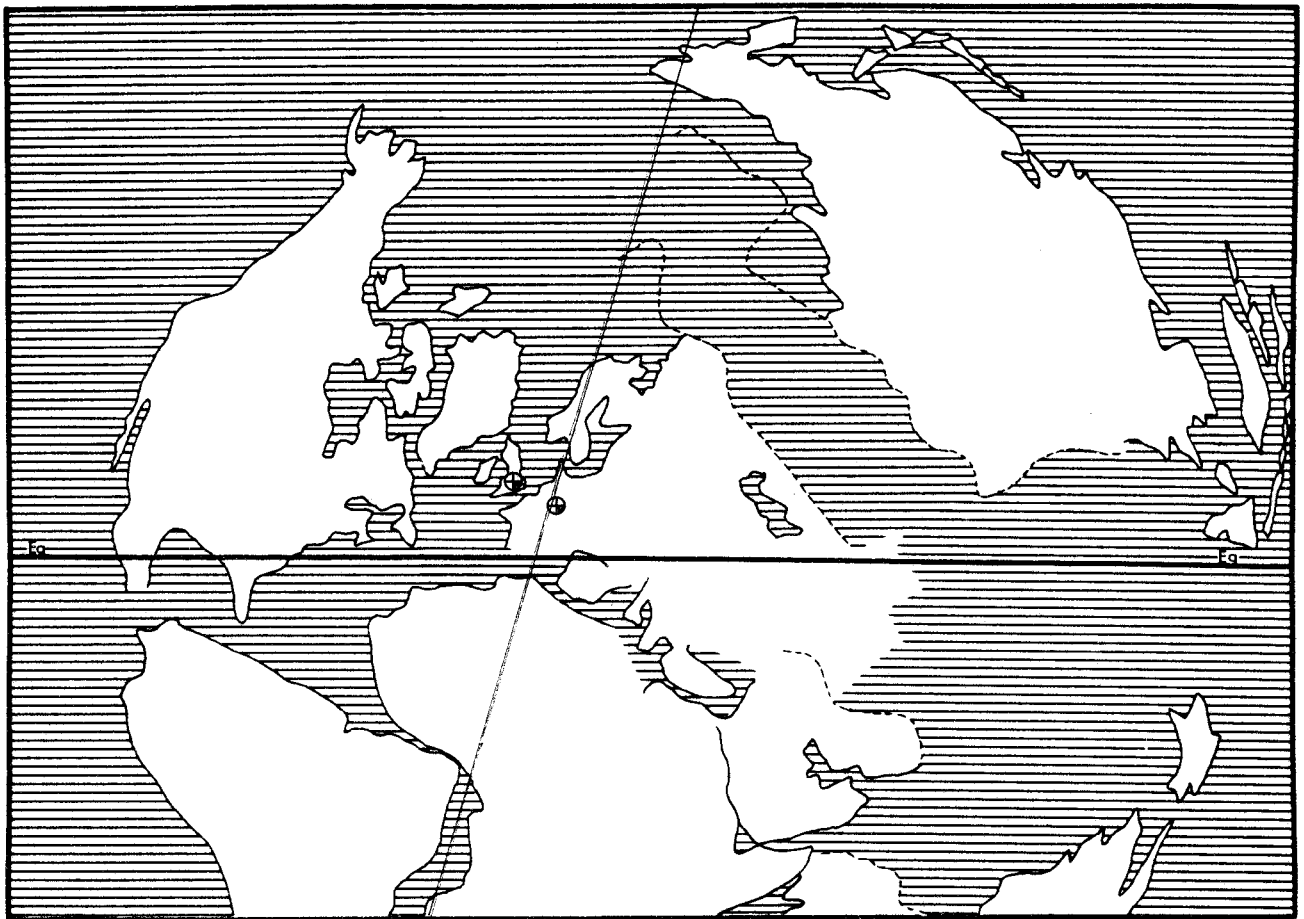
J'ai rejeté de la liste synonymique de l'espèce les échantillons décrits par Danzé (1956, pl. LXXIX, fig. 2-3b) sous le nom de *Sphenopteris* cf. *selbyensis* car leurs ressemblances avec le type de Kidston sont encore plus minimes bien qu'ils proviennent de niveaux équivalents.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Un seul échantillon conservé en empreinte et contre-empreinte provenant du sondage de *Hombourg 2/5* où il a été récolté à 954,18 et 954,19 m, sous T600, au sommet du faisceau de Rothell, Westphalien B supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 437501-437502).

L'holotype a été recueilli dans le Yorkshire au toit du Barnsley Coal auquel Jonsgmans (1940, p. 155) attribue un âge Westphalien B inférieur.

Répartition générale :



Texte-fig. 116 - Distribution géographique et répartition stratigraphique de *Sphenopteris selbyensis* Kidston.

SPHENOPTERIS (DISCOPTERIS ?) sp. A

Planche 98, fig. 2

Description :

1) Organisation de la fronde :

L'échantillon se compose de plusieurs fragments dispersés à la surface du schiste (pl. 98, fig. 2) dont le plus complet est constitué d'un rachis d'ordre n-1, conservé sur un centimètre, sur lequel sont insérées quelques pennes (pl. 98, fig. 2a). Devaient être attachées au même rachis les quelques pennes d'ordre n-1 situées un peu plus bas et dont on n'observe que les extrémités. L'organisation de la fronde est par conséquent au moins tripinnatifide ; sa construction est catadrome. On constate, en outre, au niveau de l'insertion sur le rachis principal, une profonde transformation des éléments basaux catadromes en segments aphyllés laciniés, la taille des aphyllés étant très supérieure à celle des segments normaux.

2) Feuillage stérile :

Les pinnules de petite taille, très espacées, lui donnent un aspect très aéré.

a.- rachis :

La matière charbonneuse a disparu au niveau des rachis mais le schiste a conservé l'empreinte d'une fine striation longitudinale. Les rachis souples, ronds et très étroits, ne sont ailés qu'à leur extrémité. Les angles d'insertion normaux ne sont appréciables que pour quelques rachis de dernier ordre : ils sont voisins de 60°.

b.- pennes :

Les pennes, non recouvrantes, sont triangulaires et étroites et leur degré de différenciation augmente très progressivement.

c.- pinnules :

Elles se caractérisent par leur aspect plutôt "raide" et très échanuré. La texte-fig. 117 illustre les premières étapes de leur différenciation. On constate qu'elles se composent de lobes effilés et aigus et que leurs bords anadrome et catadrome restent parallèles sur presque toute leur hauteur. Ce n'est qu'à leur base que le lobe anadrome se contracte fortement et que le bord catadrome devient très décurrent. Les pinnules évoluées sont rendues dissymétriques par le plus faible développement des lobes catadromes dont le limbe est réduit et le degré de différenciation moindre. L'élément basal catadrome prend l'allure d'un ergot simple sur les pinnules évoluées (texte-fig. 117, 4). L'équivalent à la base des pennes de dernier ordre est une petite pinnule dressée bifide (texte-fig. 117, 3). Ces transformations en éléments plus ou moins aphyllés ne se produisent par conséquent qu'à partir d'un certain degré de différenciation et ne sont visibles sur notre échantillon qu'à la base des pennes de dernier ordre très évoluées.

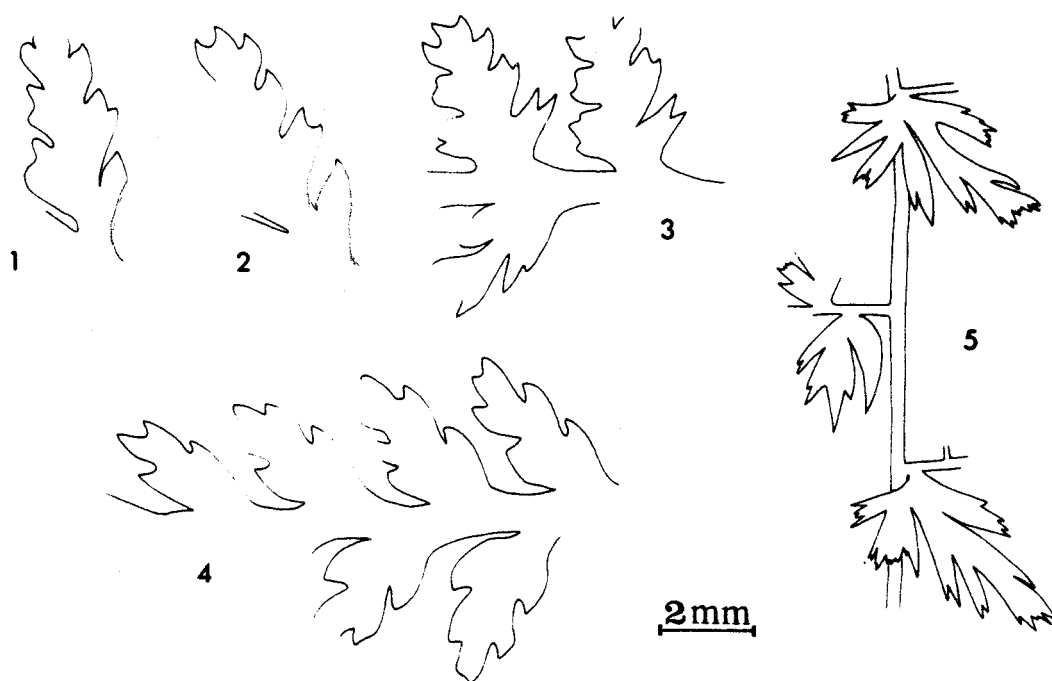
d.- nervation :

La nervation n'est pas apparente.

Remarques et discussion :

Certains aspects de cet échantillon rappellent les formes stériles du genre *Discopteris* : dissymétrie des pinnules avec réduction des éléments catadromes ; lobe basal catadrome plus ou moins transformé en ergot ; aphyllés laciniés remplaçant les segments catadromes des pennes ayant atteint un degré de différenciation assez élevé.

Mais en fait, aucune espèce du genre *Discopteris* ne correspond vraiment à la description de notre spécimen. L'espèce la plus proche est certainement *Discopteris karwi-*



Texte-fig. 117 - Quelques aspects du limbe stérile de l'échantillon décrit sous le nom de *Sphenopteris* (*Discopteris* ?) sp. A, figuré en 2, pl. 98.

1-3 - Pinnules plus ou moins évoluées.

4 - Petites pennes de dernier ordre.

5 - Aphlébies catadromes.

nensis Stur dont je reproduis ici quelques uns des types (pl. 75, fig. 2, 2a ; pl. 76, fig. 7, 7a) conservés au Geologische Bundesanstalt de Vienne. Il est curieux de constater, qu'au coefficient de taille près, l'allure de leurs pinnules est très semblable à celle des pinnules de l'échantillon lorrain : le mode de différenciation du limbe est presque identique, on y retrouve les mêmes différences entre côtés catadrome et anadrome et les aphlébies sont de même type. Mais les dimensions, pour des segments équivalents, sont beaucoup plus importantes chez *Discopteris karwinensis*. En outre, cette espèce n'est connue d'après Pfefferkorn (1978, p. 175) que dans des niveaux d'âge Namurien C ?, Westphalien A ou B. Or le spécimen a été récolté sur le terris de *la Houve* où sont déversés en principe des stériles d'âge Westphalien D supérieur ou provenant des niveaux inférieurs du Stéphanien. La présence à la surface du schiste d'un petit fragment de *Sphenophyllum oblongifolium* Germar et Kaulfuss et d'une pinnule d'un *Reticulopteris* sp. (*germari* Giebel ?) indique un âge Stéphanien. C'est d'ailleurs ce que laissait supposer la teinte du schiste, d'un gris très clair, qui est généralement celle des sédiments du Stéphanien de Lorraine.

Compte tenu des données stratigraphiques, il ne paraît pas raisonnable d'envisager que ce spécimen représente une forme "rabougrie" de *Discopteris karwinensis* Stur. Et comme aucune autre espèce sphénoptéridienne ne répond à sa description, il est laissé en nomenclature ouverte.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Un seul échantillon provenant du terris de *la Houve*, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439900).

SPHENOPTERIS (DISCOPTERIS ?) sp. B

Planche 98, fig. 3

Description :

Il s'agit d'un échantillon conservé au Saarbergwerke de Sarrebruck dont je n'ai pas trouvé d'équivalent dans nos collections.

1) Organisation de la fronde :

Il se compose de deux fragments sub-parallèles de pennes d'ordre n-1 (ou n-2 ?), probablement insérées sur un même rachis et dont l'une est un peu plus différenciée. L'organisation de la fronde est donc au moins tri- (ou quadri-) pinnatifide ; sa construction est catadrome. On observe une transformation des segments catadromes en éléments aphyloïdes à la base des pennes d'ordre n-1. Ces modifications sont d'autant plus intenses que le degré de différenciation des pennes correspondantes augmente.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis d'ordres n et n-1 apparaissent largement ailés alors que ceux d'ordre n-2 sont ronds, assez larges (1-1,5 mm) et couverts d'une fine striation longitudinale.

b.- pennes :

Sur un échantillon aussi incomplet, il est très difficile d'apprécier le moment où s'effectue le passage des pinnules très évoluées aux pennes de dernier ordre. J'ai attribué valeur de petites pennes aux segments les mieux conservés, composés de trois ou quatre pinnules ayant déjà bien amorcé leur différenciation. Les sinus qui séparent les pinnules étant très étroits, les petites pennes ont un contour relativement entier avec un sommet largement arrondi.

Il n'est pas possible de préciser la forme des pennes d'ordres antérieurs.

c.- pinnules :

La nature de l'échantillon ne permet pas de reconstituer le mode de différenciation limbale.

d.- nervation :

La nervation très bien visible est constituée d'une nervure médiane assez large, légèrement décurrente à la base, qui envoie vers chaque lobe une nervule simple.

Remarques et discussion :

La présence d'éléments aphyloïdes résultant de la transformation plus ou moins prononcée des segments basaux catadromes rapproche cet échantillon de certaines formes stériles de *Discopteris* ; mais il ne correspond à aucune espèce connue de ce genre ni à aucune autre forme sphénoptéridienne. Je l'ai donc laissé en nomenclature ouverte compte tenu de son état très fragmentaire. Il était intéressant de le figurer étant donné que c'est la première fois qu'une forme pouvant s'apparenter au genre *Discopteris* est signalée aussi haut dans le bassin de Sarre-Lorraine (niveaux inférieurs du Stéphanien).

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Un seul échantillon provenant de la veine Wahlschied du groupe de *Schäfer-Riegelsberg*, couches d'Ottweiler inférieures, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. du Saarbergwerke de Sarrebruck).

SPHENOPTERIS (DISCOPTERIS ?) sp. C

Planche 98, fig. 4

Description :

1) Organisation de la fronde :

L'échantillon se compose d'un rachis principal assez large (4,75 mm) conservé sur 45 mm sur lequel sont insérés deux fragments de pennes dont le plus différencié peut être considéré comme représentant l'ordre n-2. La fronde correspondante était par conséquent au moins quadripinnatifide ; sa construction apparaît catadrome.

On observe en outre au niveau de l'insertion sur le rachis d'ordre n-3 la présence de deux ahlébies laciniées de grande taille (pl. 98, fig. 4). Le point d'attache des ahlébies catadromes n'est malheureusement pas conservé. Il en est de même des éléments basaux catadromes des pennes venant de passer au rang n-1. Un seul de ces éléments est visible mais très incomplet ; il est aussi transformé en une petite ahlébie laciniée.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Le rachis d'ordre n-3 et les deux rachis d'ordre n-2, larges eux aussi (2,2 mm) sont ornés d'une fine striation longitudinale mais dépourvus de ponctuations. Les rachis d'ordre n-1, très légèrement flexueux et relativement étroits, sont ronds à la base et ailés à leur sommet.

b.- pennes :

Aucune penne d'ordre n-1 n'est conservée sur toute sa longueur. Elles apparaissent néanmoins triangulaires, très allongées et contiguës.

c.- pinnules :

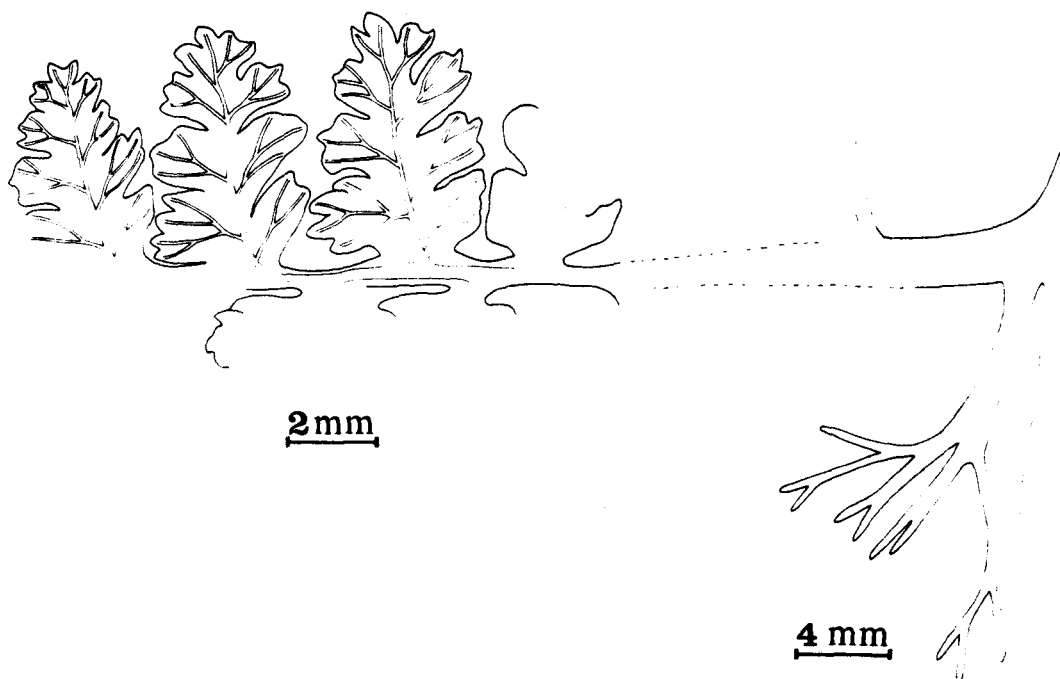
La texte-fig. 118 représente un fragment de penne d'ordre n-1 et montre trois pennes de dernier ordre peu différenciées. Les toutes premières étapes de la différenciation limbale y sont illustrées. Comme chez beaucoup d'espèces sphénoptéridiennes, l'élément basal catadrome est un peu moins développé que son équivalent anadrome mais ne montre pas de transformation particulière. Les lobes des pinnules peu évoluées sont bien marqués et relativement pointus dans la région apicale des pennes mais ont tendance à devenir mous-ses chez les pinnules basales.

d.- nervation :

Elle est fine mais bien visible et constituée d'une nervure médiane non décurren-te, légèrement sinueuse, qui émet vers chaque lobe une ramification simple.

Remarques et discussion :

Le mode de différenciation de ces échantillons ressemble beaucoup à celui de *Renaultia footneri* (Marrat) : il suffit de comparer la texte-fig. 118 avec les dessins proposés par Kidston du lectotype (1923, pl. XXIV, fig. 1a, 1b, repris ici en A1, A3, texte-fig. 41). La taille respective des pinnules est comparable, les lobes apicaux sont aussi aigus, la nervation est identique. J'avais envisagé pendant un moment d'attribuer l'échantillon à cette espèce. Mais aucune description antérieure de *R. footneri* ne fait allusion à la présence d'ahlébies et les rachis des échantillons déjà figurés n'atteignent jamais des tailles aussi importantes que sur notre spécimen. Par exemple, le grand spécimen figuré par Kidston (1923, pl. XXIV, fig. 2) est constitué d'un rachis d'ordre n-2 flexueux dont la largeur n'excède pas 1,7 mm et qui porte plusieurs pennes d'ordre n-1 pourtant plus différenciées que sur notre échantillon mais dépourvues d'ahlébies. L'attribution à *R. footneri* n'était donc pas très satisfaisante.



Texte-fig. 118 - Aspect du limbe stérile de l'échantillon décrit sous le nom de *Sphenopteris* (*Discopteris* ?) sp. C, figuré en 4, pl. 98.

Ce spécimen ressemble aussi par certains aspects à l'échantillon que j'ai décrit sous le nom de *Sph. (Discopteris ?) sp. B* (voir p. 374). La forme générale des petites pen- nes de dernier ordre est assez comparable mais les lobes semblent ici plus aigus, plus échan- crés et les ahlébies à la base des pennes d'ordre n-1 moins opulentes. En fait les deux échantillons sont beaucoup trop fragmentaires pour qu'un lien éventuel puisse être établi.

Les données stratigraphiques n'autorisent pas non plus qu'on les rapproche sur ces seules informations car l'un a été récolté dans les niveaux inférieurs du Stéphanien (veine Wahlschied), l'autre à la base du Westphalien C supérieur.

Il était donc encore préférable de laisser cet échantillon en nomenclature ou- verte en soulignant simplement ses quelques ressemblances avec les formes stériles du genre *Discopteris*, comme pour les deux spécimens précédents.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Un seul échantillon conservé en empreinte et contre-empreinte provenant du son- dage du *Champ de tir* et récolté à 1204,05 m, soit dans le 1/3 inférieur du stérile de Geis- heck, base du Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439921- 439922).

SPHENOPTERIS sp. D

Planche 98, fig. 5

Description :

1) Organisation de la fronde :

Les deux échantillons représentent des fragments de pennes d'ordre n-2 au limbe particulièrement filiforme et gracile. Sur l'un d'eux on observe en outre quelques pennes de dernier ordre non connectées. L'organisation de la fronde est donc au moins tripinnatifide. Sa construction est très nettement catadrome au niveau des pinnules et des pennes de dernier ordre.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis d'ordres n-1 et n-2 sont ronds et finement striés longitudinalement, ils font entre eux des angles de 70 à 80°. L'inclinaison des pennes de dernier ordre est un peu plus forte ; les angles d'insertion ne font que 60°.

b.- pennes :

Les pennes sont triangulaires et légèrement recouvrantes.

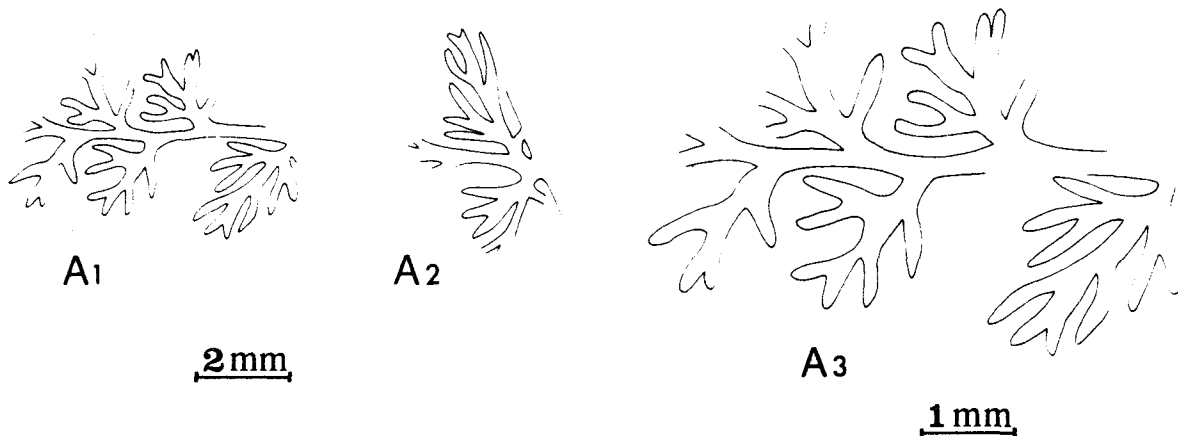
c.- pinnules :

Les pinnules se caractérisent par la délicatesse de leur limbe filiforme très digité et leur taille extrêmement réduite. Leur mode de différenciation est illustré par la texte-fig. 119 : on constate que les divisions s'effectuent très rapidement et que la croissance apicale prédomine nettement. Les lobes rubanés, très étroits, s'individualisent alternativement de part et d'autre du sommet de la pinnule. L'incision du lobe basal anadrome est contemporaine de la formation du second lobe anadrome. Dès ce stade une dissymétrie apparaît entre les deux côtés de la pinnule dont la partie catadrome présente un léger retard de différenciation. On peut considérer que le maximum de différenciation de la pinnule correspond à l'apparition de la troisième paire de lobes : elle passe au rang de penne. A ce stade, les éléments des deux paires basales sont divisés, la pinnule anadrome est tripartite, la pinnule catadrome correspondante bipartite. La petite penne mesure au maximum 3 mm en longueur.

L'une des caractéristiques essentielles du limbe de ces deux spécimens est l'écartement relatif des lobes, plus marqués encore côté catadrome.

d.- nervation :

La nervation n'est visible sur aucun des deux échantillons.



Texte-fig. 119 - Morphologie du limbe particulièrement gracile et aéré de l'échantillon décrit sous le nom de *Sphenopteris* sp. D, figuré en 5, pl. 98.

Remarques et discussion :

Au coefficient de taille près, le mode de différenciation limbaire de ces deux spécimens n'est pas très éloigné de celui de *Zeillera frenzlii* (Stur) ou de *Crossotheca schatzlarensis* (Stur) mais il ne peut être question de les rapporter à l'une ou l'autre de ces deux espèces :

- pour un même degré de division, les pinnules de *Zeillera frenzlii* (Stur, 1885, pl. XXVII, fig. 3) sont trois fois plus longues ;
- les pinnules de *Crossotheca schatzlarensis* (Stur, 1885, pl. XXXVIII, fig. 1) également plus longues possèdent un limbe beaucoup moins fourni avec des lobes plus aigus et proportionnellement moins longs.

Aucune autre espèce sphénoptéridienne ne correspond à ces échantillons, trop fragmentaires malheureusement pour autoriser la création d'un taxon nouveau. Ils sont néanmoins figurés pour information.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Les deux échantillons proviennent :

- du sondage de *Ste-Fontaine 4* à 698,75-698,77 m, 1/3 moyen du stérile de Geisheck, Westphalien C supérieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439932-439934),
- du sondage de *Stocken* à 998,60 m, base du conglomérat de Merlebach, Westphalien D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439931).

SPHENOPTERIS sp. E

Planche 99, fig. 1-2

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le plus complet des deux échantillons se compose d'un rachis assez large (3 mm) sur lequel sont insérées trois pennes d'ordre n-1 incomplètes, sur le point de passer à l'ordre antérieur. L'organisation de la fronde est par conséquent au moins tri- (ou quadri-) pinnatifide. Sa construction est catadrome et on n'observe aucune modification limbaire au niveau des différentes insertions.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Les rachis d'ordres antérieurs à n sont ronds, finement striés longitudinalement, ceux d'ordre n apparaissent légèrement ailés. L'insertion des pennes de dernier ordre se fait selon un angle compris entre 70 et 85°.

b.- pennes :

Les pennes de dernier ordre (ou d'ordre n-1) sont triangulaires, allongées, contiguës ou légèrement recouvrantes.

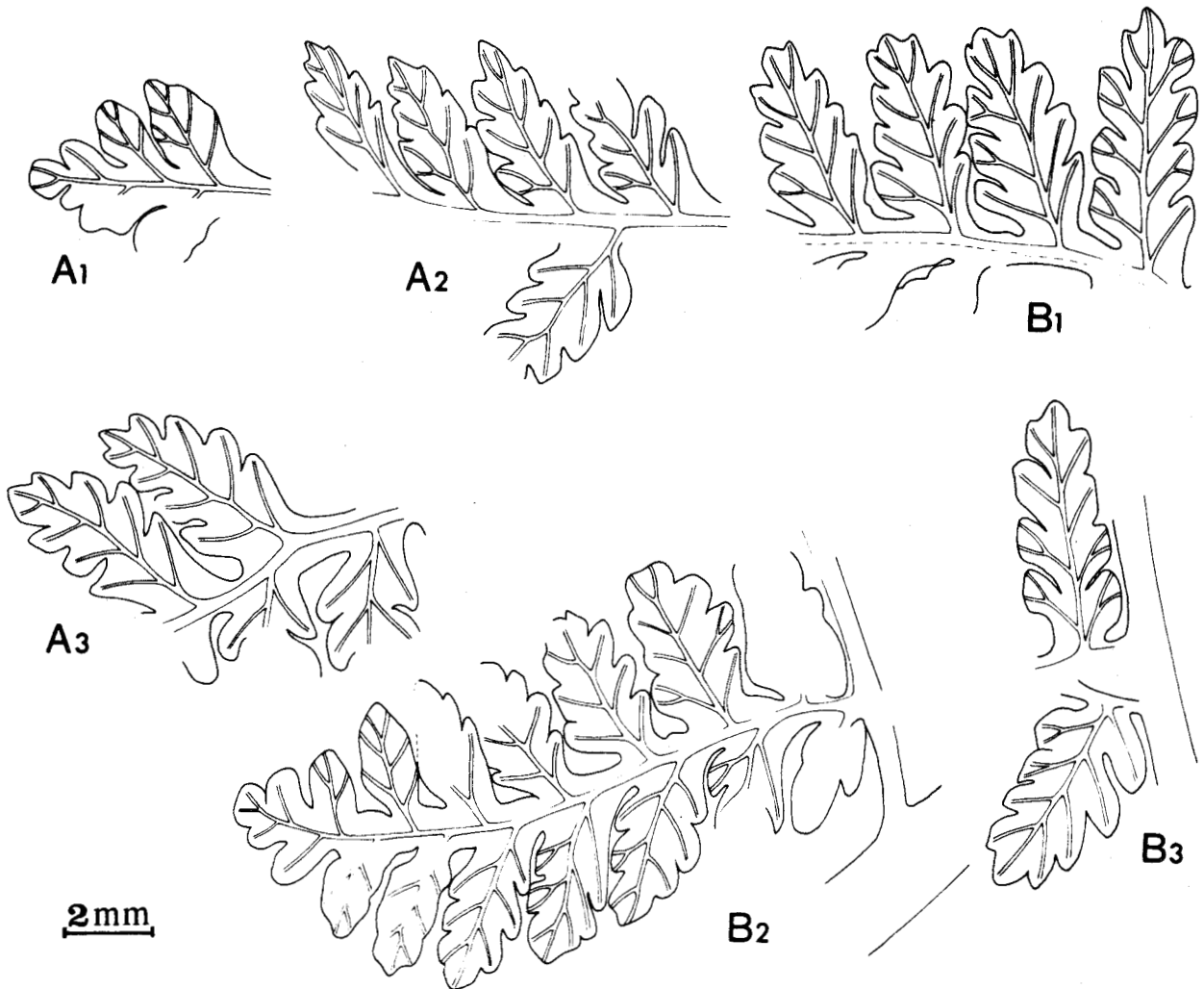
c.- pinnules :

Les pinnules évoluées sont opulentes, décurrentes et régulièrement

divisées en lobes tronqués au sommet et séparés par des sinus très étroits. Les dessins de la texte-fig. 120 illustrent les étapes successives de la différenciation limbairé et donnent un aperçu de l'allure générale du feuillage. Au sommet des pennes, les pinnules inclinées de 60° ont un aspect pécoptéridien et sont insérées par toute leur base. Les pinnules plus évoluées se redressent sur le rachis et montrent un bord anadrome de plus en plus contracté et un bord catadrome toujours décurrent. L'opulence et le degré de division du limbe sont identiques de part et d'autre de la nervure médiane et on ne constate de réduction limbairé des éléments catadromes qu'à la base des pennes les plus évoluées.

d.- nervation :

La nervation est fine mais toujours très visible. Elle est constituée d'une nervure médiane presque rectiligne, non décurrente, envoyant vers chaque lobe une nervule le plus souvent simple, exceptionnellement dichotome.



Texte-fig. 120 - Différenciation et morphologie limbaires de deux échantillons décrits sous le nom de *Sphenopteris* sp. E.

A1-A3 - d'après l'échantillon figuré en 1, pl. 99.

B1-B3 - d'après l'échantillon figuré en 2, pl. 99.

Remarques et discussion :

Ces deux échantillons ont suscité de nombreuses réflexions du fait de leurs très fortes ressemblances avec certaines formes de *Pecopteris plumosa* Artis var. *acuta*. En effet, les extrémités des pennes dont les pinnules amorcent seulement leurs divisions et présentent une insertion pécoptéridienne ne sont pas très éloignées de certaines figures de P. Corsin (1951a, pl. CX-CXI). Les similitudes sont encore plus fortes quand on compare les échantillons lorrains aux spécimens de *P. plumosa* montrant la transformation progressive des pinnules en petites pennes de dernier ordre. Et j'avais envisagé de les rapporter à l'espèce d'Artis.

Mais plusieurs points de différences rendent cette assimilation non satisfaisante. Sur nos échantillons en effet :

- les pinnules sont généralement moins inclinées sur le rachis que chez la plupart des formes de *P. plumosa* et la base des pinnules évoluées est aussi plus contractée ;

- chaque lobe est irrigué le plus souvent par une nervule simple. Or chez *P. plumosa*, les nervures secondaires sont fréquemment divisées avant même que le bord des pinnules ait amorcé sa lobation (P. Corsin, 1951a, pl. CXI, fig. 2a).

En outre, l'un des deux spécimens présente très localement un état de préfructification avec quelques petites dépressions circulaires situées sur le trajet des nervules et correspondant vraisemblablement à l'emplacement des futures fructifications. Cette disposition évoque davantage l'existence de sores composés de sporanges disposés de façon circulaire plutôt qu'une fructification de type *Senftenbergia*.

Ces constatations m'ont conduite à rejeter l'assimilation de ce matériel à *P. plumosa* en dépit des ressemblances indéniables et à le considérer comme une forme sphénoptéridienne. Mais à ma connaissance, aucune espèce de ce groupe ne possède les mêmes caractéristiques et je l'ai laissé en nomenclature ouverte compte tenu de son état très fragmentaire.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Les deux spécimens proviennent du groupe de *Griesborn* où ont été exploités les niveaux inférieurs du Stéphanien et le Westphalien D supérieur (Coll. Haas n° 393, 395 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439941-439942).

SPHENOPTERIS sp. F

Planche 99, fig. 3-5

Description :

1) Organisation de la fronde :

Les deux échantillons les plus complets correspondent à des fragments de pennes d'ordre n-2 dont l'un est nettement plus différencié que l'autre. La fronde par conséquent est au moins tripinnatifide, sa construction est catadrome.

2) Feuillage stérile :

Il se caractérise par l'espacement des divers segments qui lui donne un aspect aéré.

a.- rachis :

Les rachis d'ordre n-2 ne sont visibles que très localement, le plus large mesurant 1,5 mm. Ils sont couverts d'une fine striation longitudinale et de ponctuations éparses assez fortes, correspondant à des bases d'appendices épineux. Les rachis d'ordres n et n-1 ne sont ailés qu'à leurs extrémités et ne portent aucune trace d'épines.

b.- pennes :

Aucune penne n'est vraiment complète aussi est-il impossible d'en préciser la forme. Plutôt rubanées, elles sont largement espacées les unes des autres et rendues dissymétriques à la base par le plus faible développement de la pinnule catadrome.

c.- pinnules :

Le matériel conservé dans un schiste assez grossier ne permet pas d'observer le contour exact du limbe partiellement enroulé dans la matrice. Les dessins de la texte-fig. 121 donnent un aperçu de la forme générale du feuillage. Les pinnules évoluées fortement contractées à la base apparaissent constituées de lobes assez irréguliers, plus opulents côté catadrome.

d.- nervation :

La nervation n'est pas très visible ; elle se compose d'une nervure médiane légèrement décurrenente et sinueuse qui émet vers chaque lobe une nervule simple ou dichotome.

Remarques et discussion :

Plusieurs échantillons portent une appellation manuscrite : *Sphenopteris howea* de P. Bertrand ; celui-ci envisageait donc de créer à leur intention un taxon nouveau.

Nos collections se sont depuis enrichies de trois échantillons malheureusement beaucoup plus fragmentaires qui n'apportent par conséquent aucune information complémentaire.

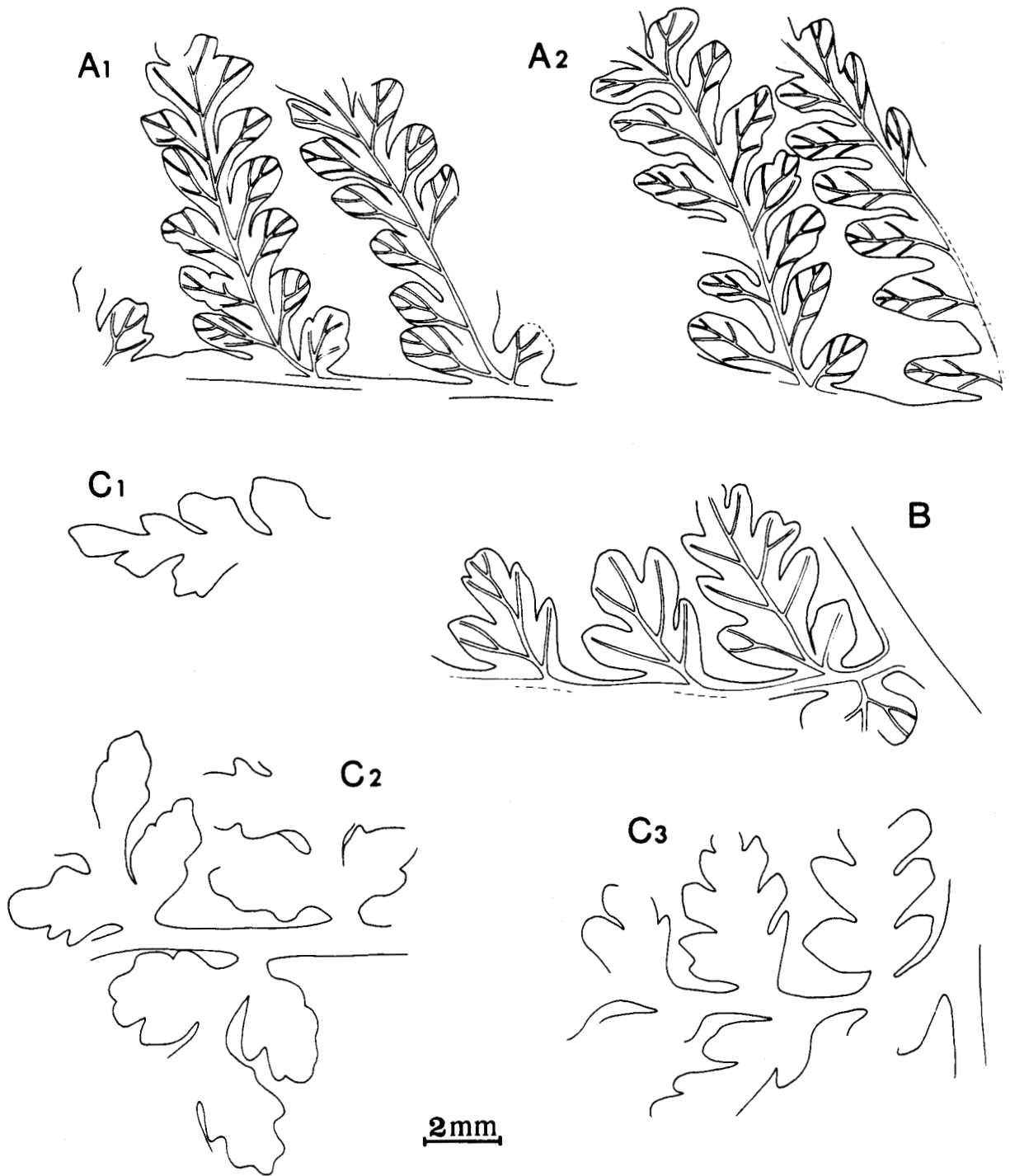
Par certains aspects ce matériel rappelle quelques formes d'*Eusphenopteris sauveurii* (Crépin) Simson-Scharold mal conservées mais son limbe est beaucoup moins découpé que sur les morphotypes très découpés de cette espèce. Et j'ai pu vérifier sur quelques beaux spécimens de nos collections que les rachis d'*Eusph. sauveurii* sont toujours dépourvus de ponctuations.

L'état de conservation des spécimens décrits fait qu'ils ressemblent à beaucoup d'espèces connues sans toutefois pouvoir être assimilés à aucune. Il n'autorise par non plus la création d'un taxon nouveau. P. Bertrand devait d'ailleurs en avoir jugé ainsi puisque jamais l'espèce *howea* n'a été publiée, le type d'étiquettes que portent les échantillons constituant en fait des prédéterminations servant de documents de travail. En attendant de nouvelles récoltes d'un matériel mieux conservé il était prudent de laisser ces quelques spécimens en nomenclature ouverte.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Les échantillons proviennent de trois gisements :

- Siège de *la Houve*, puits III, veine I, partie inférieure des couches d'Ottweiler, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439954-439955).
- Sondage de *Guerting* C3 à 614,63 et 614,64 m, dans les couches d'Ottweiler, juste au-dessous du conglomérat de Holz, niveaux inférieurs du Stéphanien (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439951-439952).
- Groupe de *Griesborn*, sans indication de profondeur (Coll. Haas n° 311 = Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439957).



Texte-fig. 121 - Quelques stades de différenciation des échantillons décrits sous le nom de *Sphenopteris* sp. F.

A1-A2 - d'après l'échantillon figuré en 4, pl. 99.

B - d'après l'échantillon figuré en 3, pl. 99.

C1-C3 - d'après l'échantillon figuré en 5, pl. 99.



SPHENOPTERIS sp. G

Planche 100, fig. 1

Description :

1) Organisation de la fronde :

L'échantillon se compose d'un fragment de rachis d'ordre n-2 portant trois bases de pennes. L'organisation de la fronde correspondante est au moins tripinnatifide, sa construction est catadrome.

2) Feuillage stérile :

a.- rachis :

Tous les rachis sont ailés et le sont d'autant plus que leur ordre est élevé ; celui d'ordre n-2 porte une fine striation longitudinale et de très rares et fines ponctuations. Les insertions se font selon un angle proche de 70°.

b.- pennes :

Les petites pennes de dernier ordre triangulaires à base large se recouvrent légèrement. Elles sont rendues dissymétriques par le décalage important qui existe entre l'importance et le degré de division des deux éléments basaux : la pinnule catadrome est réduite à un lobe aigu plus ou moins spiniforme alors que son équivalente anadrome compte quatre lobes bien individualisés.

c.- pinnules :

Les pinnules sont constituées de lobes courts et trapus à sommet mousse. L'échantillon est trop fragmentaire pour montrer comment s'effectue le passage de la pinnule quadrilobée à la penne de dernier ordre.

d.- nervation :

Elle est fine et bien visible, constituée d'une nervure médiane non décurrente envoyant une nervule vers chaque lobe. La pinnule basilaire catadrome spiniforme est irriguée par une nervule simple ou dichotome émise dans l'angle formé par les rachis d'ordres n et n-1.

Remarques et discussion :

Cet échantillon est proche de celui décrit p. 330 sous le nom de *Sph.* sp. aff. *laciniosa* Alvarez Ramis et al. par la forme et la disposition de ses lobes courts et trapus mais il en diffère :

- par l'étroitesse des sinus qui séparent les pinnules,
- par la plus forte dissymétrie de ses pennes de dernier ordre,
- par la robustesse de ses rachis.

L'allure générale des pennes de dernier ordre rappelle aussi les formes stériles de "*Discopteris*" *opulenta* Danzé dont la pinnule catadrome est également spiniforme. Mais chez cette espèce, les lobes sont plus aigus et les pennes basales catadromes de tous ordres sont toutes transformées en ergots. Ce n'est pas le cas sur notre échantillon.

La forte dissymétrie des pinnules ou pennes de dernier ordre est en effet une constante des espèces du genre *Discopteris* caractérisé par ailleurs par la transformation en aphyllées des éléments basaux catadromes. On n'observe pas de modification à ce niveau sur l'échantillon décrit.

A ma connaissance, aucune espèce sphénoptéridienne ne présente les mêmes caractères aussi l'ai-je laissé en nomenclature ouverte en attendant d'avoir récolté un matériel plus abondant.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Un seul échantillon provenant du sondage de *Wendel 17 ter*, sans indication de profondeur, probablement Westphalien C supérieur ou D inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439961).

SPHENOPTERIS sp. H

Planche 100, fig. 2

Nos collections renfermaient un échantillon conservé en empreinte et contre-empreinte portant deux petits fragments au limbe très délicat et suffisamment fertiles et charbonneux pour qu'un transfert soit tenté. Bien que les résultats aient été positifs, il n'a pas été possible d'attribuer ce spécimen à un type de fructification précis. Il était toutefois intéressant de le figurer, il a été laissé en nomenclature ouverte compte tenu de son état très fragmentaire.

Description :

1) Organisation de la fronde :

Le fragment le plus petit est celui qui donne le plus d'indications concernant l'organisation de la fronde. Il est constitué d'une petite penne d'ordre n-1 conservée sur presque toute sa longueur et insérée sur un rachis relativement large (1,5 mm) finement strié longitudinalement. Quelques lacinations plus ou moins bien conservées dans le schiste laissent supposer l'existence d'une ahlébie au niveau de l'insertion de la penne. L'organisation de la fronde est donc au moins tripinnatifide. Les pennes de dernier ordre montrent une priorité de construction catadrome, sans doute valable pour l'ensemble de la fronde.

2) Feuillage fertile :

Le mode de différenciation limbaire n'a pu être mis en évidence compte tenu du type de fructification. Après transfert, le limbe semble constitué de lobes très courts et trapus, presque aussi larges que longs. Leur extrémité apparaît localement fortement renflée (pl. 100, fig. 2f) sans qu'il soit possible de déceler une quelconque organisation. D'autres lobes, au contraire, portent à leur sommet une ou deux masses globuleuses, nettement distinctes (pl. 100, fig. 2g), plus ou moins sphériques mais on ne peut déterminer s'il s'agit de sporanges ou de sores.

Les prélèvements pour les spores *in situ* ont été infructueux.

Remarques et discussion :

L'organisation des organes reproducteurs reste beaucoup trop imprécise pour pouvoir être rapprochée d'un genre de fructification connu. Leur emplacement aux extrémités des lobes évoque un peu ce qui se passe chez les *Hymenophyllites* ou chez les formes non matures de *Zeilleria* mais on ne peut aller plus avant dans la discussion.

Quant à l'aspect du limbe, il est beaucoup trop modifié par le développement des fructifications pour être attribué à une espèce précise. Les lobes courts et trapus et les rachis larges rappellent un peu le *Sphenopteris souichii* Zeiller mais le limbe semble plus gracile. L'échantillon est de toute façon trop fragmentaire pour être déterminé raisonnablement.

Répartition dans le bassin sarro-lorrain :

Un seul échantillon conservé en empreinte et contre-empreinte, provenant du sondage de *Ste-Fontaine 4* et récolté à 1186,10 m soit à 66 m sous T300, dans le grès de *Ste-Fontaine*, 1/3 inférieur du faisceau de Neunkirchen, Westphalien C inférieur (Coll. lab. Paléob., Lille, SPH. H.B.L. n° 439971-439972).

CONCLUSIONS

SOMMAIRE

I - APPORT SYSTEMATIQUE	p. 391
1) CHOIX D'UNE HIERARCHIE DES CARACTERES SYSTEMATIQUES RETENUS.....	p. 391
2) UNITES TAXONOMIQUES RETENUES.....	p. 391
3) MISES AU POINT SPECIFIQUES - SYNONYMIES.....	p. 392
4) PROBLEMES SYSTEMATIQUES DEMEURANT EN SUSPENS.....	p. 393
II - APPORT BOTANIQUE	p. 393
1) ENSEIGNEMENTS SUR L'EVOLUTION POSSIBLE DU MODE DE CONSTRUCTION DES FRONDES.....	p. 393
2) INFORMATIONS PALYNOLOGIQUES.....	p. 394
III - APPORT BIOSTRATIGRAPHIQUE	p. 394
1) PRESENTATION DU TABLEAU DE REPARTITION DES DIFFERENTES ESPECES...	p. 394
2) BIOZONATION PAR LES FOUGERES SPHENOPTERIDIENNES.....	p. 394
3) COMPARAISON DE LA BIOZONATION SPHENOPTERIDIENNE AVEC LES GRANDES SUBDIVISIONS STRATIGRAPHIQUES.....	p. 397
4) CORRELATIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES INTERREGIONALES.....	p. 398
5) CORRELATIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES REGIONALES - NIVEAUX REPERES PAR LES FORMES SPHENOPTERIDIENNES.....	p. 400
IV - COMPARAISON DES RESULTATS PALEOBOTANIQUES AVEC CEUX DE LA PALYNOLOGIE DES SPORES DISPERSEES	p. 410
V - INTERET PALEOBIOGEOGRAPHIQUE	p. 412
VI - PERSPECTIVES DE RECHERCHE	p. 415

CONCLUSIONS

La paléontologie étant à la charnière de la biologie et de la géologie, toute étude paléobotanique comporte nécessairement deux aspects : l'un systématique, l'autre biostratigraphique. Pour espérer parvenir au second, il convient de définir parfaitement les espèces auxquelles on a affaire. Le premier objectif de ce travail a donc été d'essayer de clarifier la systématique du groupe des fougères sphénoptéridiennes rendue de plus en plus complexe au cours des dernières décennies par la prolifération de taxons nouveaux.

Cette mise au point indispensable étant effectuée, je me proposais :

- d'établir une biozonation par les Sphénoptéridées fougères du Carbonifère supérieur de Sarre-Lorraine,
- de comparer mes résultats avec les grandes subdivisions stratigraphiques du bassin fondées en grande partie sur les données fournies par les autres groupes de végétaux,
- de voir dans quelle mesure cette zonation pouvait être utilisée pour les corrélations interrégionales à partir d'une comparaison avec le bassin du Nord de la France,
- de déterminer un certain nombre de niveaux repères caractérisés par une ou plusieurs espèces permettant des corrélations intrabassin directement applicables par l'exploitant.

Par les prélèvements de spores *in situ* j'espérais enfin pouvoir rapprocher les résultats des études sur les macrorestes végétaux de ceux de la palynologie dispersée.

Voyons dans quelle mesure ces différents objectifs ont été atteints.

I - APPORT SYSTEMATIQUE

Les difficultés de détermination inhérentes à la nature même des formes sphénoptéridiennes (toujours de petite taille et possédant un limbe profondément découpé et souvent polymorphe) ajoutées à la perte ou à la mauvaise conservation de nombreux matériels types et figurés ont entraîné une prolifération de taxons nouveaux trop souvent créés pour des spécimens uniques ou de qualité médiocre.

Il était donc impératif pour espérer clarifier cette systématique de "retourner aux sources" et d'essayer de retrouver l'essentiel des matériels types. Plusieurs séjours dans les principaux musées européens m'ont permis d'accumuler quelques milliers de photographies ou diapositives constituant un matériel de référence solide. A partir de cette base fondamentale il allait être possible d'identifier les principaux taxons. Encore fallait-il pour cela établir une hiérarchie des caractères systématiques retenus.

1) Choix d'une hiérarchie des caractères systématiques retenus :

J'ai déjà indiqué dans la partie introductive de ce travail quelques-unes des raisons pour lesquelles j'ai choisi, comme les auteurs précédents, d'accorder priorité aux organes reproducteurs dans l'établissement de la systématique. L'étude des fougères sarro-lorraines fournit plusieurs arguments en faveur de cette opinion.

a.- Par l'observation d'un matériel abondant, j'ai pu suivre l'évolution de la différenciation limbale de très nombreuses espèces et saisir l'ampleur de leur variabilité morphologique au niveau de l'ensemble des frondes. C'est ainsi que plusieurs exemples de transformations progressives de feuillage d'aspect sphénoptéridien en feuillage d'aspect pécoptéridien ont pu être mis en évidence. Ces modifications peuvent être en relation avec l'apparition des fructifications comme chez *Asterotheca damesii* (Stur) ou faire

partie de l'évolution normale de la fronde dans ses parties basses comme chez *Renaultia lebachensis* (Weiss), *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) ou *Sphenopteris latinervis* Danzé. La limite entre les genres de forme *Sphenopteris* et *Pecopteris*, établis sur l'aspect du limbe stérile, apparaît ici assez floue.

b.- L'attribution de *Sphenopteris damesii* (Stur) au genre *Asterotheca* considéré pendant longtemps comme une fructification de fougères pécoptéridiennes avait déjà posé le problème de la hiérarchie des caractères systématiques. J'avais démontré à l'époque (1979a) qu'un même type d'organes reproducteurs pouvait être porté par des feuillages très différents. L'étude systématique entreprise ici fournit trois exemples équivalents :

- presque toutes les espèces rapportées au genre *Renaultia* Zeiller sont sphénoptéridiennes sauf *R. villosa* (Crépin) dont les petites pinnules triangulaires ont une attache nettement pécoptéridienne ;

- au contraire, la plupart des feuillages porteurs de fructifications de type *Oligocarpia* Goepfert se caractérisent par des pinnules plutôt pécoptéridiennes ; c'est le cas en particulier de l'espèce-type du genre : *Olig. gutbieri*. Pourtant, *Olig. mixta* (Schimper) et *Olig. brongniartii* Stur possèdent un limbe découpé sphénoptéridien ;

- enfin, nous avons exposé dans un travail récent (Brousmiche et Laveine, 1982) les raisons pour lesquelles nous considérons que *P. avoldensis* (Stur) doit être rapporté au genre *Zeilleria* Kidston, genre qui concerne le plus souvent des feuillages très divisés, parfois filiformes.

Compte tenu de la stabilité d'organisation des fructifications de ces trois genres, il ne serait pas raisonnable d'envisager de créer de nouveaux taxons simplement parce que les feuillages sont un peu différents ; d'autant que j'ai mis en évidence plusieurs exemples de variations intraspécifiques montrant le passage d'un type de feuillage à l'autre. La priorité accordée aux organes reproducteurs dans l'établissement de la systématique paraît donc justifiée tout au moins pour les formes sphénoptéridiennes. Il ne faudrait pas cependant généraliser ces résultats.

Je rappellerai en effet que nous avons mis en évidence (Brousmiche et al., sous presse) à propos d'un autre groupe de végétaux une convergence morphologique étroite au niveau du limbe stérile de trois espèces de *Pecopteris* (*P. vianna* Teixeira, *P. waltonii* P. Corsin et *P. dobranyana* Brousmiche et al.) qui pourtant fructifient selon des modèles très différents. De même les Arthropytes constituent un embranchement bien connu pour la stabilité de l'organisation de l'appareil végétatif au sein duquel les distinctions génériques et spécifiques se fondent sur des caractères de fructifications.

2) Unités taxonomiques reconnues :

45 espèces parfaitement définies sont décrites dont 2 nouvelles : *Discopteris danzei*, *Sphenopteris jostenii*. 20 autres sont laissées en nomenclature ouverte : certaines ne correspondaient pas exactement aux descriptions d'espèces connues, d'autres concernaient un matériel trop peu abondant pour qu'une détermination raisonnable soit envisagée.

Chacune d'entre elles est décrite de façon détaillée et largement figurée. Des dessins d'après nature reconstituent les étapes successives de la différenciation limbale et rendent compte éventuellement de leur variabilité morphologique.

La réalisation de transferts suivis de chloration de nombreux échantillons fructifiés m'avait amenée dans des publications antérieures à créer (1978) le genre *Grambastia*, à définir (1979) l'appartenance de *Sphenopteris damesii* (Stur) et à préciser (1982) l'organisation des organes reproducteurs de type *Crossotheca* Zeiller. La poursuite de ces travaux me conduit à créer ici le genre *Germera*, à proposer une reconstitution des fructifications de type *Radstockia* Kidston et à déterminer l'appartenance au genre *Renaultia* Zeiller de *Sphenopteris footneri* Marrat.

3) Mises au point spécifiques - synonymies :

L'étude exhaustive des documents accumulés et l'interprétation du matériel sarro-lorrain m'ont amenée à proposer de très nombreuses synonymies (31 au total) qui ne peuvent être énumérées ici. Chacune d'elles fait l'objet d'une argumentation précise et est accompagnée, dans la mesure du possible, d'une illustration graphique ou photographique. La systématique des fougères sphénoptéridiennes se voit ainsi nettement simplifiée.

La révision des matériels-types a également induit la remise en question d'un certain nombre d'espèces. Dans trois cas, une mauvaise interprétation initiale des types ou l'absence de références à ces échantillons ont entraîné des erreurs de détermination successives qui ont abouti à de fâcheuses confusions.

C'est ainsi que presque tous les matériels décrits depuis les travaux de Stur (1885) sous le nom de *Sphenopteris schweizerini* (Stur) n'ont rien à voir avec le type de cette espèce mais s'apparentent généralement à *Renaultia crepinii* (Stur). Aussi ai-je proposé page 141 une nouvelle synonymie de cette espèce, bien qu'elle ne soit pas présente en Sarre-Lorraine, qui tient compte de toutes les erreurs d'interprétation postérieures à Stur.

De même, un grand nombre d'échantillons déterminés *Renaultia gracilis* (Brongniart) n'ont aucun point commun avec le type conservé à Paris. En particulier, les variétés *brongniartii* et *zeilleri* proposées par Danzé (1956) perdent toute signification puisque les spécimens rapportés à *R. gracilis* par Zeiller ne peuvent en aucun cas être assimilés à cette espèce (p. 159).

Enfin, je me suis aperçue que l'échantillon à partir duquel Sternberg avait créé l'espèce *delicatula* (1825) ne différait en rien des spécimens choisis par Stur pour représenter *Hapalopteris* (*Renaultia*) *schatzlarensis* et que toutes les déterminations de l'espèce *delicatula* faisaient en fait référence au matériel de Kidston (1924) très différent de l'original de Sternberg. L'espèce-type du genre *Zeilleria* étant justement *Z. delicatula*, on imagine les bouleversements que créerait l'application stricte des règles de nomenclature. C'est pourquoi j'ai préféré laisser les choses en l'état en choisissant parmi le matériel de Kidston le nouveau type de *Zeilleria delicatula* (p. 199). Il sera toutefois nécessaire de saisir les Instances compétentes pour demander un *nominum conservandum* entérinant cette situation.

4) Problèmes systématiques demeurant en suspens :

Quelques problèmes systématiques n'ont pu être résolus. Certaines synonymies sont supposées mais ne peuvent être démontrées soit que les types concernés ont été perdus, soit que les figurations originales sont trop médiocres. C'est le cas par exemple d'*Urnatopteris tenella* (Brongniart) et d'*Urnatopteris herbacea* Boulay, ou de *Renaultia rotundifolia* Andrae et *Sphenopteris laurentii* Andrae.

Il n'a pas été possible non plus de déterminer si les ressemblances constatées entre *Olig. gutbieri* Goeppert, *Pecopteris bredovii* Germar et *Pecopteris grigorievii* Zalessky et Tchirkova sont le résultat d'une très forte convergence morphologique au niveau du limbe stérile ou s'il s'agit simplement d'espèces synonymes. J'ai finalement opté (p. 241) pour la synonymie de ces trois taxons mais un doute subsistera toujours.

II - APPORT BOTANIQUE

Outre la découverte de nouveaux types de fructifications et la mise en évidence de variations intraspécifiques auxquelles il a déjà été fait allusion, quelques enseignements purement botaniques peuvent être tirés de cette étude.

1) Enseignements sur l'évolution possible du mode de construction des frondes :

Chez les fougères actuelles, la construction de la fronde est toujours anadrome. Or, à l'exception de certaines *Zygopteridaceae*, toutes les formes sphénoptéridiennes paléozoïques montrent une priorité de construction catadrome se manifestant au niveau de la fronde bien sûr, mais aussi de la nervation. Une profonde transformation a donc dû se produire au cours des temps. Comment a-t-elle pu se réaliser et à quelle époque ?

La famille des *Zygopteridaceae* est riche d'enseignements à ce sujet. J'ai déjà signalé (p. 75) qu'il n'était pas rare d'observer sur un même échantillon de *Corynepteris essinghii* (Andrae) des pinnules évoluées porteuses d'un lobe basal catadrome rudimentaire à côté d'autres qui en sont dépourvues. Dans le premier cas, la première ramification de la nervure médiane est catadrome ; dans le second cas, elle est anadrome. Par contre, quelle que soit l'allure de la pinnule, la première ramification des nervures secondaires dans les lobes apicaux est toujours catadrome. Il semblerait donc qu'au sein de la famille des *Zygopteridaceae* le passage d'une construction catadrome à une construction anadrome soit lié à l'apparition d'une dissymétrie du limbe et qu'il soit le résultat de la disparition progres-

sive des éléments basaux catadromes. On peut donc très bien imaginer que pour l'ensemble des fougères, le passage d'un type de fronde à l'autre se soit réalisé selon un processus voisin de ce qui s'observe chez les *Zygopteridaceae* ; la réduction des éléments basaux catadromes (ou leur transformation en segments plus ou moins aphyloïdes) constatée chez presque toutes les formes sphénoptéridiennes constituerait une amorce de ce phénomène.

Les Filicales décrites par Harris (1961) dans le Jurassique du Yorkshire montrent pour la plupart une construction et une nervation à priorité de différenciation catadrome. Quelques figures cependant font apparaître sur un même croquis une nervation tantôt catadrome, tantôt anadrome. Deux solutions peuvent être envisagées :

- ou bien cette juxtaposition des deux types de nervation résulte d'une faute d'inattention du dessinateur et l'apparition des frondes anadromes serait probablement postérieure au Jurassique,

- ou bien les espèces ainsi figurées constituent des formes intermédiaires chez qui s'observe justement le passage progressif d'un type de nervation à l'autre. N'ayant pas eu l'occasion d'observer les échantillons correspondants, il ne m'est pas possible de donner un avis pertinent sur cette question mais il était important de la poser.

2) Informations palynologiques :

Au total, 418 prélèvements de spores *in situ* ont été effectués et j'ai obtenu des résultats fructueux sur 25 espèces. Les spores observées au microscope photonique et au M.E.B. correspondent parfaitement à ce que l'on observe chez les fougères actuelles (p. 30) : elles sont de petite taille : 11-100 μ , souvent trilètes, lisses ou peu ornementées : au mieux une granulation, quelques verrucosités ou de petits apicules.

J'ai en outre pu vérifier en multipliant les prélèvements sur des espèces bien définies (*Olig. bronngniartii*, *Crossotheca crepinii*...) qu'il peut exister quelques légères variations d'ornementation selon que les sporanges prélevés sont plus ou moins matures mais que, dans l'ensemble, on obtient des résultats homogènes. C'est plutôt dans le degré d'intensité de l'ornementation que l'on constate des différences et non dans le type des microstructures.

Ces études enfin fournissent pour la première fois des informations sur le type des spores produites par *Corynepteris essinghii* (Andrae), *Renaultia chaerophylloides* (Bronngniart) et *Renaultia germanica* (H. Potonié). Les nombreux prélèvements effectués sur des échantillons de *Corynepteris angustissima* (Sternberg) ont montré que l'échelle de variations du diamètre des spores de cette espèce était beaucoup plus importante qu'on le pensait.

III - APPORT BIOSTRATIGRAPHIQUE

1) Présentation du tableau de répartition des différentes espèces :

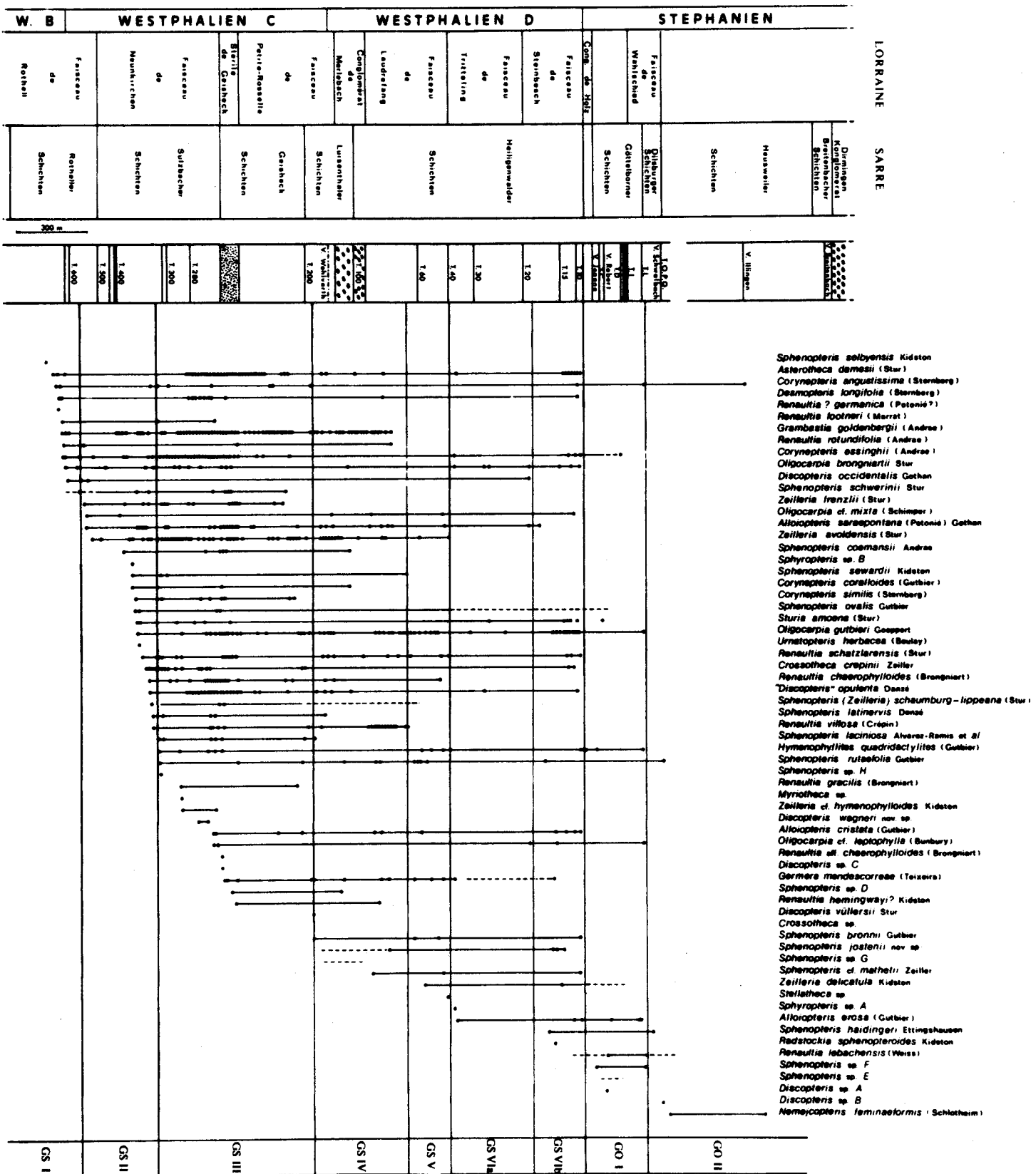
Grâce au débitage serré de très nombreux sondages, j'ai pu déterminer précisément la répartition stratigraphique de la plupart des espèces étudiées. La rubrique intitulée : "Répartition dans le bassin sarro-lorrain" signale les niveaux extrêmes dans lesquels chaque espèce a été récoltée et donne le détail de ses points de gisements. Ces données m'ont permis de construire le tableau 14 : à gauche : les colonnes stratigraphiques mises en parallèle des deux parties du bassin avec un rappel de la position des principaux tonsteins ; à droite : la répartition des espèces rangées de façon à ce que les apparitions soient de plus en plus récentes en se déplaçant vers la droite.

Au premier coup d'oeil ce tableau fait apparaître deux événements floristiques importants se produisant :

- un peu avant le dépôt du tonstein 300 par l'apparition d'une quinzaine d'espèces ;
- dans les niveaux supérieurs du Westphalien D avant le dépôt du conglomérat de Holz par la disparition de nombreux taxons.

2) Biozonation par les fougères sphénoptéridiennes :

La valeur de toute zonation biostratigraphique est fonction de la qualité des



Tabl. 14 - Répartitions stratigraphiques des fougères sphénoptéridiennes dans le bassin houlier sarro-lorrain. Proposition d'une biozonation.



éléments à partir desquels elle a été définie. Aussi n'ont été retenues que les espèces bien définies, fréquentes, dont la répartition géographique est assez vaste.

Etant donné que les extensions stratigraphiques de la plupart des espèces étudiées sont importantes, les florizones définies ici correspondent essentiellement à des cénozones = assemblages de taxons. Il est en effet difficile en paléobotanique d'utiliser le critère d'abondance. Il suffit qu'un massif de végétation soit brutalement détruit pour qu'une espèce paraisse abondante localement même si au niveau du bassin, elle n'est que peu représentée. Les apparitions ou disparitions d'espèces sont beaucoup plus significatives.

Huit florizones ont ainsi pu être définies : 6 (GSI-VI) dans le groupe de Sarrebruck *sensu* Leppla (1904) correspondant aux dépôts westphaliens, 2 (GOI-II) dans le groupe d'Ottweiler représentant les dépôts stéphanien.

La limite inférieure de la zone GSI ne peut être définie étant donné que l'exploitation n'a jamais atteint en Sarre-Lorraine de niveaux inférieurs au sommet du faisceau de Rothell. Les premiers niveaux dans lesquels sont rencontrées les espèces présentes dans la zone GSI ne représentent pas les véritables niveaux d'apparition de ces espèces.

a.- L'apparition de cinq espèces caractérise la limite entre les zones GSI et GSII : *Zeilleria frenzlii* (Stur), *Oligocarpia cf. mixta* (Schimper), *Alloiopteris saraepontana* H. Potonié, *Zeilleria avoldensis* (Stur), *Oligocarpia brongniartii* Stur.

Au-dessus de cette limite se produit un renouvellement floristique considérable marqué par les apparitions successives de 14 espèces bien définies caractérisant la florizone GSII.

b.- La limite inférieure de la zone GSII est déterminée par l'apparition des trois dernières espèces participant à ce renouvellement : *Sphenopteris laciniosa* Alvarez Ramis et al. (malheureusement endémique au bassin sarro-lorrain), *Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier), *Sphenopteris rutaefolia* Gutbier. Elle se situe un peu au-dessous du tonstein 300.

Quelques espèces dont les extensions transitent dans la zone GSIII y sont particulièrement abondantes : *Asterotheca damesii* (Stur), *Corynepteris essinghii* (Andrae), *Zeilleria frenzlii* (Stur), *Alloiopteris saraepontana* H. Potonié, *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) et "*Discopteris*" *opulenta* Danzé. Les points de gisement de *Renaultia gracilis* (Brongniart) ne sont pas suffisamment nombreux pour qu'on puisse considérer cette espèce comme caractéristique de la zone GSIII.

Trois espèces présentes dans les zones GSII et GSIII disparaissent un peu avant le sommet de cette dernière. Il s'agit de *Sphenopteris schwerinii* (Stur), *Zeilleria frenzlii* (Stur) et *Corynepteris similis* (Sternberg).

c.- La limite inférieure de la zone GSIV est caractérisée par l'apparition de *Sphenopteris bronni* Gutbier ; elle se situe un peu au-dessous du tonstein 200.

La zone GSIV enregistre les disparitions successives de plusieurs espèces présentes dans les zones GSII et GSIII : *Grambastia goldenbergii* (Andrae), *Renaultia rotundifolia* (Andrae), *Sphenopteris coemansii* Andrae et *Corynepteris coralloides* (Gutbier). Quelques formes y font leur apparition mais les données stratigraphiques les concernant sont encore peu abondantes : *Sphenopteris jostenii* nov. sp. et *Sphenopteris cf. mathetii* Zeiller.

d.- La limite inférieure de la zone GSV est marquée par les disparitions de *Sphenopteris sewardii* Kidston et *Renaultia villosa* (Crépin). Elle se situe un peu sous le tonstein 60.

La florizone GSV voit l'apparition de *Zeilleria delicatula* Kidston dans son 1/3 inférieur et la disparition de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) vers son sommet.

e.- La limite inférieure de la zone GSVI est caractérisée par la disparition de *Zeilleria avoldensis* (Stur) et l'apparition d'*Alloiopteris erosa* (Gutbier). *Zeilleria avoldensis* est une espèce facilement identifiable et relativement abondante ; sa disparition au niveau du tonstein 40 constitue un fait suffisamment important pour qu'on la retienne comme limite de zone.

La florizone GSVI correspond aux niveaux supérieurs du Westphalien lorrain. La plupart des espèces westphaliennes y disparaissent et on peut considérer qu'elle est caractérisée par la fréquence d'*Alloiopteris erosa* (Gutbier).

Je propose de la diviser en deux sous-zones GSVIA et GSVIB étant donné que quelques taxons disparaissent au niveau des tonsteins 20 et 15 : *Discopteris occidentalis* Gothan, *Alloiopteris saraepontana* H. Potonié, *Germera mendescorreae* (Teixeira). Il semble en outre que les horizons supérieurs soient caractérisés par l'existence d'une forme un peu particulière d'*Asterotheca damesii* (Stur) et par une abondance plus marquée de quelques espèces : *Oligocarpia gutbieri* Goeppert, *Alloiopteris cristata* (Gutbier), *Sturia amoena* (Stur).

f.- La limite inférieure de la zone GOI correspond au conglomérat de Holz ; sa limite supérieure peut être caractérisée par la disparition des espèces westphaliennes encore présentes dans les premiers niveaux du Stéphanien lorrain : *Oligocarpia gutbieri* Goeppert, *Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier), *Sphenopteris rutaefolia* Gutbier, *Alloiopteris erosa* (Gutbier). On peut considérer qu'il s'agit d'une interzone entre la zone GSVI définie précédemment et la zone GOII à *Nemejcopteris feminaeformis* (Schlotheim).

En proposant de distinguer deux zones dans les couches d'Ottweiler inférieures, je rejoins en partie les résultats de Boersma (1978). Cet auteur signale en effet (p. 67) qu'il n'a pas retrouvé dans la zone de la veine Illingen le *Pecopteris bredovii* Germar (= *Oligocarpia gutbieri* Goeppert, v. p. 241) pourtant signalé dans des travaux antérieurs. Mes observations confirment la disparition d'*Oligocarpia gutbieri* dans le faisceau de Wahlschied.

Par contre, je n'approuve pas l'interprétation de Boersma de *Corynepteris angustissima* (Sternberg) et d'*Alloiopteris erosa* (Gutbier) et ne parviens donc pas aux mêmes conclusions biostratigraphiques. Les figurations qu'il donne d'*Alloiopteris erosa* doivent à mon avis être rapportées à *Corynepteris angustissima* (v. p. 62). Ceci implique que l'extension de *Corynepteris angustissima* se prolonge au moins jusqu'à la veine Illingen et que celle d'*Alloiopteris erosa* ne dépasse pas le faisceau de Wahlschied. C'est ce que confirment les échantillons étudiés ici.

Boersma ayant retrouvé dans les Heusweiler Schichten le *Nemejcopteris feminaeformis* (Schlotheim) que je considère comme caractéristique de la zone GOII, la distinction de deux zones dans les couches d'Ottweiler inférieures apparaît tout à fait justifiée.

Les formes sphénoptéridiennes permettent par conséquent de définir une biozonation relativement fine du Carbonifère supérieur sarro-lorrain. Il était intéressant de la comparer avec les grandes subdivisions stratigraphiques du bassin.

3) Comparaison de la biozonation sphénoptéridienne avec les grandes subdivisions stratigraphiques.

a.- L'importance du renouvellement floristique qui se produit entre les tonsteins 500 et 300 (zone GSII) suscite quelques réflexions :

La limite Westphalien B-Westphalien C a été fixée par le 2ème Congrès de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère de Heerlen au niveau marin d'Aegir dont le correspondant français dans le Nord-Pas-de-Calais est le niveau marin de Rimbart. Lors du 6ème Congrès International de Sheffield (1967), Bouroz et al. proposent de déplacer cette limite et de la fixer approximativement au niveau du tonstein Maxence (= T300) compte tenu des informations paléobotaniques et palynologiques recueillies dans le bassin du Nord de la France. Bien que de nombreux faits observés en Grande-Bretagne, au Canada, en U.R.S.S. et en Belgique aillent dans le sens de cette proposition, celle-ci n'a pas été retenue. La limite inférieure du Westphalien C est toujours maintenue au niveau marin d'Aegir (= niveau du T600 en Sarre-Lorraine). Mais au vu des répartitions stratigraphiques des fougères sphénoptéridiennes, il semblerait qu'une limite située à proximité du tonstein 300 (= T. Maxence) se justifierait au moins autant que la limite officielle. Elle aurait au moins l'avantage de correspondre à une limite paléontologique plutôt qu'à un événement paléogéographique.

b.- Les répartitions et les zones d'acmé de nombreuses espèces montrent une continuité certaine entre la moitié supérieure du faisceau de Neunkirchen, le stérile de Geisheck et la partie inférieure du faisceau de Petite-Rosselle (zone GSIII). Si des variations climatiques ont accompagné les modifications de l'environnement sédimentologique responsable du dépôt du stérile de Geisheck, celles-ci ne semblent pas avoir affecté la flore sphénoptéridienne.

c.- La florizone GSIV, dont les limites inférieure et supérieure encadrent respectivement les tonsteins 200 et 100, peut être considérée comme une zone de renouvellement floristique très progressif (plusieurs espèces disparaissent, quelques autres peu abondantes font leur apparition). La limite entre Westphalien C et Westphalien D caractérisée par l'apparition de *Neuropteris ovata* Hofmann et d'autres espèces (Cleal, 1978 ; Laveine 1974, 1977), se situe, dans le bassin sarro-lorrain, au mur de la veine Wohlvert, entre les tonsteins 200 et 100. Elle passe par conséquent au coeur de notre zone GSIV mais ne correspond à aucun fait majeur pour les formes sphénoptéridiennes.

d.- La limite supérieure de la florizone GSV correspond à la disparition de *Zeilleria avoldensis* et coïncide avec le tonstein 40 retenu comme limite sédimentologique entre les faisceaux de Laudrefang et de Tritteling. Dans cette zone qui représente une stampe relativement peu épaisse se produit un renouvellement floristique progressif de même ampleur que celui observé chez divers groupes de végétaux comme en témoigne le tableau de répartition proposé (p. 7) dans l'introduction de ce travail.

e.- Les nombreuses disparitions constatées dans les niveaux supérieurs du Westphalien D n'ont qu'une valeur toute relative du fait de la lacune stratigraphique qui affecte la série. Mais le prolongement de certaines extensions dans les couches d'Ottweiler inférieures témoigne de la continuité du biotope indépendamment des bouleversements tectoniques.

Les formes sphénoptéridiennes peuvent par conséquent contribuer à la définition des principales subdivisions stratigraphiques au même titre que les autres groupes de végétaux. Elles constituent un groupe difficile à étudier mais dont la valeur biostratigraphique est certaine comme en témoignent les corrélations qui peuvent être établies entre le bassin sarro-lorrain et celui du Nord de la France.

4) Corrélations biostratigraphiques interrégionales :

Les vérifications des déterminations devraient constituer un préalable indispensable à toute tentative de corrélation biostratigraphique. Malheureusement, bien que j'aie limité l'aspect comparatif interrégional de mes résultats au seul bassin du Nord de la France, l'étude n'a pas pu être aussi précise que je l'aurais souhaité car de nombreux échantillons cités dans le texte de Danzé (1956) ne sont pas (ou plus) conservés à Lille. Je n'ai donc retenu pour cette comparaison que les espèces dont la détermination est relativement aisée et pour lesquelles il ne semblait pas y avoir d'erreur d'attribution, tout au moins d'après les figurations. Quatorze espèces ont été choisies (tabl. 15) ; les repères stratigraphiques sont les principaux niveaux de tonsteins dont les corrélations entre les deux bassins sont maintenant parfaitement établies (Bouroz 1967, Laveine et al. 1977). Les zones d'abondance sont signalées par un figuré spécial.

Si on fait abstraction des limites d'exploitation dans les deux bassins, on ne peut qu'être frappé par leur étroite corrélation. Les répartitions de onze espèces se recouvrent largement et on ne constate d'anomalie que pour *Alloiopteris erosa* (Gutbier) et *Renaultia gracilis* (Brongniart). Les acmés se correspondent très bien en particulier pour *Crossothea crepinii* Zeiller, *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart), "*Discopteris*" *opulenta* Danzé et surtout *Zeilleria avoldensis* (Stur). La stampe T300-T200 (= approximativement la zone GSII) est très bien caractérisée par des espèces facilement identifiables et relativement abondantes.

Ces comparaisons confirment, si cela était encore nécessaire, l'existence dans le bassin du Nord de la France des niveaux inférieurs du Westphalien D représentés par les faisceaux de Du Souich et d'Edouard. On voit enfin combien les niveaux aux alentours du tonstein 300 = tonstein Maxence marquent une étape importante dans le développement de la flore ptéridophytique westphaliennne.

Les corrélations biostratigraphiques interrégionales apparaissent très spectaculaires mais l'exploitant souhaite pouvoir disposer de repères précis directement applicables à son domaine d'investigation. La relance de l'exploitation charbonnière ayant entraîné la réalisation de nombreux sondages, en particulier dans les champs de *Ste-Fontaine* et de *Cocheren*, j'ai voulu voir s'il n'était pas possible, grâce aux formes sphénoptéridiennes, de définir des niveaux repères intéressants à l'échelle du champ d'exploitation.

		<i>Asterotheca demesii</i> (Stur)	<i>Corynepteris angustissima</i> (Sternberg)	<i>Desmopteris longifolia</i> (Sternberg)	<i>Grambastia goldenbergii</i> (Andree)	<i>Corynepteris essinghii</i> (Andree)	<i>Discopteris occidentalis</i> Cobhan	<i>Sphenopteris schwerinii</i> (Stur)	<i>Zeilleria frenzii</i> (Stur)	<i>Alloiopteris saraepontana</i> Potonié	<i>Zeilleria avoldensis</i> (Stur)	<i>Oligocarpia brongniartii</i> Stur	<i>Sphenopteris coemansii</i> Andree	<i>Oligocarpia gutbieri</i> Coepfert	<i>Renaultia schatzlerensis</i> (Stur)	<i>Crossotheca crepinii</i> Zeiller	<i>Renaultia chaerophylloides</i> (Brongniart)	<i>*Discopteris opulenta</i> Danse	<i>Renaultia villosa</i> (Crepin)	<i>Hymenophyllites quadridentatus</i> (Gutbier)	<i>Renaultia gracilis</i> (Brongniart)	<i>Sphenopteris bronni</i> Gutbier	<i>Sphenopteris cf. mathetii</i> Zeiller	<i>Zeilleria delicatula</i> Kidston	<i>Alloiopteris erosa</i> (Gutbier)	<i>Sphenopteris heidingeri</i> Ettingshausen	<i>Nemejcopteris feminaeformis</i> (Schlotheim)	

5) Corrélations biostratigraphiques régionales. Niveaux repères par les formes sphénoptéridiennes :

Disposant de tous les échantillons résultant du débitage serré des six sondages profonds effectués dans le champ de *Ste-Fontaine*, je me suis aperçue que plusieurs espèces sphénoptéridiennes leur étaient communes. Il m'a semblé intéressant de mettre en parallèle les six sondages et de situer exactement les niveaux dans lesquels chacune de ces espèces a été récoltée pour tenter de faire apparaître des niveaux repères. Les tableaux 16 à 24 illustrent cette étude comparative : le tonstein 300 a été choisi comme référence pour la mise en parallèle des sondages, les principales veines de houille du faisceau de Neunkirchen ont été représentées ainsi que les tonsteins 200, 305 et 400 lorsqu'ils ont été rencontrés ; le premier trait horizontal correspond au toit du houiller. Dans cette région il est toujours situé dans le stérile de Geisheck.

Neuf espèces ont été retenues :

- *Alloiopteris saraepontana* H. Potonié , présente dans les sondages *Ste-F. 1 à Ste-F. 3,*
Ste-F. 5 à Ste-F. 6.
- *Asterotheca damesii* (Stur), présente dans les sondages *Ste-F. 1 à Ste-F. 5*
- *Corynepteris essinghii* (Andrae), présente dans les sondages *Ste-F. 1, Ste-F. 3 à Ste-F. 6.*
- *Crossotheca crepinii* Zeiller, présente dans les sondages *Ste-F. 3, Ste-F. 5*
- "*Discopteris*" *opulenta* Danzé, présente dans les sondages *Ste-F. 1 à Ste-F. 4, Ste-F. 6.*
- *Grambastia goldenbergii* (Andrae), présente dans les sondages *Ste-F. 1 à Ste-F. 5.*
- *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart), présente dans les sondages *Ste-F. 2 à Ste-F. 6.*
- *Zeilleria avoldensis* (Stur), présente dans les sondages *Ste-F. 1 à Ste-F. 5.*
- *Zeilleria frenzlii* (Stur), présente dans les sondages *Ste-F. 5, Ste-F. 6.*

Les résultats sont particulièrement spectaculaires pour *Asterotheca damesii* (Stur) (tabl. 17) dont l'abondance dans le stérile de Geisheck constitue une constante remarquable du champ de *Ste-Fontaine*.

Grambastia goldenbergii (Andrae) (tabl. 21) caractérise les veines H et se rencontre régulièrement au niveau des veines H1, H4, H8. L'espèce est aussi présente dans la partie supérieure du faisceau de Neunkirchen et le stérile de Geisheck mais plus irrégulièrement.

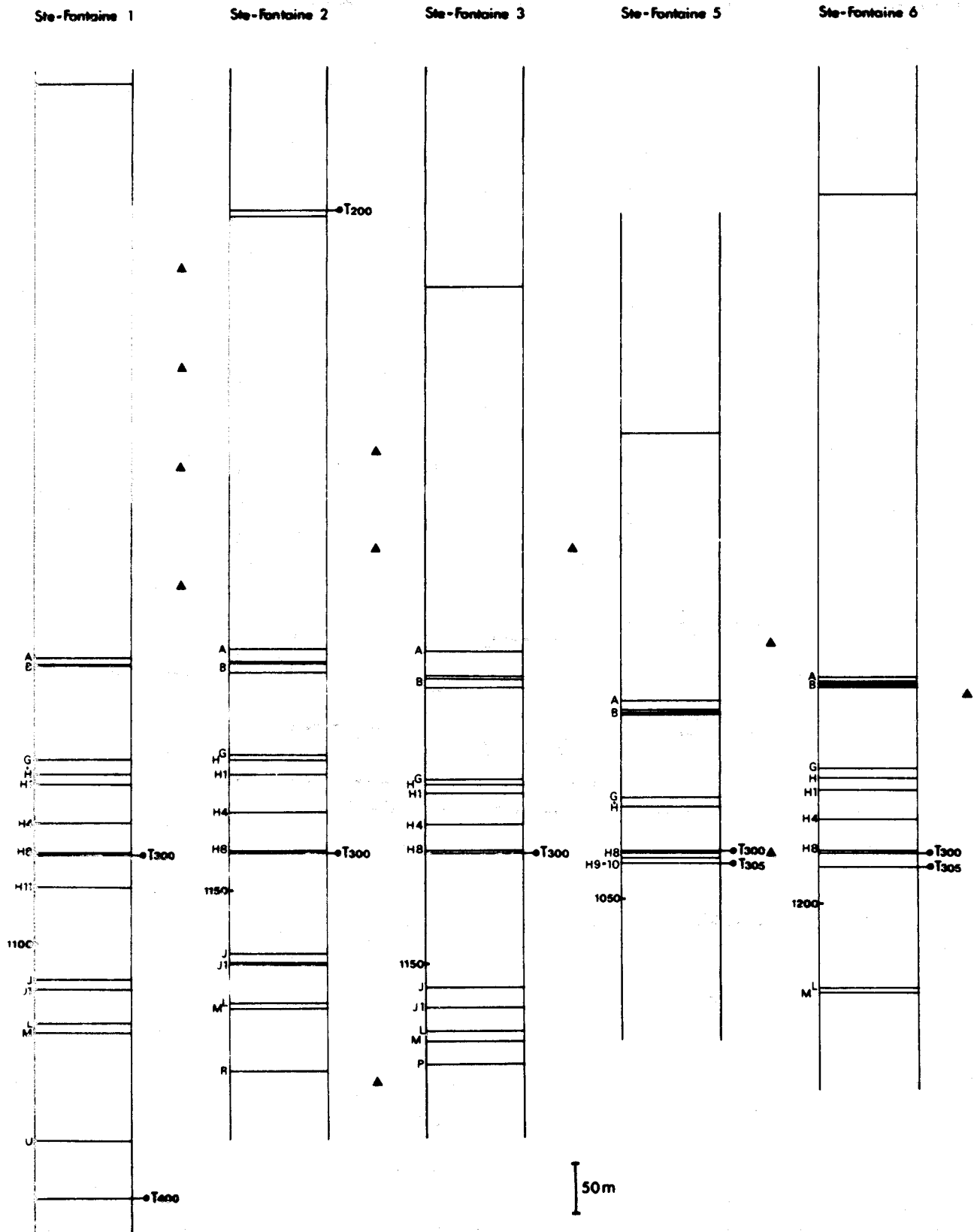
Crossotheca crepinii Zeiller et *Zeilleria frenzlii* (Stur) (tabl. 19) semblent aussi caractéristiques de la veine H8 et par conséquent des niveaux encadrant le tonstein 300.

Les répartitions des autres espèces apparaissent moins significatives : toutefois, compte tenu des réductions d'épaisseur qui affectent les sondages 5 et 6 on peut signaler :

- trois niveaux à *Zeilleria avoldensis* (Stur) (tabl. 23) respectivement situés :
 - . à 60-80 m au-dessus de la veine A (sondages *Ste-F. 3, Ste-F. 4, Ste-F. 5*) dans le stérile de Geisheck,
 - . au toit de la veine A (sondages *Ste-F. 2-Ste-F. 5*) dans le faisceau de Neunkirchen,
 - . entre les veines H1 et H4 (sondages *Ste-F. 1-Ste-F. 3*) dans le faisceau de Neunkirchen.
- un niveau à *Alloiopteris saraepontana* H. Potonié (tabl. 16) à 60-100 m au-dessus de la veine A, dans le stérile de Geisheck,
- un niveau à *Corynepteris essinghii* (Andrae) (tabl. 18) à 80 m au-dessus de la veine A, dans le stérile de Geisheck,
- un niveau à "*Discopteris*" *opulenta* Danzé (tabl. 20) à 250-300 m au-dessus de la veine A, dans le stérile de Geisheck,
- un niveau à *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) (tabl. 22) à 75-120 m au-dessus de la veine A, dans le stérile de Geisheck.

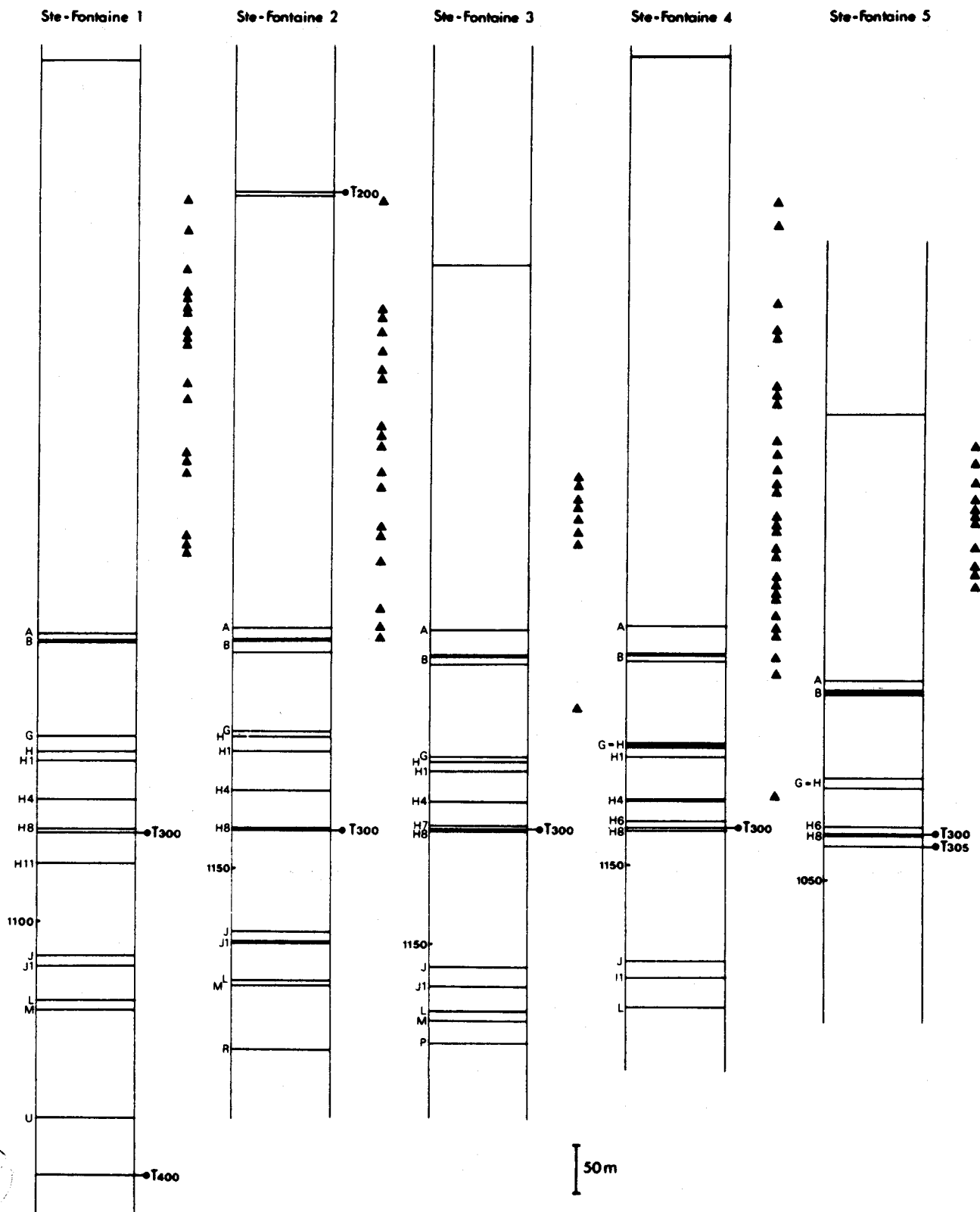
Le dernier schéma à droite du tableau 24 récapitule sur un sondage synthétique du siège de *Ste-Fontaine* la succession de ces niveaux repères. Leur concentration dans deux stampes bien déterminées permet de caractériser (tout au moins localement) le 1/3 médian du faisceau de Neunkirchen (niveaux du tonstein 300 et des veines H) et la base du stérile de Geisheck.

ALLOIPTERIS SARAEPONTANA Potonié



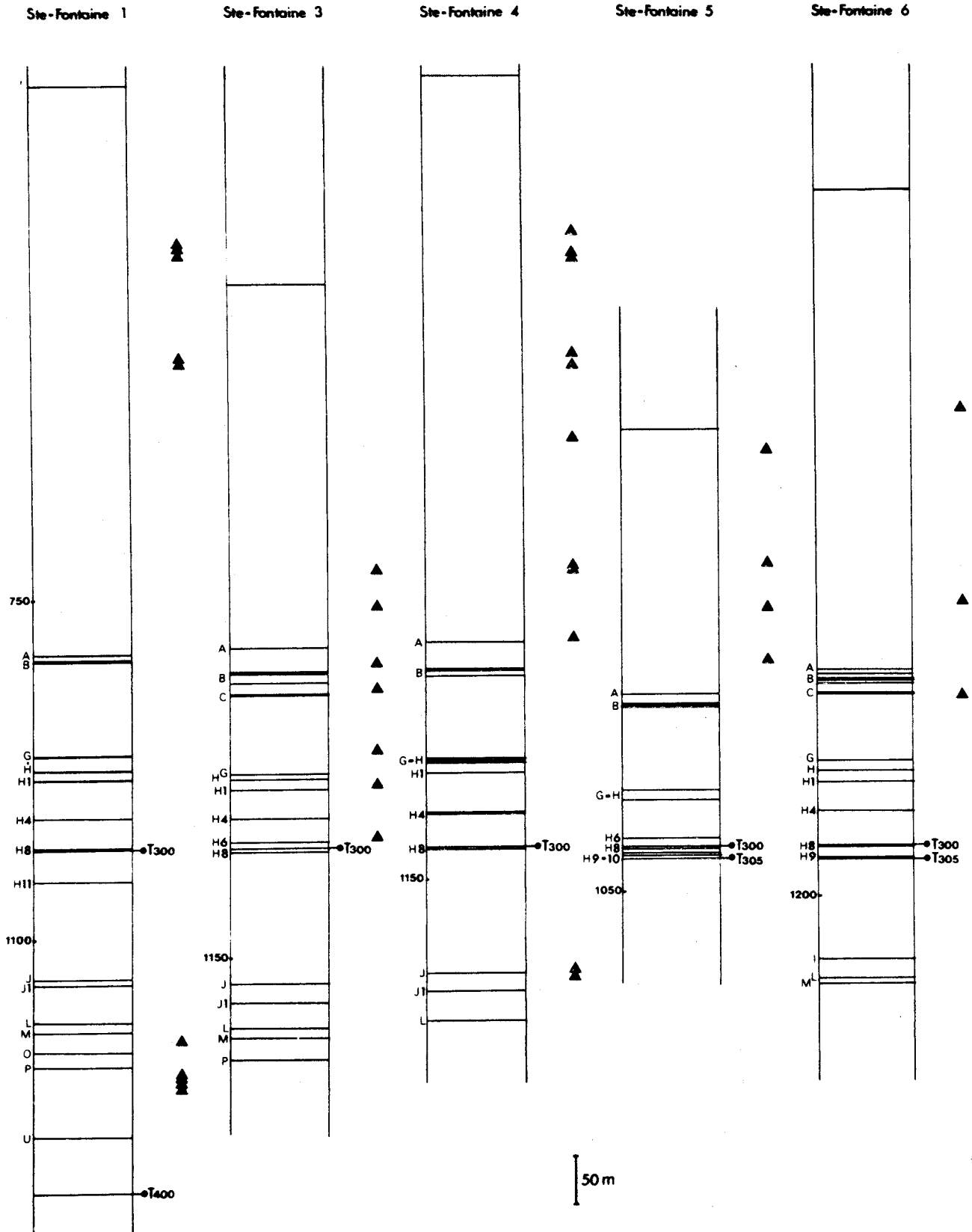
Tabl. 16 - Comparaison des différents niveaux de récolte d'*Alloiopteris saraepontana* Potonié au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.

ASTEROTHECA DAMESII (Stur)



Tabl. 17 - Comparaison des différents niveaux de récolte d'*Asterotheca damesii* (Stur) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.

CORYNEPTERIS ESSINGHII (Andrae)



Tabl. 18 - Comparaison des différents niveaux de récolte de *Corynepteris essinghii* (Andrae) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.

ZEILLERIA FRENZLII (Stur)

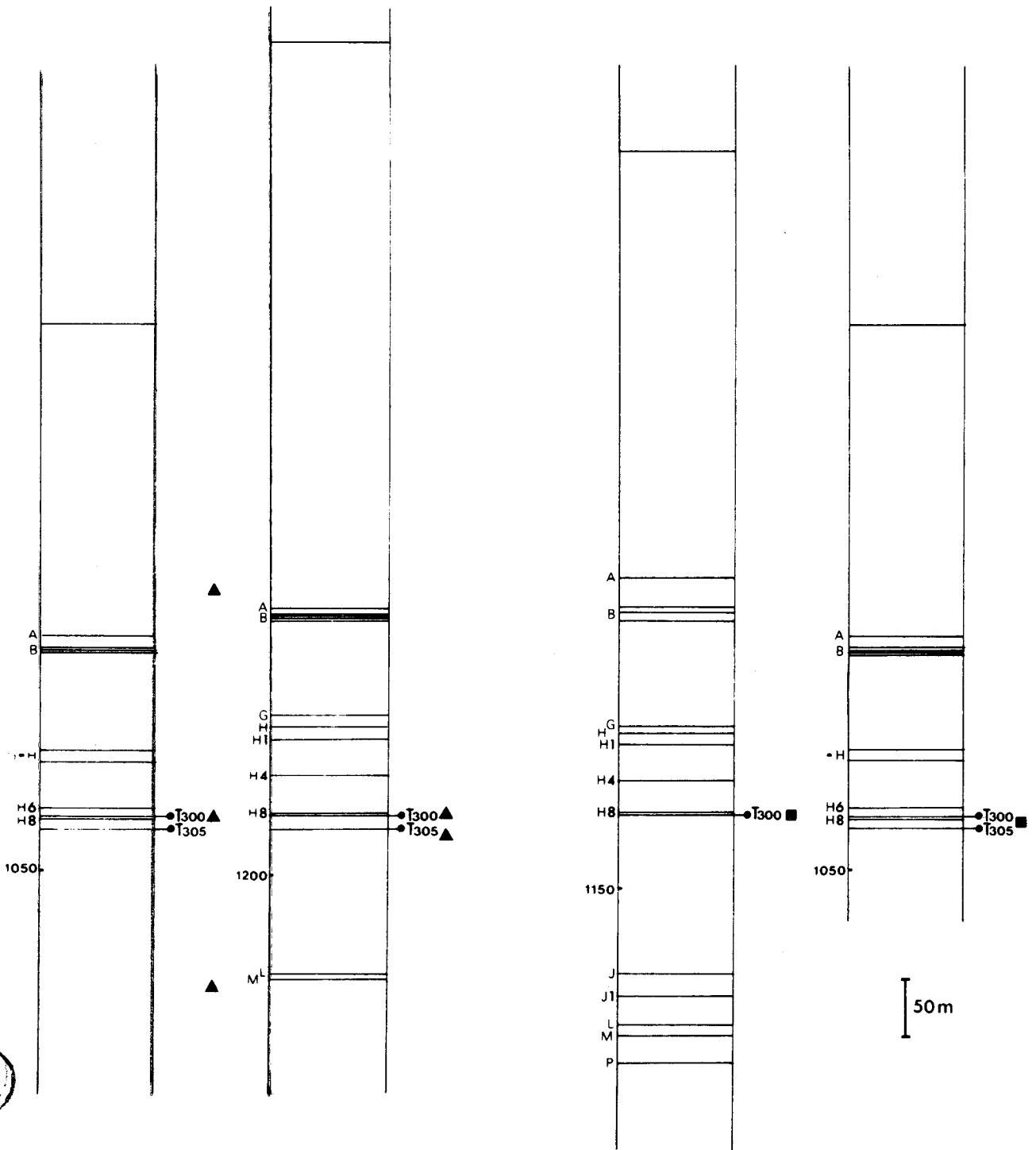
CROSSOTHECA CREPINII Zeiller

Ste-Fontaine 5

Ste-Fontaine 6

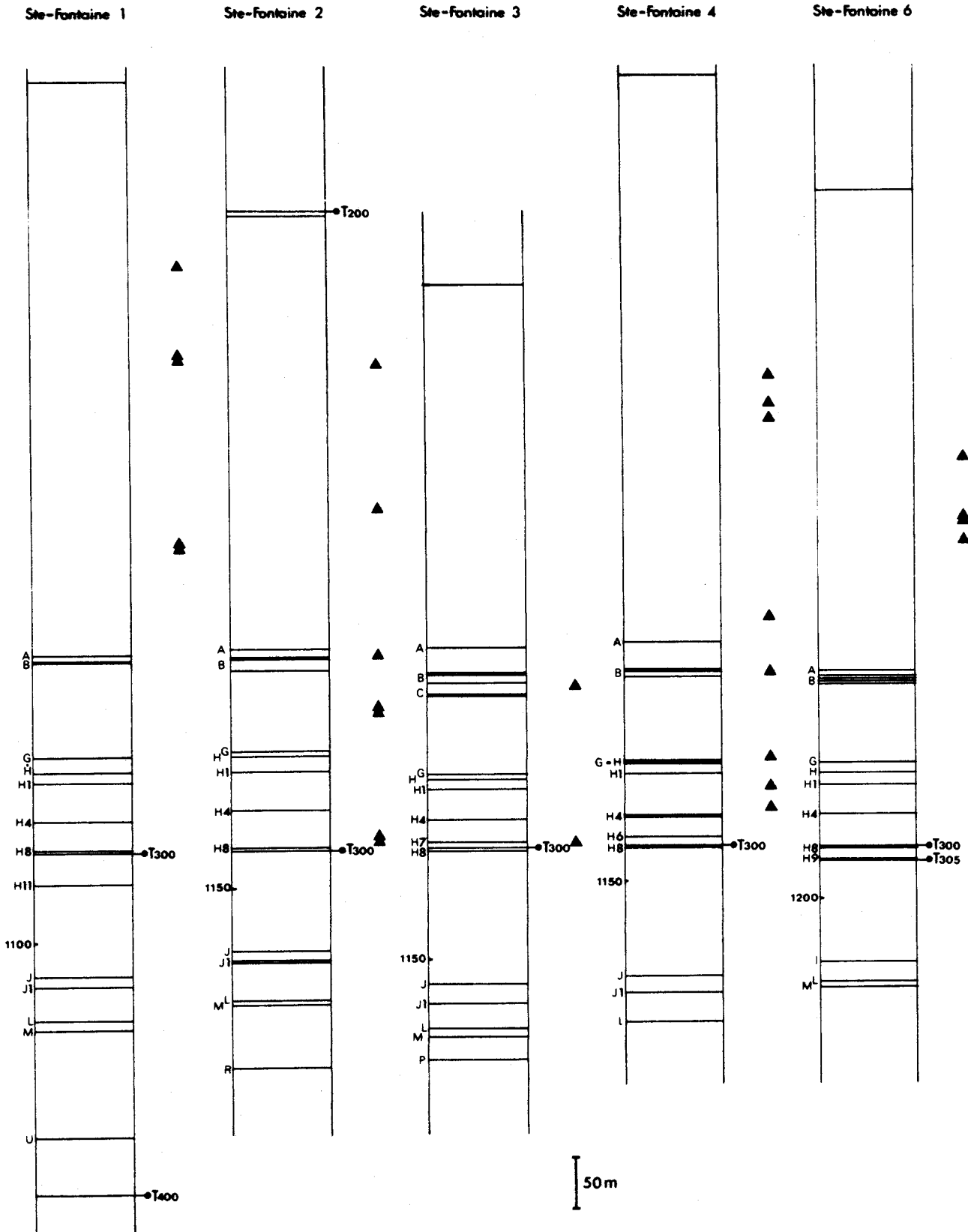
Ste-Fontaine 3

Ste-Fontaine 5



Tabl. 19 - Comparaison des différents niveaux de récolte de *Zeilleria frenzlii* (Stur) et de *Crossotheca crepinii* Zeiller au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.

'DISCOPTERIS' OPULENTA Danzé



Tabl. 20 - Comparaison des différents niveaux de récolte de "*Discopteris*" *opulenta* Danzé au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.

GRAMBASTIA GOLDENBERGII (Andrae)

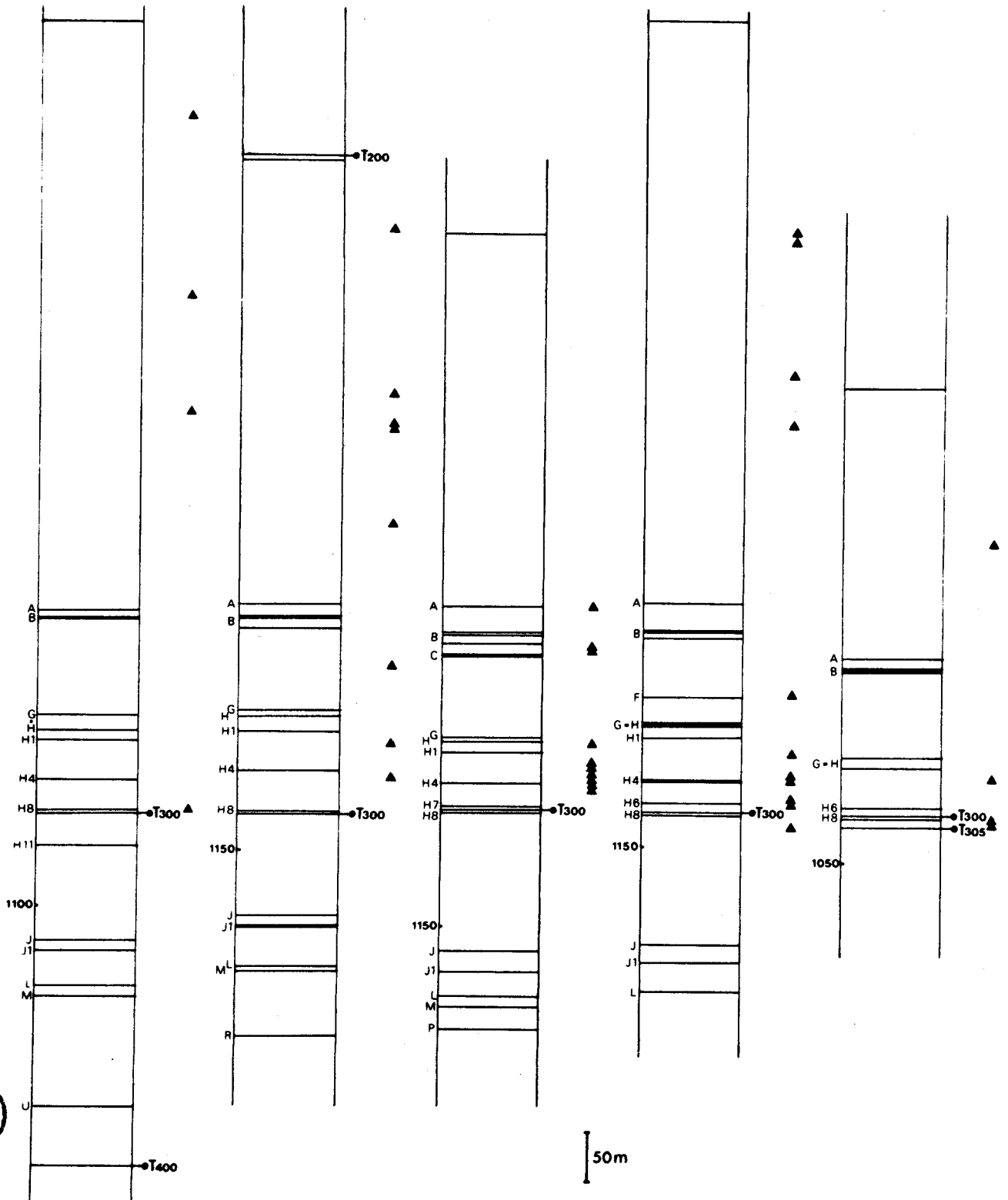
Ste-fontaine 1

Ste-Fontaine 2

Ste-Fontaine 3

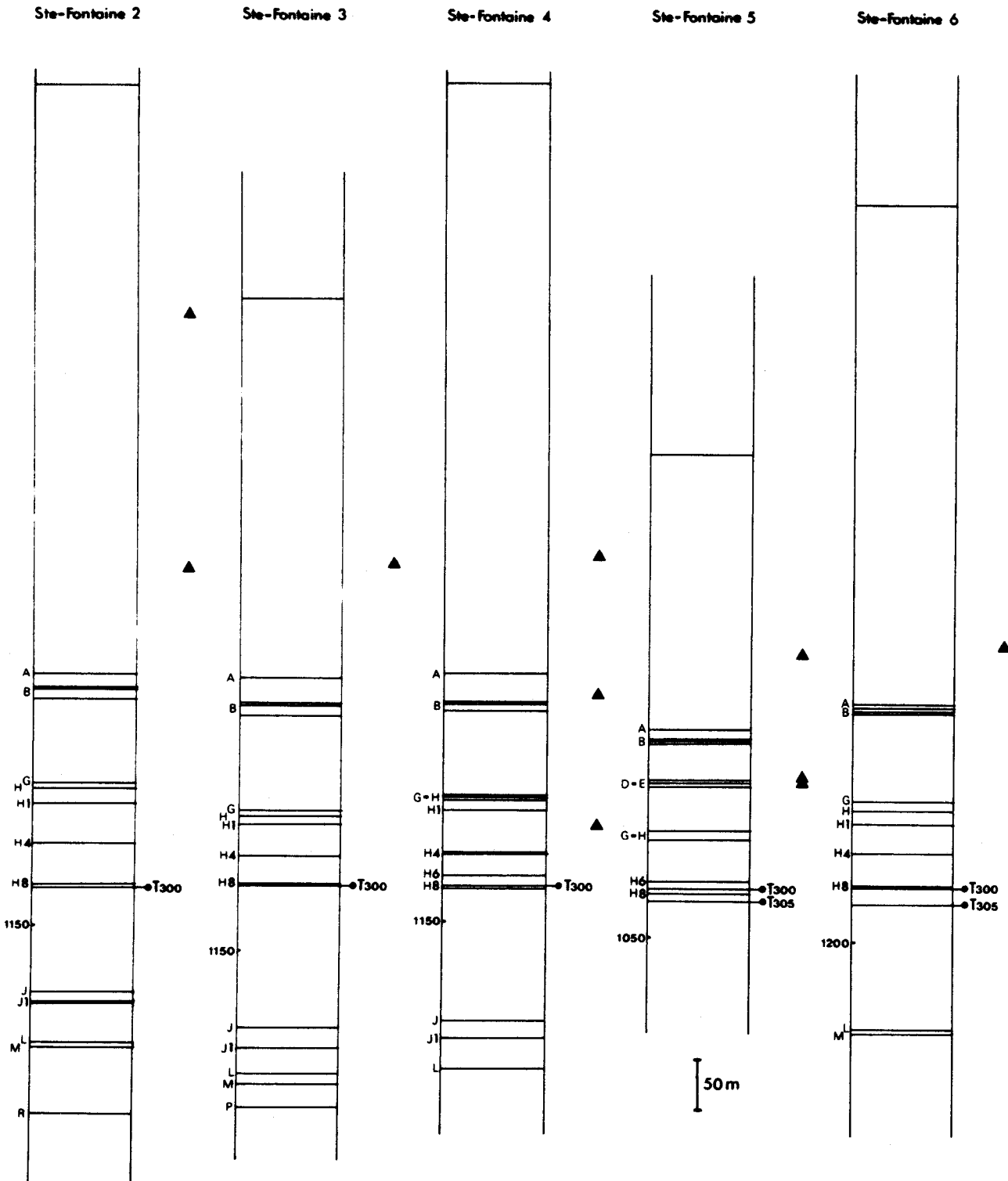
Ste-Fontaine 4

Ste-Fontaine 5



Tabl. 21 - Comparaison des différents niveaux de récolte de *Grambastia goldenbergii* (Andrae) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.

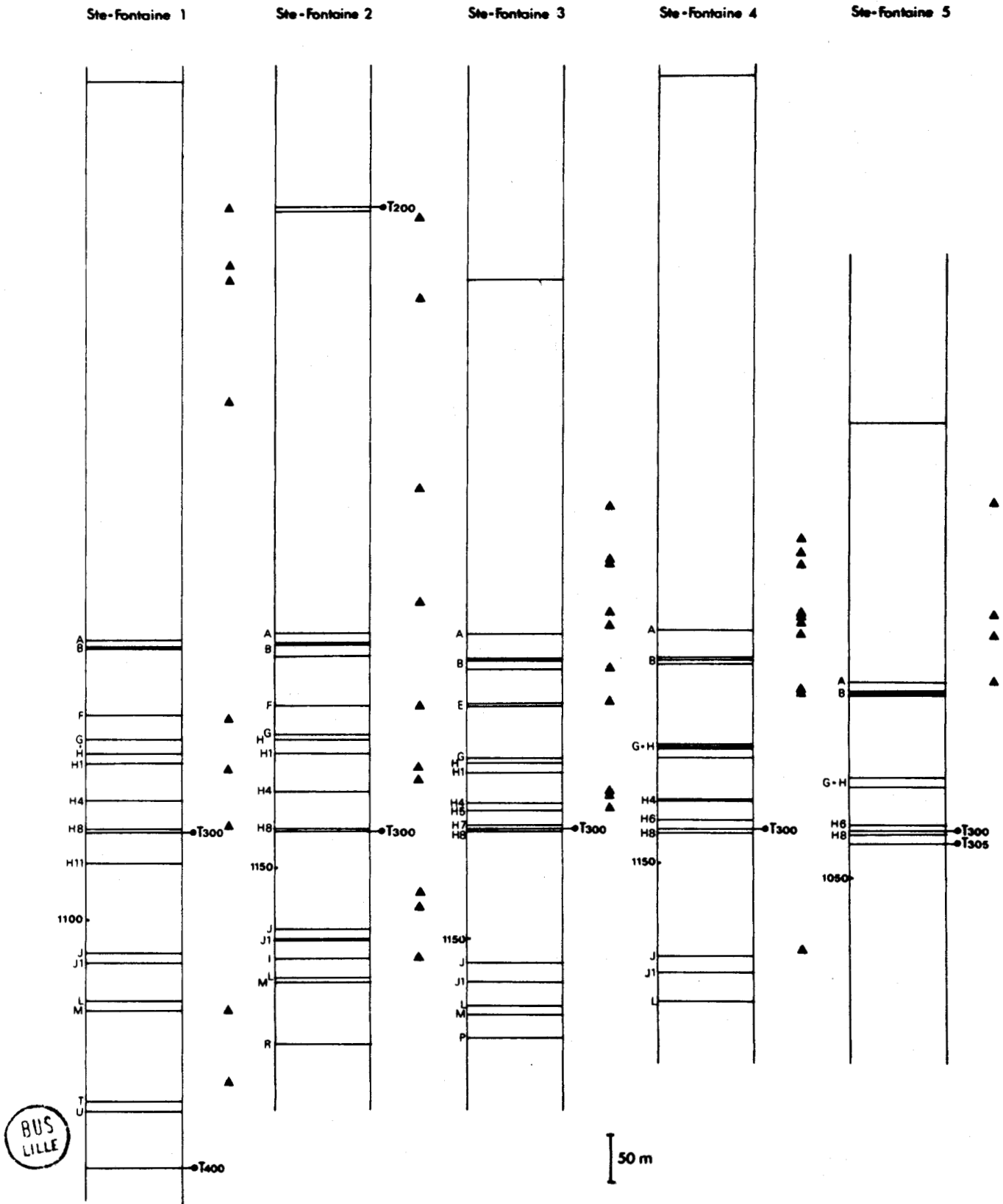
RENAULTIA CHAEROPHYLLOIDES (Brongniart)



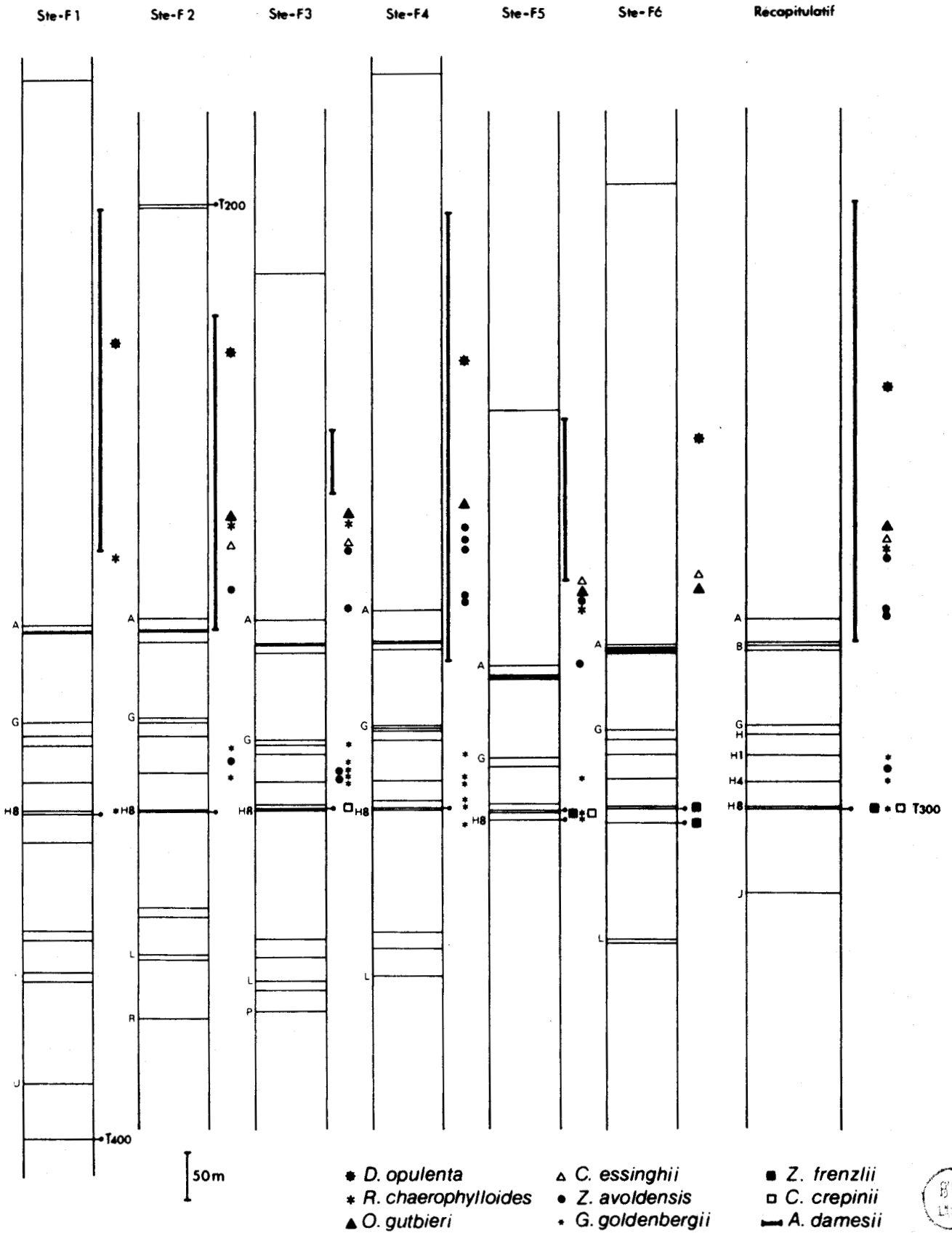
Tabl. 22 - Comparaison des différents niveaux de récolte de *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.



ZEILLERIA AVOLDENSIS (Stur)



Tabl. 23 - Comparaison des différents niveaux de récolte de *Zeilleria avoldensis* (Stur) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.



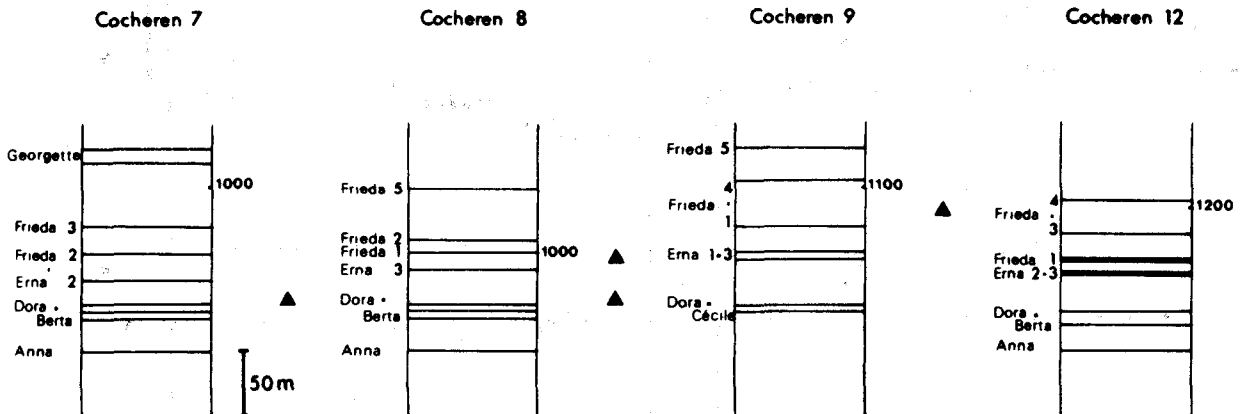
Tabl. 24 - Récapitulatif des principaux niveaux repères de fougères sphénoptéridiennes au sein du champ de *Ste-Fontaine*.

Il aurait été intéressant d'étendre cette étude à d'autres champs d'exploitation afin d'élargir les possibilités de corrélation. Une telle démarche nécessiterait un débitage extrêmement serré de tous les sondages afin d'obtenir le plus d'informations possibles. Malheureusement beaucoup d'entre eux ne sont plus accessibles ou n'ont fourni que quelques échantillons épars. J'ai néanmoins pu mettre en évidence un niveau repère à *Renaultia villosa* (Crépin) dans le champ de Cocheren, situé entre les veines Frieda 1 et Dora, dans le 1/3 inférieur du faisceau de Laudrefang (tabl. 25).

En outre, la révision des matériels rencontrés dans les différents musées à fourni la preuve qu'il était possible d'envisager des corrélations interchamps. J'ai en effet pu caractériser les veines Beust et Wahlschied par la présence respective de *Sphenopteris mutaeifolia* Gutbier et d'*Alloiopteris erosa* (Gutbier) au niveau des champs de Göttelborn, Püttlingen et Viktoria pour la première, au niveau des champs de Dilsburg, Ensdorf et Schäfer-Riegelsberg pour la seconde.

Les résultats obtenus à partir du seul groupe des fougères sphénoptériennes pour un nombre de sondages relativement limité sont par conséquent très encourageants et devraient ouvrir la porte à des recherches très intéressantes pour l'exploitant. Il est très probable qu'en combinant toutes les observations faites sur les divers groupes de végétaux on parviendra à caractériser un certain nombre de niveaux permettant un repérage stratigraphique rapide.

RENAULTIA VILLOSA (Crépin)



Tabl. 25 - Comparaison des différents niveaux de récolte de *Renaultia villosa* (Crépin) au sein de quelques sondages du champ de Cocheren.

IV - COMPARAISON DES RESULTATS PALEOBOTANIQUES AVEC CEUX DE LA PALYNOLOGIE DES SPORES DISPERSEES

Les spores obtenues à partir de 25 espèces ont été rapportées à 9 genres de la terminologie des spores dispersées (tabl. 26) : *Apiculatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, *Anapiculatisporites* Potonié et Kremp, *Convolutispora* Hoffmeister, Staplin et Malloy, *Cyclogranisporites* Potonié et Kremp, *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, *Laevigatosporites* Ibrahim ou *Punctatosporites* (Ibrahim) Potonié et Kremp, *Leiotriletes* (Naumova) ou *Punctatisporites* (Ibrahim). Les phénomènes de convergence morphologique sont donc très importants puisque des genres aussi différents que *Grambastia* Brousmiche et *Radstockia* Kidston, qui appartiennent respectivement aux fougères leptosporangiées et ausporangiées, produisent des spores identiques.

Types de spores	Espèces les produisant	Diamètres des spores
APICULATISPORITES	<i>Corynepteris angustissima</i> <i>Corynepteris essinghii</i>	19-25 μ ou 50-60 μ 40-64 μ
ANAPICULATISPORITES	<i>Zeilleria frenzlii</i>	16-22 μ
CONVOLUTISPORE	<i>Nemejcopteris feminaeformis</i>	78-100 μ
CYCLOGRANISPORITES	<i>Corynepteris similis</i> <i>Crossotheca crepinii</i> <i>Crossotheca</i> sp. <i>Renaultia crepinii</i> <i>Renaultia hemingwayi</i> <i>Renaultia villosa</i> <i>Zeilleria</i> cf. <i>hymenophylloides</i>	54-84 μ 43-75 μ 52-57 μ 16-19 μ 20-23 μ 25 μ 11-13 μ
GRANULATISPORITES	<i>Myriothecha</i> sp. <i>Oligocarpia brongniartii</i> <i>Oligocarpia gutbieri</i> <i>Oligocarpia</i> cf. <i>leptophylla</i> <i>Oligocarpia</i> cf. <i>mista</i> <i>Renaultia chaerophylloides</i>	15-23 μ 35-36 μ 20-36 μ 15-30 μ 26-34 μ 15-23 μ
LAEVIGATOSPORITES ou PUNCTATOSPORITES	<i>Asterothecha damesii</i> <i>Zeilleria avoldensis</i>	17-28 μ 14-18 μ
LEIOTRILETES ou PUNCTATISPORITES	<i>Discopteris karwinensis</i> <i>Discopteris occidentalis</i> "Discopteris" <i>opulenta</i> <i>Grambastia goldenbergii</i> <i>Radstockia sphenopteroides</i> <i>Renaultia germanica</i>	} 21-57 μ 30-42 μ 24-42 μ 20-23 μ 27-33 μ

BUS
LILLE

Tabl. 26 - Principaux types de spores fournies par les fougères sphénoptéridiennes du bassin houiller sarro-lorrain.

Plusieurs genres tels *Renaultia* Zeiller, *Corynepteris* Baily ou *Zeilleria* Kidston renferment des espèces dont les spores s'apparentent à des types différents. Par contre, l'homogénéité du genre *Oligocarpia* Goepfert est remarquable : les spores fournies par les quatre espèces présentes en Sarre-Lorraine sont toutes de type *Granulatisporites* et leur taille varie peu : 15-36 μ .

J'avais espéré, par le biais des prélèvements *in situ* pouvoir établir quelques corrélations entre la biozonation obtenue à partir des macrorestes végétaux et la zonation établie par les spores. Malheureusement, les spores prélevées sur les formes sphénoptéridiennes ne sont pas les formes guides utilisées par les palynologues car elles sont présentes à tous les niveaux dans des proportions relativement constantes. Effectivement, quand on considère les répartitions stratigraphiques des espèces concernées par chacun des neuf types de spores, on s'aperçoit qu'elles couvrent la quasi totalité de la séquence stratigraphique du houiller de Sarre-Lorraine. Il est évident dans ces conditions que les spores correspondantes ne peuvent avoir de signification biostratigraphique. Dans le cas présent, la paléobotanique est beaucoup plus riche d'enseignements que la palynologie.

V - INTERET PALEOBIOGEOGRAPHIQUE

Les recherches bibliographiques m'ont amenée à répartir les espèces étudiées en plusieurs catégories selon l'importance de leur répartition géographique (v. p. 413) :

- 1 - espèces endémiques au bassin sarro-lorrain,
- 2 - espèces cantonnées à l'Europe occidentale,
- 3 - espèces présentes en Europe occidentale et en Turquie,
- 4 - espèces présentes en Europe occidentale et aux U.S.A.,
- 5 - espèces présentes en Europe occidentale, en Turquie et aux U.S.A.,
- 6 - espèces présentes en Europe occidentale, en Turquie et dans le Donetz,
- 7 - espèces présentes en Europe occidentale, en Turquie, aux U.S.A. et dans le Donetz,
- 8 - espèces présentes en Europe occidentale, en Turquie, aux U.S.A., dans le Donetz, dans le Caucase, en Chine et à Sumatra.

En replaçant les points de gisement des différentes espèces sur une carte reconstituant la position approximative des masses continentales au Carbonifère supérieur (v. p. 64 d'après Briden et *al.* 1980 *) on est frappé de l'homogénéité et de l'importance de leur répartition de part et d'autre du paléoéquateur. La reconstitution de Briden et *al.* proposée à partir des résultats des études paléomagnétiques et des données de la paléontologie apparaît en accord avec nos observations paléobotaniques, du moins pour l'essentiel. Il semble en effet que la largeur du sillon ouralien puisse faire l'objet de discussion. Peu d'espèces sphénoptéridiennes sont connues sur le continent asiatique. Parmi toutes les formes étudiées, *Nemejcopteris feminaeformis* est la seule espèce dont la distribution géographique s'étende des U.S.A. à l'extrémité Est asiatique en passant par le Donetz et le Caucase. La régularité de cette répartition géographique de part et d'autre du paléoéquateur est difficilement compatible avec un sillon ouralien très large. Je serais par conséquent favorable à un rapprochement longitudinal des continents euraméricain et sibérien. Cocks et Mc Kerrow (1973) parviennent d'ailleurs à la même conclusion après reconstitution des distributions géographiques des Brachiopodes du Dévonien supérieur. Le sillon ouralien disparaît définitivement au Permien aussi est-il très probable que sa largeur au Carbonifère supérieur devait être extrêmement réduite. Pour le reste, la flore sphénoptéridienne confirme le fait que les bordures méridionales de l'Amérique du Nord et de l'Europe étaient en position équatoriale. Elle vérifie en outre l'unité floristique remarquable existant entre les provinces euraméricaine et cathaysienne allant du milieu du continent nord-américain au travers de l'Europe jusqu'au Sud de la Chine. On comparera les répartitions des fougères sphénoptéridiennes les plus largement répandues (catégories 6-8, p. 413) à la distribution géographique globale de la flore du Carbonifère supérieur proposée par Chaloner et Meyen (1973, fig. 2 =

* Il est très difficile pour le nom spécialiste de faire un choix parmi toutes les reconstitutions palinspatiques proposées. Les schémas de Briden et *al.* comptent parmi les plus récents et les plus synthétiques. Je m'y suis arrêtée en proposant une répartition probable des masses continentales obtenue par extrapolation de leurs figures 13 et 11 correspondant au Carbonifère inférieur et au Permien.

1.- Espèces endémiques au bassin sarro-lorrain :

- *Alloiopteris saraepontana*,
- *Asterotheca damesii*,
- *Discopteris danzei*,
- *Sphenopteris jostenii*,
- *Sphenopteris laciniosa*.

2.- Espèces cantonnées à l'Europe occidentale :

- *Alloiopteris cristata*,
- *Crossotheca crepinii*,
- *Discopteris occidentalis*,
- "*Discopteris*" *opulenta*,
- *Germera mendescorreae*,
- *Grambastia goldenbergii*,
- *Renaultia gracilis*,
- *Renaultia hemingwayi*,
- *Renaultia lebachensis*,
- *Renaultia villosa*,
- *Sphenopteris coemansii*,
- *Sphenopteris haidingeri*,
- *Sphenopteris latinervis*,
- *Sphenopteris ovalis*,
- *Sphenopteris schwerinii*,
- *Sphenopteris selbyensis*,
- *Urnapteris herbacea*,
- *Zeilleria avoldensis*.

3.- Espèces présentes en Europe occidentale et en Turquie :

- *Corynepteris essinghii*,
- *Corynepteris similis*,
- *Sturia amoena*.

4.- Espèces présentes en Europe occidentale et aux U.S.A. :

- *Alloiopteris erosa*,
- *Desmopteris longifolia*.

5.- Espèces présentes en Europe occidentale, en Turquie et aux U.S.A. :

- *Renaultia rotundifolia*,
- *Sphenopteris bromii*.

6.- Espèces présentes en Europe occidentale, en Turquie et dans le Donetz :

- *Corynepteris coralloides*,
- *Discopteris vuellersii* (Donetz ?),
- *Renaultia footneri*,
- *Renaultia schatzlarensis*,
- *Sphenopteris rutaefolia*.

7.- Espèces présentes en Europe occidentale, en Turquie, aux U.S.A. et dans le Donetz :

- *Corynepteris angustissima*,
- *Hymenophyllites quadridactylites*,
- *Oligocarpia brongniartii*,
- *Oligocarpia gutbieri*,
- *Renaultia chaerophylloides*,
- *Sphenopteris* (*Zeilleria* ?) *schaumburg-lippeana*,
- *Zeilleria delicatula*,
- *Zeilleria frenzii*.

8.- Espèces présentes en Europe occidentale, en Turquie, aux U.S.A., dans le Donetz, dans le Caucase, en Chine et à Sumatra :

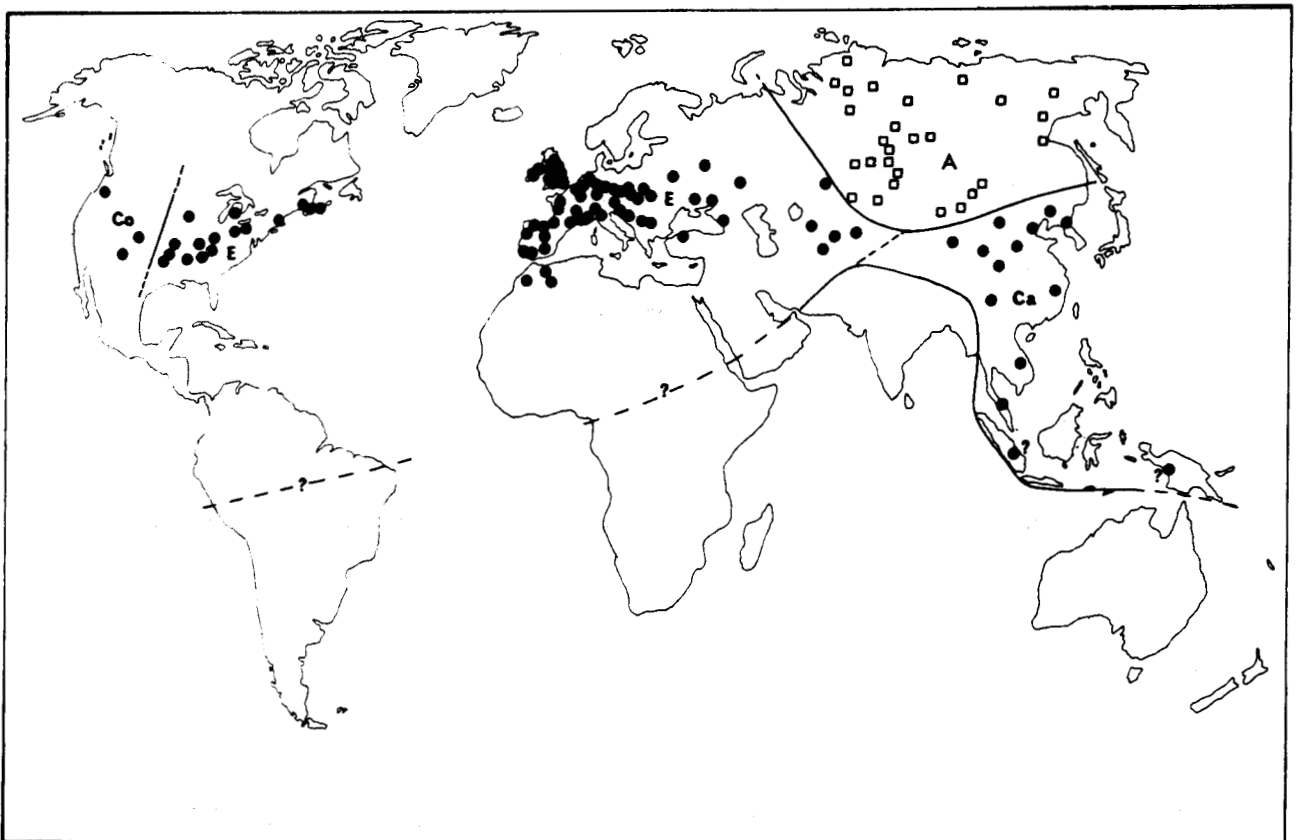
- *Nemejcopteris feminaeformis*.

ici texte-fig. 122). Des espèces facilement identifiables comme *Renaultia chaerophylloides* (Brongniart), *Zeilleria delicatula* Kidston, *Zeilleria frenzlii* (Stur), *Oligocarpia brongniartii* Stur, *Hymenophyllites quadridactylites* (Gutbier) ou *Corynepteris angustissima* (Sternberg) peuvent être considérées comme caractéristiques de la province amérosiniennne.

Il est très probable que dans les prochaines années un certain nombre de taxons viendront s'ajouter à cette première liste d'espèces caractéristiques. Mais il faudrait pour cela que des vérifications sérieuses et des confrontations entre chercheurs travaillant dans les différents bassins de la province soient effectuées afin de s'assurer de l'homogénéité des déterminations.

L'intérêt paléobiogéographique des fougères sphénoptéridiennes est donc loin d'être négligeable et n'a rien à envier à celui des autres groupes végétaux. Des perspectives de recherche très intéressantes sont ainsi ouvertes. Elles nécessiteront une collaboration internationale de plus en plus étroite qui ne devrait pas se limiter aux seuls géologues du Paléozoïque.

Dans la partie introductive de ce travail, j'ai en effet rappelé combien il est difficile de faire un lien entre les fougères fossiles et les formes actuelles tant à cause de leurs différences d'organisation que du peu d'informations dont on dispose sur les flores mésozoïques. Une seule de ces trois grandes lignées de fougères actuelles existait avec certitude au Mésozoïque et au Paléozoïque : il s'agit des *Gleicheniaceae* représentées au Carbonifère supérieur par les genres *Oligocarpia* et *Grambastia*. Il était intéressant de comparer la répartition actuelle de cette famille avec celles de ses représentants paléozoïques et mésozoïques.



Texte-fig. 122 - Distribution des flores à la fin du Paléozoïque (d'après Chaloner et Meyen, 1973, p. 176). Distinction des principales provinces : cathaysienne (Ca), euraméricaine (E), angaride (A), de la cordillère (Co).

J'ai repris pour cela la carte proposée par Bower (1923, p. 328) sur laquelle sont représentés la répartition actuelle des *Gleicheniaceae* et les différents points de gisements de leurs représentants mésozoïques. J'y ai superposé la distribution des quatre espèces du genre *Oligocarpia* étudiées ici et celles de *Grambastia goldenbergii* (Andrae) (texte-fig. 123). On constate que pour l'hémisphère Nord, la répartition paléozoïque coïncide avec les principaux gisements de formes mésozoïques. Ceci suppose que les conditions climatiques sont restées à peu près identiques et que par conséquent les bordures méridionales de l'Amérique du Nord et de l'Europe étaient encore soumises à un climat tropico-équatorial au Mésozoïque. Actuellement, les *Gleicheniaceae* occupent une vaste aire géographique encadrant l'équateur et les tropiques mais font curieusement défaut dans la moitié Nord du continent africain. Leur distribution géographique correspond toujours à la même zone climatique mais intéresse des territoires différents puisque les masses continentales se sont déplacées par rapport aux pôles.

Seules deux autres espèces fossiles ont pu être rattachées avec plus ou moins de certitude à une famille de fougères actuelles. Il s'agit d'*Asterotheca damesii* (Stur) et de *Zeilleria avoldensis* (Stur), toutes deux rapportées aux *Marattiaceae*. Malheureusement, la première d'entre elles est endémique au bassin sarro-lorrain et les affinités de la seconde demeurent incertaines. J'ai donc dû limiter la recherche de l'évolution des provinces paléogéographiques au seul exemple des *Gleicheniaceae*. Celui-ci ouvre cependant des perspectives intéressantes et montre la nécessité de chercher à mieux connaître la flore ptéridophytique du Secondaire, ce qui fait cruellement défaut pour tenter d'établir le lien entre les formes paléozoïques et leurs descendants actuels.

VI - PERSPECTIVES DE RECHERCHE

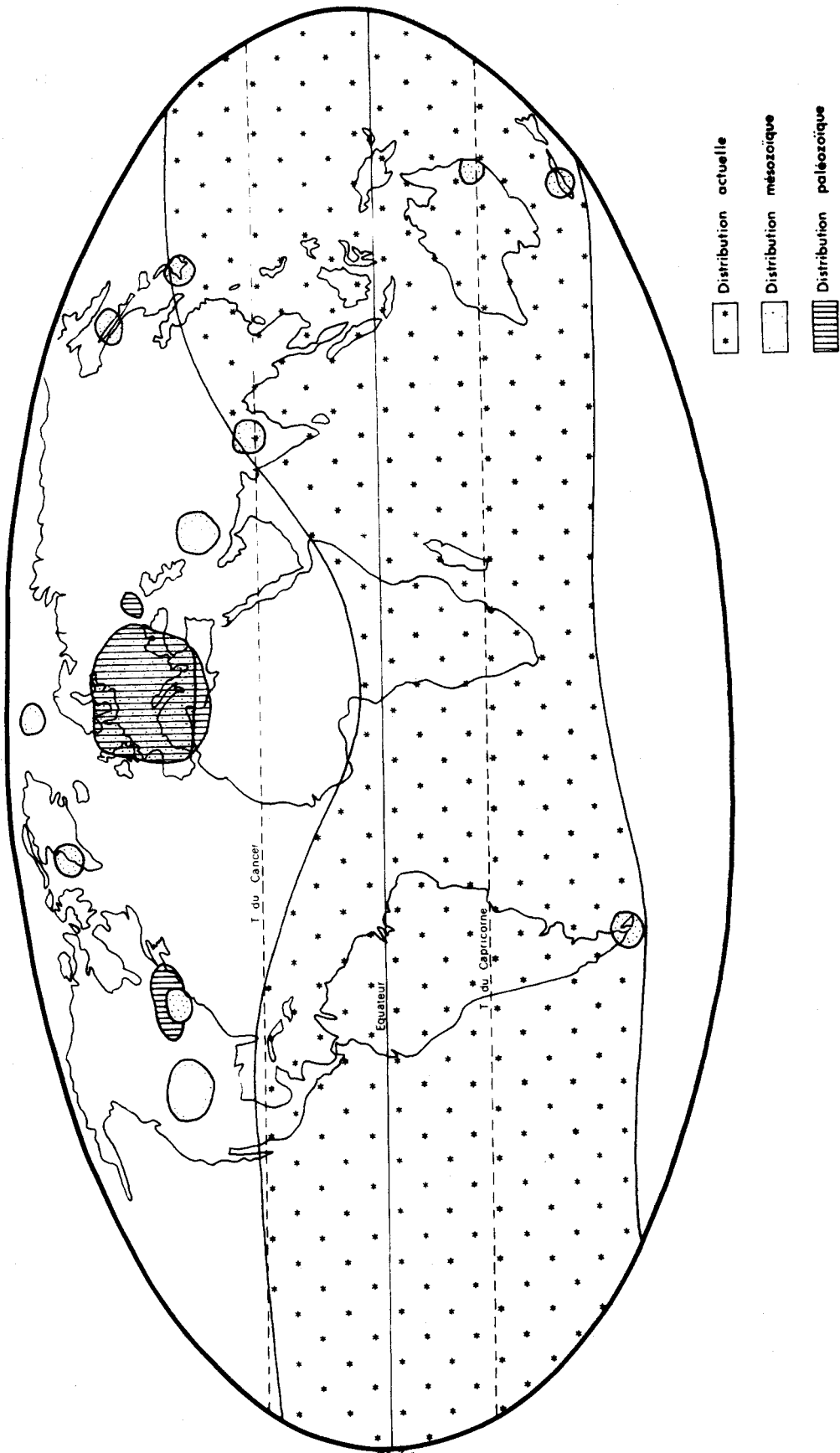
La contribution que j'ai tenté d'apporter dans l'étude d'un groupe paléobotanique un peu délaissé jusqu'alors ne prétend à rien d'autre que d'y jeter quelque lumière. J'ai parfaitement conscience qu'il ne comble pas grand'chose du vide impressionnant si bien mis en évidence par le planisphère de Bower (texte-fig. 123). Les modestes recherches que rapporte cet ouvrage doivent s'inscrire dans le cadre d'une étude plus approfondie de la flore paléozoïque et de ses liens avec l'actuelle. Elles ne représentent qu'une étape, que dis-je ! qu'un pas en avant dans ce vaste programme qui reste à établir et que devraient construire ensemble les chercheurs du monde entier. Dans un domaine où presque tout reste à faire, il faudrait une concertation pour fixer les objectifs, une permanente confrontation des résultats et une mise en commun des faibles moyens dont la plupart des laboratoires doivent se contenter.

En effet, la recherche géologique ne s'inscrit pas dans les préoccupations prioritaires des gouvernements et le budget qu'ils y consacrent ne risque pas, avant longtemps, de devenir somptuaire.

Les relations d'estime et d'amitié qui nous unissent aux collègues de la métropole ou d'autres pays, si réconfortantes qu'on les suppose, ne peuvent suffire à assurer une collaboration efficace.

Qu'il s'agisse d'élargir et de préciser la systématique des espèces fossiles, de déterminer par des techniques de plus en plus élaborées et grâce à un plus grand nombre de chercheurs les corrélations entre les données de la macroflore et celles de la palynologie dispersée, d'approfondir les comparaisons intercontinentales, pour tester, par exemple, la vraisemblance de la biozonation que je propose, ou de circonscrire au mieux les répartitions géographiques d'une multitude de taxons correctement identifiés, la nécessité d'une collaboration étroite et constante s'impose avec une inéluctable exigence.

Certes la paléobotanique est une science jeune, et c'est la meilleure excuse à notre ignorance. Mais son domaine est tellement vaste qu'il nous faudra longtemps encore en parler avec modestie. Il me revient souvent à l'esprit (et j'espère qu'il ne cessera de si-



Texte-fig. 123 - Evolution de la distribution géographique des représentants des *Gletcheniaceae* au cours des temps géologiques (d'après Bower, 1923, p. 328).

BUS
LILLE

tôt de le faire) l'humour féroce de Bernard Shaw qui disait à peu près ceci, en parlant du chercheur spécialisé : "Le spécialiste est celui qui sait de plus en plus de choses dans un domaine de plus en plus étroit. A la limite c'est celui qui sait tout sur rien".

Or, les géologues qui étudient la Terre courent un risque auquel échappent la plupart des autres chercheurs. Le danger pour nous, c'est le péché d'orgueil car, à partir du moment où l'on commence à comprendre un petit peu la Terre, on n'est pas loin de s'en croire le créateur.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- ABBOTT M. (1954).- Revision of the paleozoic fern genus *Oligocarpia*. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 96, Lief. 3-6, p. 39-65, 31 fig.
- ABBOTT M. (1961).- A coenopterid fern fructification from the upper freeport, n° 7, coal in southeastern Ohio. *J. Paleontol.*, vol. XXXV, n° 5, p. 981-985, pl. 115-116.
- ADERCA M., WILLIERE Y., DEMANET F., PASTIELS A., SCHEERE J. et VAN TASSEL R. (1958).- Etude géologique du Bassin Houiller de Charleroi. Le Massif du Carabinier dans la division Marcinelle des Charbonnages de Monceau-Fontaine. *Publ. Ass. Etud. Paleont.*, Bruxelles, n° 34, 210 p., 21 pl.
- ALPERN B. (1960).- Etude palynologique préliminaire du bassin houiller de Lorraine. Application à la corrélation des couches. *Bull. Soc. géol. France*, Paris, t. II, 7e sér., p. 527-533, pl. XI-XII.
- ALPERN B., CHOFFE M., LACHKAR G. et LIABOEUF J.J. (1969).- Synthèse des zonations palynologiques des bassins houillers de Lorraine et de Sarre. *Rev. Micropaleont.*, Paris, vol. 11, n° 4, p. 217-221, 2 fig.
- ALPERN B., CORSIN P.M., CORSIN P. et MERRY J.L. (1971).- Sur la stratigraphie du Westphalo-Stéphanien en Lorraine. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 272, p. 2513-2516.
- ALPERN B., LACHKAR G. et LIABOEUF J.J. (1967).- Le bassin houiller lorrain peut-il fournir un stratotype pour le Westphalien supérieur ? *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, n° 5, p. 75-91, 5 fig.
- ALPERN B. et LIABOEUF J.J. (1966).- Zonation palynologique du bassin houiller lorrain. *Zeitsch. deutsch. geol. Ges.*, Hanovre, Bd 117, I. T., p. 162-177, 2 pl., 5 fig.
- ALPERN B. et LIABOEUF J.J. (1967).- Considérations palynologiques sur le Westphalien et le Stéphanien : propositions pour un parastratotype. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 265, p. 840-843.
- ALVAREZ RAMIS C. (1965).- Primera aportación al estudio de los *Sphenopteris* del Carbonifero español. a) Estefaniense la partie. *Thèse Doctorat et Estud. geológicos*, Madrid, vol. XXI, 77 p., 63 pl., 34 fig.
- ALVAREZ RAMIS C. (1967).- Revision de los *Sphenopteris* del Estefaniense cantabrico. *Thèse Doctorat, Publ. Fac. Cs.*, Madrid, ser. A, n° 55, 211 p., 63 pl., 150 fig.
- ALVAREZ RAMIS C. (1977).- Segunda aportación al estudio de los *Sphenopteris* del Carbonifero español ; Westfaliense. *Estud. geológicos*, Madrid, vol. XXXIII, p. 141-165, 8 pl.
- ALVAREZ RAMIS C. et DOUBINGER J. (1969).- *Sphenopteris asturica* nueva especie. *Act. Geol. Hispanica*, Barcelonne, t. IV, n° 3, p. 60-63, 2 fig.
- ALVAREZ RAMIS C. et DOUBINGER J. (1973).- Sphénoptéridées du Stéphanien français. *96e Congr. nat. Soc. sav. Toulouse (1971)*, sect. Sci., Paris, t. V, p. 61-76, 2 pl.
- ALVAREZ RAMIS C. et DOUBINGER J. (1976).- Sphénoptéridées du bassin houiller de St-Etienne. *101e Congr. nat. Soc. sav.*, Lille, sect. Sci., fasc. I, p. 23-27, 10 fig., fig. A.
- ALVAREZ RAMIS C., DOUBINGER J. et GERMER R. (1978).- Die sphenopteridischen Gewächse des Saarkarbons. 1. Teil : *Sphenopteris sensu stricto*. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 165, Lief. 1-3, 42 p., 12 pl., 43 fig.
- ALVAREZ RAMIS C., DOUBINGER J. et GERMER R. (1979).- Die sphenopteridischen Gewächse des Saarkarbons. 2. Teil : *Alloiopteris* und *Palmatopteris*. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 170, Lief. 4-6, p. 126-150, 6 pl., 19 fig.
- ANDRAE C. (1865-1869).- Vorweltliche Pflanzen aus dem Steinkohlengebirge der preussischen Rheinlande und Westphalens, Bonn, 2 fasc., 50 p., 15 pl.

- ANDREWS H.N. (1943).- Contribution to our knowledge of american carboniferous floras. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 30, p. 429-443, pl. 10-14, 1 fig.
- ANDREWS H.N. (1970).- Index of generic names of fossil plants, 1820-1865. *Bull. U.S. geol. Survey*, Washington, n° 1300, 345 p.
- ARBER N.A.E. (1903).- The fossil flora of the Cumberland Coalfield and the palaeobotanical evidence with regard to the age of the beds. *Q.J. geol. Soc.*, Londres, vol. LIX, p. 1-24, pl. I-II.
- ARBER N.A.E. (1914).- On the Fossil Flora of the Kent Coalfield. *Q.J. geol. Soc.*, Londres, vol. LXX, n° 277, pt 1, p. 54-81, pl. XI-XIII.
- ARBER N.A.E. (1916).- On the Fossil Floras of the Coal Measures of South Staffordshire. *Ph. Trans. roy. Soc. London*, ser. B, vol. 208, p. 127-155, pl. 2-4, 3 fig.
- ARNOLD C.A. (1947).- An introduction to Paleobotany. *Mc Graw-Hill book Comp. edit.*, New-York et Londres, 433 p., 187 fig.
- AUTRAN A. et DERCOURT J. (1980).- L'évolution structurale de la France. *Coll. C7 Géologie de la France*, 26e Congr. Géol. intern., Paris, p. 7-23, 3 fig.
- BAILY W. (1860).- On *Corynepteris*, a new generic form of fossil fern ; with observations on the associated plants from the coal-measures of Glin County of Limerick. *J. geol. Soc. Dublin*, p. 237-241, pl. XXI.
- BARNARD P.D. et LONG A.G. (1975).- *Triradioxylon*, a new genus of lower Carboniferous petrified stems and petioles together with a review of the classification of early *Pterophytina*. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. 69, p. 231-249 (non vu).
- BARROIS C. (1882).- Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. *Mém. Soc. géol. Nord*, Lille, t. II, fasc. I, 630 p., 20 pl.
- BARTHEL M. (1958).- Stratigraphische und paläobotanische Untersuchungen im Rotliegenden des Döhlener Beckens (Sachsen). *Jb. staatl. Mus. Mineral., Geol.*, Dresde, p. 6-59, 15 pl., 9 fig., 7 tabl. h.-texte.
- BARTHEL M. (1962).- Epidermisuntersuchungen an einigen inkohlten Pteridospermenblättern des Oberkarbons und Perms. *Geologie*, Berlin, Jahr. 11, Beih. 33, 140 p., 41 pl., 70 fig., 1 tabl. h.-texte.
- BARTHEL M. (1967).- Sporen *in situ* aus dem Erzgebirgischen und Döhlener Becken. *Sond. Monatsb. deutsch. Akad. Wiss.*, Berlin, Bd 9, H. 4/5, p. 345-352, 3 pl.
- BARTHEL M. (1968).- "*Pecopteris*" *feminaeformis* (Schlotheim) Sterzel und "*Araucarites*" *spiciformis* Andrae in Germar. *Coenopterideen* des Stephans und Unteren Perms. *Paläontol. Abh.*, Berlin, Bd 11, n° 4, p. 727-742, 5 pl., 4 fig.
- BARTHEL M. (1975).- Neue Erkenntnisse und Fragen über des Oberkarbons und des Unteren Perms. *Wiss. Zeitsch. Humboldt-Universität Berlin, Math.-Natur.*, R. XXIV, n° 4, p. 461-474, 7 pl.
- BARTHEL M. (1976a).- Die Rotliegendflora Sachsens. *Abh. staatl. Mus. Mineral., Geol.*, Dresde, Bd 24, 190 p. 48 pl., 19 fig.
- BARTHEL M. (1976b).- Ergebnisse der floristischen Neubearbeitung des Rotliegenden in Sachsen. *Zeitsch. geol. Wiss.*, Berlin, vol. 4, n° 6, p. 291-293, 4 pl.
- BARTHEL M. (1980).- *Pecopteris*-Arten E.F. von Schlotheims aus Typuslokalitäten in der DDR. *Schrift. geol. Wiss.*, Berlin, n° 16, p. 275-304, 8 pl., 1 fig.
- BEHREND F. (1908).- Über einige Carbonfarne aus der Familie der Sphenopteriden. *J. kgl. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, Bd XXIX, pt 1, n° 3, p. 645-693, pl. XVII-XVIII.
- BELL W.A. (1938).- Fossil Flora of Sydney Coalfield, Nova Scotia. *Mem. geol. Surv. Ottawa*, n° 215, 334 p. 107 pl., 1 tabl. h.-texte.
- BELL W.A. (1944).- Carboniferous Rocks and Fossil Floras of Northern Nova Scotia. *Mem. geol. Surv. Ottawa*, n° 238, 276 p., 79 pl., 9 fig.
- BERTRAND P. (1909).- Etudes sur la fronde des Zygopteridées. *Thèse d'Etat*, Lille, 306 p., 16 pl., 37 fig.
- BERTRAND P. (1913).- Liste provisoire des *Sphenopteris* du bassin houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. XLII, p. 302-338.

- BERTRAND P. (1914).- Relations des empreintes de *Corynopteris* avec les *Zygopteris* à structure conservée. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 158, p. 740-742.
- BERTRAND P. (1928).- L'échelle stratigraphique du terrain houiller de la Sarre et de la Lorraine. *C.R. 1er Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, p. 83-90, 1 tabl.
- BERTRAND P. (1932).- Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. 1. Flore fossile, 2e fasc. Alethoptéridées. *Etud. Gêtes min. France*, Lille, p. 61-107, pl. XXXI-LX, fig. 9-22.
- BERTRAND P. (1933).- Valeur morphologique du rachis primaire des Cladoxylées et des Zygoptéridées. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 196, p. 364-366.
- BERTRAND P. (1934).- Observations sur la classification des vrais *Pecopteris*. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 199, p. 438-439.
- BERTRAND P. (1935).- Nouvelles corrélations stratigraphiques entre le Carbonifère des Etats-Unis et celui de l'Europe occidentale, d'après MM. Jongmans et Gothan. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LX, p. 1-16.
- BERTRAND P. (1937).- Tableaux des flores successives du Westphalien supérieur et du Stéphanien. *C.R. 2e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, p. 67-79.
- BIRENHEIDE R. et al. (1976).- Die Tiefbohrung Saar I. *Geol. Jhb.*, Hanovre, ser. A, pt 27, 551 p., 128 fig., 1 pl. h.-texte.
- BLASDELL R.F. (1963).- A monographic study of the fern genus *Cystopteris*. *Mem. Torrey bot. Club*, New-York, vol. 21, n° 4, p. 1-102, 23 pl.
- BOERSMA M. (1978).- A survey of the fossil flora of the "Illinger flözzone" ("Heusweiler Schichten", Lower Stephanian, Saar, German federal Republic). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, n° 26, p. 41-92, 12 pl., 2 tabl., 2 fig.
- BOERSMA M. et BROEKMEYER L.M. (1979).- Index of figured plant megafossils Carboniferous 1971-1975. *Spec. publ. Lab. Palaeobot. Palynol.*, Univ. Utrecht, Amsterdam, 183 p.
- BOLD H.C., ALEXOPOULOS C.J. et DELEVORIAS T. (1980).- Morphology of plants and fungi. *Harper and Row edit.*, 4e édit., New-York, 819 p.
- BOULAY N. (1876).- Le terrain houiller du Nord de la France et ses végétaux fossiles. *Thèse. Lefebvre-Ducrocq édit.*, Lille, 72 p., 4 pl., 5 tabl.
- BOUROZ A. (1962).- Sur la pluralité d'origine des tonstein (A propos d'une cinérite oligocène du Japon). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXXXII, p. 77-94, pl. V-X, 2 fig.
- BOUROZ A. (1970).- Synthèse des corrélations par les cinérites des bassins stéphanien français (Massif Central, Alpes externes, Jura). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 271, p. 1171-1174.
- BOUROZ A., GRAS H. et WAGNER R.H. (1970).- A propos de la limite Westphalien-Stéphanien et du Stéphanien inférieur. *Congr. et Colloques Univ. Liège*, vol. 55, p. 205-225, 2 fig.
- BOUROZ A., KNIGHT J.A., WAGNER R.H. et WINKLER-PRINS C. (1972).- Sur la limite Westphalien-Stéphanien et sur les subdivisions du Stéphanien inférieur *sensu lato*. *C.R. 7e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Krefeld, p. 241-261, 2 tabl., 3 fig.
- BOWER F.O. (1923, 1926, 1928).- The Ferns. Vol. I (1923) Analytical examination of the criteria of comparison : 359 p., 309 fig. ; vol. II (1926) The *Eusporangiatae* and other relatively primitive ferns : 344 p., fig. 310-580, cartes A-D ; vol. III (1928) The leptosporangiate ferns : 306 p., fig. 581-755.
- BRIDEN J., DREWRY G. et GILBERT SMITH A. (1974).- Phanerozoic equal-area world maps. *J. Geology*, Chicago, vol. 82, p. 555-574, 18 fig.
- BRONGNIART A. (1828-1838).- Histoire des Végétaux fossiles. *G. Dufour et Ed. d'Ocagne édit.*, Paris, t. I : 488 p., 166 pl., t. II : 72 p., 30 pl.
- BROUSMICHE C. (1976).- Précisions sur les organes reproducteurs de *Nemejcopteris feminaeformis* (Schlotheim). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. XCVI, n° 3, p. 233-237, pl. XIV-XVI, 2 fig.
- BROUSMICHE C. (1977).- Considérations sur *Discopteris occidentalis* Gothan 1954 (*Pteridophyta* du Westphalien d'Europe occidentale). *Géobios*, Lyon, n° 10, fasc. 2, p. 251-273, 5 pl., 1 tabl., 7 fig.

- BROUSMICHE C. (1978).- *Grambastia (Sphenopteris) goldenbergii* (Andrae) nov. comb., espèce-type d'un nouveau genre de fougère leptosporangiée du Carbonifère. *Géobios*, Lyon, n° 11, fasc. 2, p. 157-173, 4 pl., 2 fig.
- BROUSMICHE C. (1979a).- *Pecopteris (Asterotheca) sarrei* P. Corsin, 1951, forme fertile de *Sphenopteris damesi* (Stur, 1885). *Géobios*, Lyon, n° 12, fasc. 1, p. 75-97, 5 pl., 3 fig.
- BROUSMICHE C. (1979b).- Précisions sur "*Discopteris opulenta* Danzé (*Pteridophyta* du Westphalien C et D inférieur d'Europe occidentale). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. XCVIII, n° 1, p. 105-112, pl. VIII-IX, 2 fig.
- BROUSMICHE C. (1982).- Sur la synonymie de *Crossotheca boulayi* Zeiller, 1886-88 et *Crossotheca bourozi* Danzé, 1956 avec l'espèce-type du genre : *Crossotheca crepinti* Zeiller, 1883. Une nouvelle interprétation de la fructification. *Géobios*, Lyon, n° 15, fasc. 5, p. 679-703, 5 pl., 1 tabl., 3 fig.
- BROUSMICHE C. et LAVEINE J.P. (1982).- Caractères, répartition et synonymie du *Pecopteris avoldensis* (Stur) dans le bassin houiller sarro-lorrain. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. CI, p. 51-63, pl. I-IV, 2 fig.
- BROUTIN J. (1973).- Découverte de fructifications de *Zygopteridaceae* dans le Carbonifère supérieur du Sud de l'Espagne. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 276, n° 10, p. 1537-1540, 2 pl.
- BUNBURY C.F.T. (1853).- Fossil plants of the Carboniferous Formation of neighbourhood of Bussaco in Portugal. Appendix A. *Proc. of geol. Soc.*, Londres, p. 143-146.
- BUREAU M. (1914).- Bassin de la Basse-Loire. Fasc. II : Description des flores fossiles. *Etud. Gtes min. France*, Paris, 417 p., 80 pl.
- CANRIGHT J. (1959).- Fossil plants of Indiana. *Geol. Surv. Indiana, Rep. of Progr.*, Bloomington, n° 14, 45 p., 5 pl., 3 tabl., 3 fig.
- CARLQUIST S. (1966).- The biota of long-distance dispersal. III. Loss of dispersability in the Hawaiian flora. *Brittonia*, vol. 18, p. 310-335, 7 fig.
- CARPENTIER A. (1907).- Note sur quelques inflorescences de *Crossotheca* trouvées dans le bassin houiller du Nord. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. XXXVI, p. 139.
- CARPENTIER A. (1913).- Contribution à l'étude du Carbonifère du Nord de la France. *Mém. Soc. géol. Nord*, Lille, t. VII, II, 458 p., pl. A-C, I-XI, 87 fig.
- CARPENTIER A. (1934).- Fructifications du Westphalien du Nord de la France. *Rev. gén. Botanique*, Paris, t. 46, p. 577-585, pl. XLVI-XLIX.
- CARPENTIER A. (1947).- Note sur les microspores de quelques Ptéridospermées. *Ann. Soc. natur. Bot.*, Paris p. 299-304, pl. IV-VI.
- CARPENTIER A. et DEPAPE G. (1914).- Sur quelques *Sphenopteris* fertiles du Westphalien du Nord de la France *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. XLIII, p. 306-322, pl. IV-V.
- CHALONER W.G. et MEYEN S.V. (1973).- Carboniferous and Permian Floras of the Northern Continents in Atlas of Palaeobiogeography, *Hallam edit.*, p. 169-186, 4 pl., 4 fig.
- CLEAL C.J. (1978).- Floral biostratigraphy of the upper Silesian Pennant Measures of South Wales. *Geol. J.*, Liverpool, vol. 13, pt 2, p. 165-194, pl. 13-14, 10 tabl. 8 fig.
- CLEAL C.J. (1982).- The Ravenhead collection of fossil plants. *The amateur Geologist*, Liverpool, vol. IX, pt 11, p. 12-23, 5 pl., 2 fig.
- COCKS L.R.M. et Mc KERROW W.S. (1973).- Brachiopod distributions and faunal provinces in the Silurian and lower Devonian. *Sp. paper in Palaeontology*, n° 12, p. 291-304, 6 fig.
- COPELAND E.B. (1947).- *Genera Filicum*. *Ann. Cryptog. et Phytopathol., Chronica Botanica Cie edit.*, Waltham, vol. V, p. I-XVI, 1-247, 10 pl.
- CORDA A.C.J. (1845).- Flora Protogaea. Beiträge zur Flora der Vorwelt. *S. Calvary and Co*, Berlin, 128 p., 60 pl.
- CORNET B., PHILLIPS T. et ANDREWS H. (1976).- The morphology and variation in *Rhacophyton ceratangium* from the Upper Devonian and its bearing on frond evolution. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 158, Lief. 5-6, p. 105-129, 7 pl., 6 fig.

- CORSIN P. (1926).- Sur la position systématique du *Zeilleria avoldensis*. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LI, p. 396.
- CORSIN P. (1927).- Sur la position systématique du *Zeilleria avoldensis* Stur. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LII, p. 28-35, pl. I-II.
- CORSIN P. (1932).- Guide paléontologique dans le terrain houiller du Nord de la France. *Trav. et Mém. Univ. Lille*, Albums, fasc. 5, 44 p., pl. A-C, I-XL.
- CORSIN P. (1948).- Reconstitution de Pécoptéridées : genres *Caulopteris* Lindley et Hutton, *Megaphyton* Artis et *Hagiophyton* nov. gen.. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXVII, p. 6-25, pl. I-IV, 4 fig.
- CORSIN P. (1951a).- Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. I- Flore fossile, 4e fasc., Pécoptéridées. *Etud. Gtes min. France*, Lille, p. 177-370, pl. CVIII-CXCIX.
- CORSIN P. (1951b).- Sur la limite entre le Westphalien et le Stéphanien et sur la flore du Westphalien D et du Stéphanien A. *C.R. 3e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, p. 93-98.
- CORSIN P. (1955a).- Position systématique des *Pecopteris*. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 240, p. 661-663.
- CORSIN P. (1955b).- Sur les *Pecopteris* et leur position systématique. *Ann. So. natur., Bot.*, Paris, 11e sér., p. 493-501.
- CORSIN P. et CORSIN P.M. (1972).- Le sondage de Gironville (Meuse). Présence du Westphalien A et probablement du Namurien supérieur dans le sous-sol lorrain au-dessus du socle viséen. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 274, p. 3197-3201.
- CORSIN P. et DALINVAL A. (1954).- Sur l'attribution des *Megaphyton* et des *Caulopteris* à certain type de *Pecopteris*. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 239, p. 1529-1531.
- CORSIN P. et GREBER C. (1948).- Sur la morphologie des frondes des *Pecopteris* dont les troncs sont connus sous le nom de *Megaphyton*. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXVIII, p. 65-75, pl. III, 1 fig.
- CREPIN F. in MOURLON H. (1881).- Liste des végétaux fossiles du terrain houiller proprement dit. *Géologie de la Belgique*, Bruxelles, t. II, p. 59-64.
- CRIDLAND A. (1966).- *Biscalitheca kansana* n. sp. (Coenopteridales, *Zygopteridaceae*), a compression from the Lawrence Shale (Upper Pennsylvanian), Kansas, U.S.A. *Amer. J. Bot.*, Baltimore, vol. LIII, n° 10, p. 987-994, 25 fig.
- CRIDLAND A. (1967).- Reinterpretation of *Monoscalitheca*. *Amer. J. Bot.*, Baltimore, vol. LIV, n° 5, p. 653
- CRIDLAND A. (1971).- *Monoscalitheca*, a synonym of *Biscalitheca* (Coenopteridales). *Bull. Torrey bot. Club*. Lancaster, P.A. 98, n° 55, p. 258-264, 9 fig.
- CRIDLAND A., MORRIS J. et BAXTER R. (1963).- The Pennsylvanian plants of Kansas and their stratigraphic significance. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 112, Lief. 1-3, p. 58-92, pl. 17-24, 4 fig., 2 tabl. h.-texte.
- CROOKALL R. (1925).- On the Fossil Flora of the Bristol and Somerset Coalfield. Pt II. *Geol. Mag.*, Londres, t. LXII, p. 385-410, pl. XVI-XVIII.
- CROOKALL R. (1929).- Coal Measure Plants. *Edward Arnold and Co edit.*, Londres, 80 p., 39 pl.
- CROOKALL R. (1930).- *Crossothea* and *Lyginopteris oldhamia*. *Ann. Bot.*, vol. XLIV, n° CLXXV, p. 621-637, pl. XXXIII-XXXIV.
- CROOKALL R. (1955).- Fossil Plants of the Carboniferous Rocks of Great Britain. *Mem. geol. Surv. Great Britain, Palaeontol.*, Londres, vol. IV, pt 1, 84 p., 24 pl., 32 fig.
- DABER R. (1955).- Pflanzengeographische Besonderheiten der Karbonflora des Zwickau-Lugauer Steinkohlenreviers A. Pteridophyllen (farnlaubige Gewächse). *Akademie-Verlag*, Berlin, n° 13, 95 p., 25 pl., 6 fig.
- DAGHLIAN C.P. et TAYLOR T.N. (1978).- A new method for isolating pollen and spores from acetate peels for scanning electron microscopy. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, n° 27, p. 85-89, 1 pl.
- DALINVAL A. (1960).- Les *Pecopteris* du bassin houiller du Nord de la France. *Et. géol. Atlas Top. Sout.*, H.B.N.P.C., Douai, I.- Flore fossile, 3e fasc., 222 p., 61 pl., 2 tabl., 36 fig.
- DANZE J. (1951).- Sur le phyllophore et les rachis de *Corynepteris coralloides* Gutbier. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXXI, p. 145-154, pl. XI, 3 fig.

- DANZE J. (1954).- I.- Une nouvelle méthode de transfert des limbes fossiles carbonifères ; II.- Considérations sur la fossilisation. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXXIII, n° 2, p. 142-153.
- DANZE J. (1955a).- Evolution de la pinnule chez les *Sphenopteris*. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 240, p. 1565-1567.
- DANZE J. (1955b).- Rôle du développement ontogénique dans la diagnose paléobotanique. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXXV, n° 2, p. 83-93, pl. V, fig. 2.
- DANZE J. (1955c).- Le *Sphenopteris formosa* Gutbier : une application des diagnoses d'évolution ontogénique. *Bull. Soc. Bot. Nord France*, Lille, t. VIII, n° 2, p. 28-33, 1 fig.
- DANZE J. (1955d).- *Discopteris Bertrandi* nov. sp. Evolution ontogénique de la fructification chez ce *Discopteris*. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXXV, p. 96-110, pl. VI.
- DANZE J. (1955e).- Le genre *Crossotheca* Zeiller. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 241, p. 1616-1618.
- DANZE J. (1956).- Contribution à l'étude des *Sphenopteris* : les fougères sphénoptéridiennes du bassin houiller du Nord de la France. *Et. géol. Atlas Top. Sout.*, H.B.N.P.C., Douai, 568 p., 86 pl., 6 tabl., 67 fig.
- DANZE J. (1960a).- Fructifications sphénoptéridiennes. *Bull. Soc. géol. France*, Paris, 7e sér., t. II, p. 581-589, pl. XIV, 1 fig.
- DANZE J. (1960b).- Remarques sur quelques fructifications de fougères carbonifères. *C.R. 4e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, p. 93-99, 6 fig.
- DARRAH W.C. (1938).- A new fossil gleicheniaceous fern from Illinois. *Harv. Univ. Bot. Mus. Leaflets*, n° 5, p. 145-159.
- DARRAH W.C. (1969).- A critical review of the Upper Pennsylvanian floras of eastern United States with notes on the Mazon Creek flora of Illinois. Boston, 219 p., 80 pl.
- DARRAH W.C. et BERTRAND P. (1933).- Observations sur les flores houillères de Pennsylvanie (régions de Wilkes-Barre et de Pittsburgh). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 197, p. 1451-1452.
- DAVAUD E. et GUEX J. (1978).- Traitement analytique "manuel" et algorithmique de problèmes complexes de corrélations biochronologiques. *Eclogae geol. Helv.*, Bâle, vol. 71, n° 3, p. 581-610, 1 pl., 2 tabl., 6 fig.
- DAWSON J.W. (1862).- On the flora of the Devonian period in North-eastern America. *Q.J. geol. Soc.*, Londres, vol. XVIII, p. 296-330, pl. XII-XVII.
- DAWSON J.W. (1882).- The fossil plants of the Erian (Devonian) and Upper Silurian Formations. *Geol. Surv. Canada*, Montréal, pt II, p. 95-142, pl. XXI-XXIV.
- DAWSON J.W. (1888).- The geological History of plants. *Kegan P., Trench and Co edit.*, Londres, 290 p., 76 fig.
- DE JONG T.A.H. (1974).- The fossil flora of Bous-Völklingen (Upper Westphalian, Saar Basin). *Thèse, Drukkerij Elikwijk edit.*, Utrecht, 100 p., 37 pl., 8 fig.
- DEPAPE G. et CARPENTIER A. (1913).- Présence des genres *Gnetopsis* B. Renault et R. Zeiller et *Urnatopteris* Kidston dans le Westphalien du Nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXII, p. 294-301, pl. XII.
- DEPAPE G. et CARPENTIER A. (1915).- Sur quelques graines et fructifications du Westphalien du Nord de la France. *Rev. gén. Botanique*, Paris, t. XXVII, p. 321-333, pl. 7-9.
- DONSIMONI M. (1981).- Le bassin houiller lorrain. *Mém. B.R.G.M.*, Orléans, n° 117, 99 p., 21 fig., 21 tabl., 15 pl. h.-texte.
- DOUBINGER J. (1953).- Contribution à l'étude du Stéphanien supérieur flore de l'assise de Breitenbach (Sarre). *78e Congr. nat. Soc. sav.*, p. 73-79.
- DOUBINGER J. (1956a).- Sur la présence du genre *Desmopteris* dans le Stéphanien de Saint-Perdoux (Lot). *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. LXXVI, p. 97-104, 2 fig.
- DOUBINGER J. (1956b).- Contribution à l'étude des flores autuno-stéphaniennes. *Mém. Soc. géol. France*, Paris, t. XXXV, n° 75, 180 p., 17 pl., 8 tabl., 20 fig.
- DOUBINGER J. (1957).- Sur la flore du bassin houiller d'Argentat (Corrèze). *Bull. Soc. géol. France*, Paris, 6e sér., t. VII, p. 271-279, pl. XVIII, 1 tabl.

- DOUBINGER J. (1959).- Remarques sur les *Sphenopteris* du Stéphanien. *Bull. Soc. Et. scient.*, Angers, nov. sér., 2, p. 114-116.
- DOUBINGER J. et ALVAREZ RAMIS C (1963).- Sphénoptéridées du Carbonifère de Tineo (Asturies). *Estud. geológicas*, Madrid, vol. XIX, p. 193-204, 4 pl., 4 fig.
- DOUBINGER J. et GERMER R. (1971).- Neue Pecopteridenfunde im Saarkarbon. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 133, Lief. 1-3, p. 72-88, pl. 21-24, 16 fig.
- DOUBINGER J. et GERMER R. (1974).- Description de quelques frondes sphénoptéridiennes du Carbonifère sarro-lorrain. *99e Congr. nat. Soc. sav.*, Besançon, fasc. II, p. 373-381, 2 pl.
- DOUBINGER J. et VETTER P. (1951a).- Contribution à l'étude du bassin houiller de Decazeville. Flore fossile du Mazel. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 232, p. 2338-2339.
- DOUBINGER J. et VETTER P. (1951b).- Contribution à l'étude du Stéphanien supérieur dans le Massif Central français. *C.R. 3e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, t. I, p. 149-155, pl. 4, fig. 3.
- DOUBINGER J. et VETTER P. (1958).- Sur la flore fossile du bassin houiller de Carmaux. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 246, p. 1605-1608.
- DOUBINGER J. et VETTER P. (1969).- Observations et réflexions sur les zones paléobotaniques des bassins de Carmaux et de Decazeville. *C.R. 6e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Sheffield, vol. I, p. 171-182, 1 tabl., 5 fig.
- EGEMEN M.R. (1959).- Zonguldak Havzasi, Kozlu, Ihsaniye Tabakalarında Bulunan Bazı Fosil Bitkilerin Tetkiki (On the Significance of the Flora Found in the Ihsaniye Beds at Kozlu, Zonguldak). *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, sér. B, t. XXIV, fasc. 1-2, p. 1-24, 6 pl., 1 tabl. h.-texte.
- EGGERT D. (1964).- The question of the phylogenetic position of the Coenopteridales. *Bull. Torrey bot. Club*, Lancaster, vol. 21, n° 5, p. 38-57, 33 fig.
- EGGERT D. et DELEVORYAS I. (1967).- Studies of paleozoic ferns : *Sermaya*, gen. nov. and its bearing on filicalean evolution in the Paleozoic. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 120, Lief. 5-6, p. 169-180, pl. 34-38.
- EGGERT D. et TAYLOR T.N. (1966).- Studies of Paleozoic ferns : on the genus *Tedelea* gen. nov. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 118, Lief. 1-3, p. 52-73, pl. 8-11, 8 fig.
- EGGERT D. et TAYLOR T.N. (1971).- *Telangiopsis* gen. nov., an upper mississippian pollen organ from Arkansas. *Bot. Gaz.*, Chicago, n° 132 (1), p. 30-37, 8 fig.
- EMBERGER L. (1944).- Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants (Eléments de paléobotanique et de morphologie comparée), *Masson et Cie édit.*, Paris, 489 p., 457 fig.
- EMBERGER L. (1968).- Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants (Eléments de Paléobotanique et de morphologie comparée), *Masson et Cie édit.*, Paris, 758 p., 743 fig.
- ETTINGSHAUSEN C. von (1852).- Die Steinkohlenflora von Stradonitz in Böhmen. *Abh. k. k. geol. Reichsanst.*, Vienne, Bd I, Abt. III, n° 4, 18 p., 6 pl.
- ETTINGSHAUSEN C. von (1854).- Die Steinkohlenflora von Radnitz in Böhmen. *Abh. k. k. geol. Reichsanst.*, Vienne, Bd II, Abt. III, n° 3, 74 p., 29 pl.
- FEISTMANTEL O. (1872).- Ueber Fruchstadien fossilen Pflanzen. *Abh. k. böhm. Gesellsch. Wiss.*, Prague (non vu).
- FEISTMANTEL O. (1874).- Steinkohlen- und Perm- Ablagerung im Nord-Western von Prag. *Abh. k. böhm. Gesellsch. Wiss.*, Prague, ser. VI, Bd 6, 110 p., 2 pl.
- FEISTMANTEL O. (1876).- Versteinerungen der Boehmischen Kohlenablagerungen. III. Abteilung und Schluss, Cassel, p. I-XII, 1-94, pl. I-XVIII.
- FEYS R. et AUTRAN A. (1980).- Une vue d'ensemble sur les bassins houillers de France. Les ressources minérales et énergétiques. *Coll. 27 Géologie de la France, 26e Congr. Géol. intern.*, Paris, p. 324-329, 2 fig.
- FISSUNENKO O. et LAVEINE J.P. (sous presse).- Comparaison entre la distribution des principales espèces-guides végétales du Carbonifère moyen dans le bassin du Donetz (U.R.S.S.) et les bassins du Nord-Pas-de-Calais et de Lorraine (France).

- FLORIN R. (1937).- On the morphology of the Pollen-grains in some paleozoic Pteridosperms. *Svensk. bot. Tidskr.*, Stockholm, vol. 31, p. 305-338, pl. 1-3.
- FRANCIS E.H. (1961).- Thin beds of graded kaolinized tuff and tuffaceous siltstone in the Carboniferous of Fife. *Bull. geol. Surv. Great Britain*, Londres, n° 17, p. 191-215, pl. VI-VIII, 6 fig.
- GALTIER J. (1968).- Un nouveau type de fructification filicinéenne du Carbonifère inférieur. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 266, p. 1004-1007, 2 pl.
- GALTIER J. et GRAMBAST L. (1972).- Observations nouvelles sur les structures reproductrices attribuées à *Zygopteris lacattei* (Coenoptéridales de l'Autuno-Stéphanien français). *Rev. Palaeobot. Palynol.* Amsterdam, vol. XIV, n° 112, p. 101-111, 1 pl.
- GALTIER J. et HOLMES J. (1976).- Un *Corynepteris* à structure conservée du Westphalien d'Angleterre. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 282, p. 1265-1268, 2 pl.
- GALTIER J. et SCOTT A.C. (1979).- Studies of paleozoic ferns : on the genus *Corynepteris*. A redescription of the type and some other european species. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 170, Lief 4-6, p. 81-125, 5 pl., 1 tabl., 14 fig.
- GEINITZ H. (1855).- Darstellung der Flora des Hainichen-Ebersdorfer und des Floehaer Kohlenbassins im Vergleich zu der Flora des zwickauer Steinkohlengebirges, Leipzig, 61 p., 35 pl.
- GEINITZ H. et GUTBIER A. von (1848-49).- Die Versteinerungen des Zachsteingebirges und Rothliegenden oder des permischen Systemes in Sachsen, Dresde et Leipzig, H. I (1848) : 26 p., 8 pl. ; H. II (1849) : 31 p., 11 pl.
- GERMAR E.F. (1844-1853).- Die Versteinerungen des Steinkohlengebirges von Wettin und Löbejün im Saalkreis. Halle, C.A. Schwetschke und Sohn., texte : 116 p. ; atlas : 40 pl.
- GERMER R. (1971).- Leitfossilien in der Schichtenfolge des Saarkarbons. *Beih. geol. Landesauf Saarlands*, Sarrebruck, n° 3, 124 p., 18 pl., 2 tabl., 89 fig.
- GERMER R. (1975).- Lokalformen aus der Flora des Saarkarbons. *Abh. Arbeitsgem. für tier und pflanzengeogr. Heimatforsch. im Saarland*, Sarrebruck (non vu).
- GERMER R., KNEUPER G. et WAGNER R.H. (1968).- Zur Westfal/Stefan-Grenze und zur Frage der asturischen Faltungsphase im Saarbrücker Hauptsattel. *Geol. et Palaeontol.*, Marburg, 2, p. 59-71, 2 pl., 7 fig.
- GERRARD J. (1904).- Notes on fossils found above the Bradford four feet Coal at Bradford Colliery, Manchester. *Trans. Manchester Geol. min. Soc.*, Manchester, pt XIX, vol. XXVIII, p. 555-562.
- GIANNASI D.E. (1974).- Phytochemical aspects of fern systematics. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 61, n° 2, p. 368-378, 2 tabl., 2 fig.
- GOEPPERT H. (1836).- Systema filicum fossilium. *Verh. Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinischen Akad. Naturforscher*, Breslau et Bonn, suppl. à Bd 17, p. I-XXXII, 486 p., 44 pl.
- GOEPPERT H. (1841).- Les genres des plantes fossiles comparés avec ceux du monde moderne expliqués par des figures, 120 p., 56 pl.
- GOTHAN W. (1912).- Einige bemerkenswerte neuere Funde von Steinkohlenpflanzen in der Dortmunder Gegend. *Verhandl. d. Naturh. Vereins.*, Berlin, n° 69, p. 239-253, pl. III-V.
- GOTHAN W. (1913).- Die oberschlesische Steinkohlenflora. I : Farne und farnähnliche Gewächse (Cycadofilices bzw. Pteridospermen). *Abh. könig. geol. Landesanst.*, Berlin, N.F., n° 75, 279 p., 53 pl., 17 fig.
- GOTHAN W. (1915).- Pflanzengeographisches aus der paläozoischen Flora mit Ausblicken auf die mesozoischen Folgefloraen. I. Teil. *Bot. Jb. für Syst., Pflanzengesch. und Pflanzengeogr.*, Leipzig, Bd 52, H. 3, p. 221-271, 10 fig.
- GOTHAN W. (1921).- Paläobotanische Mitteilungen (1-4). *Jb. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, vol. 42, p. 769-779, 5 fig.
- GOTHAN W. in GÜRICH G. (1923).- Leitfossilien. III Karbon und Perm. *Gebrüder Borntraeger Verlag*, Berlin, 187 p., 48 pl., 144 fig.
- GOTHAN W. (1929).- Die Steinkohlenflora der westlichen paralischen Carbonreviere Deutschlands. *Jb. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, Bd I, H. 1, 46 p., 16 pl., 2 fig.

- GOTHAN W. (1933).- Zur Paläontologie und Stratigraphie des Saarbeckens. *Sond. Zeitsch. deutsch. geol. Gesellsch.*, Berlin, Bd 85, H. 5, p. 398-412, 3 fig.
- GOTHAN W. (1935).- Die Steinkohlenflora der westlichen paralischen Steinkohlenreviere Deutschlands. *Abh. könig. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, N.F., n° 167, Lief. 3, 58 p., 48 pl., 8 fig.
- GOTHAN W. (1941).- Die Steinkohlenflora der westlichen paralischen Steinkohlenreviere Deutschlands. *Abh. i. Reichsstelle f. Bodenforschung*, Berlin, N.F., n° 196, Lief. 4, 54 p., 71 pl.
- GOTHAN W. (1951).- Die Merkwürdigen Pflanzegeographischen Besonderheiten in den mitteleuropäischen Karbonfloraen. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 91, p. 109-130, 2 fig.
- GOTHAN W. (1954).- Pflanzegeographisches aus dem mitteleuropäischen Karbon. *Sond. Zeitsch. "Geologie"*, Berlin, Bd 3, n° 3, p. 219-257, 4 pl., 5 fig.
- GOTHAN W. et REMY W. (1957).- Steinkohlenpflanzen. Leitfaden zum Bestimmen der wichtigsten pflanzlichen Fossilien des Paläozoikums im rheinisch-westfälischen Steinkohlengebiet. *Verlag "Glückauf" G.M.B.H.*, Essen, 248 p., 5 tabl., 221 fig.
- GOTHAN W. et WEYLAND H. (1954).- Lehrbuch der Paläobotanik. *Akademie-Verlag*, Berlin, 535 p., 419 fig.
- GOTHAN W. et WEYLAND H. (1964).- Lehrbuch der Paläobotanik. *Akademie-Verlag*, Berlin, 594 p., 29 pl., 4 tabl., 339 fig.
- GRAUVOGEL-STAMM L. et DOUBINGER J. (1975).- Deux fougères fertiles du Stéphanien du Massif Central (France). *Géobios*, Lyon, n° 8, fasc. 6, p. 409-421, pl. 37-41, 2 fig.
- GREBER C. (1965).- Flore et Stratigraphie du Carbonifère des Alpes françaises. *Mém. B.R.G.M.*, Orléans, n° 21, 380 p., 60 pl., 37 fig.
- GUEX J. (1977).- Une nouvelle méthode d'analyse biochronologique. Note préliminaire. *Bull. Soc. vaud. Sc. natur.*, Lausanne, n° 351, vol. 73, et *Bull. Lab. Géol., Min., Géoph. et Mus. géol.*, Lausanne, n° 224, p. 309-322, 9 fig.
- GUEX J. (1978).- Influence du confinement géographique des espèces fossiles sur l'élaboration d'échelles biochronologiques et sur les corrélations. *Bull. Soc. vaud. Sc. natur.*, Lausanne, n° 354, vol. 74, et *Bull. Lab. Géol., Min., Géoph. et Mus. géol.*, Lausanne, n° 230, p. 115-124, 11 fig.
- GULLVAG B.M. (1966).- The fine structure of pollen grains and spores : a selective review from the last twenty years of research. *Phytomorphology*, vol. 16, p. 211-227, 5 fig.
- GUTBIER A. von (1835).- Abdrücke und Versteinerungen des zwickauer Schwartzkohlengebirges und seiner Umgebungen, Zwickau, 80 p., 15 pl.
- GUTBIER A. von (1843).- Gaa von Sachsen (non vu), p. 67-93.
- GUTHÖRL P. (1936).- Die tierischen Leitfossilien des Saarbrücker Steinkohlengebirges. *Abh. Berg. Hutten Zeitsch. "Glückauf"*, Essen, n° 18, p. 427-432, 16 fig.
- GUTHÖRL P. (1940).- *Sphenopteris jamesi* (Stur) und ihre Bedeutung für die Stratigraphie des Saarkarbons. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 84, p. 117-132, pl. VI-VIII, 5 fig.
- GUTHÖRL P. (1941).- Neue Feststellungen stratigraphischer Art im Saarbrücker Steinkohlengebirge. *Abh. Berg. Hutten Zeitsch. "Glückauf"*, Essen, n° 16, p. 248-252, 9 fig.
- GUTHÖRL P. (1943).- Pflanzenreste aus den Rothell-Aufschlüssen der Grube St. Ingbert-Saar und ihre Bedeutung für die Stratigraphie und Tektonik des Saarkarbons. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 87, p. 137-153, pl. XXVII-XXX, 2 fig.
- GUTHÖRL P. (1948).- Querschnitt durch das saar-lothringische Karbon. 2. Neue geologische Untersuchungsergebnisse auf Grund von Pflanzen- und tierresten aus dem Bereich der südlichen Rand-Überschiebung im Felde der Grube Frankenholz-Saar, 11. Sohle. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 88, Lief. 1-3, p. 87-112, pl. 14-17, 17 fig.
- GUTHÖRL P. (1949).- Neue Beobachtungen und Feststellungen über das Vorkommen und die Ausbildung der Tonsteine des saar-lothringischen Karbons. *Abh. Berg. Hutten Zeitsch. "Glückauf"*, Essen, n° 29/30, p. 521-525, 2 fig.
- GUTHÖRL P. (1951a).- Die Leit-Fossilien und Stratigraphie des saar-lothringischen Karbons. *C.R. 3e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, p. 233-242, pl. 11-13, 7 fig.

- GUTHÖRL P. (1951b).- Die Tonsteine des saar-lothringischen Karbons und ihre stratigraphische Bedeutung. *J.R. 3e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, p. 243-249, 6 fig.
- GUTHÖRL P. (1953).- Querschnitt durch das Saar-Lothringische Karbon. 3. Pflanzen-und Tierreste aus dem Haupt-Querschlag I (Rothell-Querschlag). 5. Sohle der Grube Hirschbach-Saar und ihre Auswertung zur Klärung der Stratigraphie und Tektonik im Bereich der Haupt-Überschiebung. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 94, Lief. 5-6, p. 139-191, pl. 16-24, 15 fig.
- GUTHÖRL P. (1954).- Querschnitt durch das Saarbrücker Steinhohleengebirge. *Abh. Berg. Hutten Zeitsch. "Glückskauf"*, Essen, Bd 90, n° 27/28, p. 729-738, 11 fig.
- GUTHÖRL P. (1957).- Querschnitt durch das Saar-Lothringische Karbon. 4. Pflanzen-und Tierreste aus den Aufschlüssen Zeigelei Müller (Wellesweiler) und der Bohrlöchern Wellersweiler (276), Hangard 1 (338) und Hangard 2 (340) sowie ihre Bedeutung für die Klärung der Stratigraphie und Tektonik im östlichen Teil des Saarbrücker Steinkohlegebietes. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 102, Lief. 1-3, 70 p., 16 pl., 18 fig., pl. h.-texte A-E.
- GRAND'EURY F. (1877).- Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France. *Mém. Acad. Sc. Inst. France*, Paris, n° 24, 624 p., 34 pl.
- HAGENAH D.J. (1961).- Spore studies in the genus *Cystopteris*. I. The distribution of *Cystopteris* with non-spiny spores in North America. *Rhodora, J. New England bot. Club*, vol. 63, n° 751, p. 181-193.
- HALLE T.G. (1933).- The structure of certain fossil spore-bearing organs believed to belong to Pteridosperm. *Kungl. sv. vet. Akad. Handlingar*, Stockholm, 3e sér., Bd 12, n° 6, 103 p., 15 pl., 14 fig.
- HARRIS T.M. (1961).- The Yorkshire Jurassic Flora. I.- *Thallophyta-Pteridophyta*. *Mem. british Mus. natur. Hist.*, Londres, 212 p., 71 fig.
- HARTUNG W. (1935).- Flora und Altersstellung des Karbons im Westbalkan (Bulgarien). *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 80, p. 52-100, pl. X-XV.
- HARTUNG W. (1938).- Flora und Altersstellung des Karbons von Hainichen - Ebersdorf und Borna bei Chemnitz. *Abh. sächs. geol. Landesanst.*, Freiberg, t. 18, 140 p., 18 pl.
- HIRMER M. (1927).- Handbuch der Paläobotanik. Berlin, Bd I, 708 p., 817 fig.
- HOFMANN A. et RYBA F. (1899).- Leitpflanzen der palaeozoischen Steinkohlenablagerungen in Mittel-Europa. *Verlag J.G. Calve'schen k.u.k. Hof- und Universitäts-Buchhandlung*, Prague, 20 pl.
- HOLMES J.C. (1981).- Structure et évolution des fougères coenoptéridales (*Anachoropteridaceae* et *Botryopteridaceae*) du Carbonifère supérieur d'Europe. Contribution à l'histoire de la ramification des végétaux supérieurs. *Thèse d'Etat*, Montpellier, p. I-XI, 1-247, 38 pl., 68 fig.
- HOLTUM R.E. (1947).- A revised classification of the leptosporangiate ferns. *J. linn. Soc., Bot.*, vol. LIII, p. 123-158.
- ITO H. (1972).- Distribution of monolete and trilete ferns in Asia and northern Oceania. *J. jap. Bot.*, n° 47, p. 321-325.
- JENNINGS J. (1975).- Lower Pennsylvanian plants of Illinois. II : structurally preserved *Alloiopteris* from the Drury Shale. *J. Paleontol.*, vol. 49, n° 1, p. 52-57, 1 pl., 4 fig.
- JENNINGS J. (1976).- The morphology and relationships of *Rhodea*, *Telangium*, *Telangiopsis*, and *Heterangium*. *Amer. J. Bot.*, Baltimore, vol. 63, n° 8, p. 1119-1133, 56 fig.
- JONGMANS W.J. (1930).- On the fructification of *Sphenopteris Hoeninghausi* and its relations with *Lyginodendron vidhamium* and *Crossothea schatzlarenensis*. Preliminary note. *Geol. Bur. v. h. nederl. Mijnegebied*, Heerlen, p. 77-81, 3 fig.
- JONGMANS W.J. (1937).- Comparaison of the floral succession in the Carboniferous of West Virginia with Europe. *J.R. 2e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, t. I, p. 393-415, pl. 11-36.
- JONGMANS W.J. (1940).- Die Kohlenfelder von Gross Britannien. *Geol. Stichting, Geol. Bur. v. h. nederl. Mijnegebied*, Heerlen, p. 15-222, 13 fig.
- JONGMANS W.J. (1951).- Les bassins houillers du Sud-Oranais. Livre II : Contribution à l'étude paléontologique. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 1ère sér., Paléontologie, n° 13, p. 7-25, pl. I-XVI.

- JONGMANS W.J. (1952).- The female fructification of *Sphenopteris hoeninghausi* and the (supposed) relation of this species with *Crossothea*. *The Palaeobotanist*, Ranchi, vol. 1, p. 267-276, 21 pl.
- JONGMANS W.J. (1953).- Palaeontology of the sections in the lower Westphalian A, in borings LXVI, LXVII, LXVIII in Limburg (Voerendaal) Flora. *Med. Geol. Stichting*, Maastricht, sér. C-III-1, n° 3, p. 29-45, pl. 1-13.
- JONGMANS W.J. (1955).- Notes paléobotaniques sur les bassins houillers de l'Anatolie. *Mem. Geol. Schichting*, Maastricht, nov. sér., IX, p. 55-89, 3 cartes.
- JONGMANS W.J. (1960).- Die Karbonflora der Schweiz. *Matériaux Carte géol. Suisse*, Berne, N.F., Lief. 108, texte : 97 p., 5 pl.-texte ; atlas : 58 pl.
- JONGMANS W.J. et DELEAU P. (1951).- Les bassins houillers du Sud-Oranais. Livre II : Contribution à l'étude paléontologique. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, Macon, 1ère sér., Paléontologie, n° 13, 48 p., flore : 16 pl. ; faune : 5 pl.
- JONGMANS W.J. et GOTHAN W. (1930).- Die paläobotanischen Ergebnisse der Djambi. Expedition 1925-26. *Wijzezen Nederland-Indië*, Batavia, 201 p., 58 pl.
- JONGMANS W.J. et GOTHAN W. (1934).- Permo-Karbonische Flora auf Sumatra, Niederl. Indiën. *Ex. Act. P. Acad. Sc. Nov. Lynce.*, Rome, vol. LXXXVIII, II sess., p. 54-63.
- JONGMANS W.J. et WAGNER R.H. (1957).- Apuntes para el estudio geológico de la Zona Hultera de Riosa (Cuenca Central de Asturias). *Estud. geológicos*, Madrid, n° 33-36, 26 p., 2 pl., 2 fig.
- JOSTEN K.H. (1962).- Die wichtigsten Pflanzen-Fossilien des Ruhrkarbons und ihre Bedeutung für die Gliederung des Westfals. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, Krefeld, 3 (2), p. 753-772, 4 pl., 2 tabl.
- KAHLERT E. (1975).- Die Unterkarbon-Flora von Delitzsch. *Schrift. geol. Wiss.*, Berlin, n° 3 (7), p. 907-925, 4 pl., 3 fig.
- KIDSTON R. (1882).- On the fructification of *Eusphenopteris tenella* Brongniart and *Sphenopteris microcarpa* Lesquereux. *Trans. roy. phys. Soc. Edinburgh*, vol. VII, p. 129-133, 1 pl.
- KIDSTON R. (1884).- On the fructification of *Leilleria Sphenopteris delicatula*, Sternberg, sp. ; with remarks on *Trinopteris Sphenopteris tenella*, Brongt., and *Hymenophyllites Sphenopteris quadridactylites*, Gutbier, sp. *Q.J. geol. Soc.*, Londres, pt 4, vol. XL, p. 590-598, pl. XXV.
- KIDSTON R. (1888a).- On the Fructification of some Ferns from the Carboniferous Formation. *Trans. roy. phys. Soc. Edinburgh*, pt I, vol. XXXIII, p. 137-156, pl. VIII-IX.
- KIDSTON R. (1888b).- On the Fructification of two Coal-measure Ferns. *Ann. Mag. natur. Hist.*, ser. 6, vol. 2, p. 22-27, pl. I.
- KIDSTON R. (1888c).- On the fossil flora of the Radstock Series of the Somerset and Bristol Coal Field (Upper Coal Measures). *Trans. roy. phys. Soc. Edinburgh*, pt II, vol. XXXIII, p. 335-417, pl. XVIII-XXVIII.
- KIDSTON R. (1889).- On the fructification and internal structure of Carboniferous ferns in their relation to those of existing genera, with special reference to british paleozoic species. *Trans. geol. Soc. Glasgow*, 52 p., 4 pl.
- KIDSTON R. (1891).- The carboniferous flora of Yorkshire. *Trans. geol. Yorkshire Natur. Union*, p. 83-96.
- KIDSTON R. (1901).- The flora of the Carboniferous period. *Proc. Yorkshire geol. and polytech. Soc.*, Leeds, pt II, vol. XIV, p. 189-229, pl. XXV-XXXVIII.
- KIDSTON R. (1906).- On the Microsporangia of the *Pteridospermae*, with Remarks on their Relationship to Existing groups. *Ph. Trans. roy. Soc. London*, ser. B, vol. 198, p. 413-445, pl. 25-28, 13 fig.
- KIDSTON R. (1911).- Les Végétaux houillers recueillis dans le Hainaut belge. *Mém. Mus. roy. Hist. natur. Belgique*, Bruxelles, t. IV, 282 p., 24 pl., 41 fig.
- KIDSTON R. (1914).- On the fossil flora of the Staffordshire Coal Fields. Pt. III. The fossil flora of the Westphalian series of the South Staffordshire Coalfield. *Trans. roy. phys. Soc. Edinburgh*, pt I, vol. L, n° 5, p. 73-190, pl. V-XVI.
- KIDSTON R. (1923-1926).- Fossil plants of the Carboniferous Rocks of Great Britain. *Mem. geol. Surv. Great Britain*, Londres, pt I (1923) : p. 1-110, pl. A-E, I-XXII ; pt II (1923) : p. 111-198 ; pl. XXIII-XLVII ; pt III (1923) : p. 199-274, pl. XLVIII-LXVIII ; pt IV (1923) : p. 275-376, pl. LXIX-XCI ; pt V (1924) : p. 377-522, pl. XCII-CXXII ; pt VI (1926) : p. 523-681, pl. CXXIII-CLIII.

- KNEUPER G. (1971).- Der limnische Raum 1. Das Saar-Nahe-Gebiet. a) Abgrenzung und Genese. b) Stratigraphie. c) Inkohlung. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, Krefeld, n° 19, p. 143-148, 2 tabl., 3 fig. ; p. 149-158, 1 tabl., 3 fig. ; p. 159.
- KNIGHT J.A. (1974).- The Stephanian A-B flora and stratigraphy of the Sabero Coalfield (Leon, N.W. Spain) *C.R. 7e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Krefeld, p. 283-315, 4 pl., 1 tabl., 3 fig.
- KNIGHT J.A. (1975).- The systematics and stratigraphic aspects of the stephanian flora of the Sabero Coalfield, Leon (NW. Spain). *Ph. D. Thesis*, Sheffield, pt I : 197 p., 22 fig. ; pt II : texte : 676 p., 26 fig. ; atlas : 52 pl.
- KNOFF G. (1933).- Paläobotanische Studien über das Albert und das Augustens-freude Flöz der Lazisker Schichten (Westfal B) in polnisch Oberschlesien. *Arbeiten Inst. Paläobot. Petrogr. Brennst. Petrogr.*, t. 3, n° 1, p. 152-193, 2 pl., 7 fig.
- LANDESKROENER C. in POTONIE H. (1906).- Abbildungen und Beschreibungen fossiler Pflanzen-Reste, Berlin, Lief. IV, n° 61, 62.
- LANGIAUX J. (1982).- Frondes sphénoptéridiennes dans le Stéphanien terminal du bassin de Blanzly-Montceau (Massif Central, France). *La Physiophile, Rev. Soc. Et. Sc. nat. et Hist.*, Montceau-les-Mines, n° 97, p. 81-100, 6 pl., 18 fig.
- LAVEINE J.P. (1970).- Quelques Pecoptéridinées houillères à la lumière de la palynologie (II). Implications paléobotaniques et stratigraphiques. *Pollen et Spores*, Paris, vol. XII, n° 2, p. 235-297, pl. 18-38.
- LAVEINE J.P. (1974).- Précisions sur la répartition stratigraphique des principales espèces végétales du Carbonifère supérieur de Lorraine. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 278, p. 851-854, 1 tabl.
- LAVEINE J.P. (1977).- Report on the Westphalian D. Symposium on Carboniferous Stratigraphy. *Geol. Surv.*, Prague, p. 71-87, pl. 1-2.
- LAVEINE J.P., COQUEL R. et LOBOZIAK S. (1977).- Phylogénie générale des Calliptéridiacées (*Pteridospermopsida*) *Géobios*, Lyon, n° 10, fasc. 6, p. 757-847, 26 pl., 16 fig.
- LEE HSING-HSÜEH (1963).- Fossil plants of the Yuehmenkou series, north China. *Palaeontologia sinica*, Pékin, n° 148, sér. A, n° 6, 98 p., 45 pl., 3 tabl. ; texte-anglais : p. 101-185.
- LEPPLA A. (1904).- Geologische Skizze des Saarbrücker Steinkohlengebirges in Steinkohlenbergbau des Preussischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken 1 (Festschrift zum IX Allgemein Bergmannstage). Berlin, 57 p., 11 fig. (non vu).
- LESQUEREUX L. (1866).- Enumeration of the fossil plants found in the Coal Measures of Illinois, with descriptions of new species. *Geol. Surv. Illinois*, Urbana, vol. II, p. 425-470, pl. 33-50.
- LESQUEREUX L. (1879-1880).- Description of the Coal Flora of the Carboniferous Formation in Pennsylvania and throughout the United States. *Sec. geol. Surv. Pennsylvania, rep. of progres.*, Harrisbourg, texte : 694 p. ; atlas (1879) : 85 pl.
- LLOYD R.M. (1974).- Reproductive biology and evolution in the *Pteridophyta*. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 61, n° 2, p. 318-331, 7 tabl.
- LOBOZIAK S. (1982).- Précisions sur la distribution de quelques mégaspores dans le bassin houiller de Lorraine. *Ann. Soc. géol. Nord*, Lille, t. CI, p. 79-85, pl. VI-VIII, 1 tabl.
- LOVIS J.D. (1977).- Evolutionary Patterns and Processes in Ferns. *Adv. bot. Research*, Londres, vol. 4, p. 229-415, 23 fig.
- LUGARDON B. (1975).- Sur le sporoderme des isospores et microspores des Ptéridophytes et sur la terminologie appliquée à ses parois. *Soc. bot. France, Coll. Palynol.*, Paris, p. 155-167, 2 tabl.
- LUGARDON B. (1976).- Sur la structure fine de l'exospore dans les divers groupes de Ptéridophytes actuelles (microspores et isospores). *Linn. Soc. Symp. Series*, Londres, n° 1, p. 231-250, 6 pl.
- MAMAY S. (1950).- Some American-Carboniferous Fern Fructifications. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 37, p. 409-476, 9 pl., 7 fig.
- MAMAY S. (1955).- *Acrangiophyllum*, a new genus of pennsylvanian *Pteropsida* based on fertile foliage. *Amer. J. Bot.*, Baltimore, vol. XLII, n° 2, p. 177-183, 7 fig.
- MAMAY S. (1957).- *Biscalitheca*, a new genus of Pennsylvanian Coenopterids, based on its fructifications. *Amer. J. Bot.*, Baltimore, vol. XLIV, n° 3, p. 229-239, 30 fig.

- MAMAY S. (1972).- *Biscalitheca suzanneana* n. sp. from the uppermost Pennsylvanian of Texas. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, vol. XIV, n° 1/2, p. 141-147, 1 pl.
- MANTON I. (1950).- Problems of Cytology and Evolution in the *Pteridophyta*. *Cambridge Univ. Press.*, p. I-XI, 1-316, 279 fig.
- MARRAT F.P. (1872).- On the fossil ferns in the Ravenhead Collection. *Proc. Liverpool geol. Soc.*, vol. 3 40 p., pl. I-XIII.
- MATHIEU F. (1939).- La stratigraphie du bassin houiller de Kaiping (Chine). *Mém. Mus. roy. Hist. natur. Belgique*, Bruxelles, p. 3-48, 14 fig.
- MENENDEZ AMOR J. et JONGMANS W. (1951).- Contribution à la connaissance de la flore carbonifère des Asturies. *C.R. 3e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, p. 459-462, pl. 21-23, fig. 1-12.
- MENENDEZ AMOR J. et JONGMANS W.J. (1952).- Contribucion al conocimiento de la flora carbonifera de Asturias. *Estud. geologicos*, Madrid, n° 23-24, p. 307-316, pl. XL-XLV.
- MERRY J.L. (1967).- Découverte de nouveaux Tonstein dans le Westphalien de Lorraine. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 264, p. 2440-2442.
- MICKEL J.T. (1974).- Phyletic lines in the modern ferns. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 61, n° 2, p. 474-482, 1 fig.
- MIGIER T. (1972).- A floristic description of the productive Carboniferous of the upper silesian coal basin. *Inst. Geologiczny*, Prague, t. LXI, p. 135-179, pl. I-XXII ; rés. anglais : p. 180-182.
- MILLAY M. (1979).- Studies of paleozoic Marattiales : a monograph of the american species of *Scolecopteris*. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 169, Lief. 1-3, p. 1-69, pl. 1-19, 4 tabl., 4 fig.
- MILLAY M.A., EGGERT D.A. et DENNIS R.L. (1978).- Morphology and ultrastructure of four Pennsylvanian pre-pollen types. *Micro-paleontology*, vol. 24, n° 3, p. 303-314, 3 pl., 1 fig.
- MILLAY M.A. et TAYLOR T.N. (1977).- *Feraxotheca* gen. n., a Lyginopterid pollen organ from the Pennsylvanian of North America. *Amer. J. Bot.*, Baltimore, vol. LXIV, n° 2, p. 177-185, 18 fig.
- MILLAY M.A. et TAYLOR T.N. (1978).- Fertile and sterile frond segments of the Lyginopterid seed fern *Feraxotheca*. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, vol. 25, n° 2, p. 151-162, 4 pl., 3 fig.
- MILLAY M.A. et TAYLOR T.N. (1980).- An unusual botryopterid sporangial aggregation from the middle Pennsylvanian of North America. *Amer. J. Bot.*, Baltimore, vol. LXVII, n° 5, p. 758-773, 36 fig.
- MORTON C.V. (1968).- The genera, subgenera, and sections of the *Hymenophyllaceae*. *Bull. U.S. nat. Museum*, Washington, pt 5, vol. 38, p. 153-214.
- NATHORST A.G. (1908).- Paläobotanische Mitteilungen, 4-6. *Kungl. sv. Vet. Akad. Handlingar*, Uppsala et Stockholm, Bd 43, n° 6, p. 1-32, pl. 1-4.
- NEMEJC F. (1928).- Some new interesting discoveries of plant impressions in the coalbasins of Central Bohemia. *Bull. intern. Ac. Sc. Bohème*, Prague, 9 p., 2 pl., 1 fig.
- NEMEJC F. (1929).- Zygopteridni kapradiny ve stredočeském karbonském útvaru. *Zvládní otisk z Vědy přírodní roč.*, vol. X, p. 1-6.
- NEMEJC F. (1930).- The carboniferous coal district of Brandov in the Rudohori Mountains (Erzgebirge), Bohemia. II Paleontology. *Palaeontographica bohemiae*, Prague, n° 14, p. 84-85, pl. I.
- NEMEJC F. (1934).- On two new *Sphenopteris* fructifications closely allied to Kidston's *Boweria* (resp. Scott's *Pteridotheca*) with remarks to some of the already known palaeozoic fern sporangia. *Zvládní otisk z. Vest. Kral. Ces. Spol. Nauk.*, Prague, t. II, 17 p., 1 pl.
- NEMEJC F. (1937).- The Sphenopterides stated in the Permocarbiniferous of Central Bohemia (A preliminary report- I. Part.). *Zvládní otisk z. Vest. Kral. Ces. Spol. Nauk*, Tr. II, Rocnik, Prague, 24 p., 2 pl.
- NEMEJC F. (1937).- The Sphenopterides stated in the Permocarbiniferous of Central Bohemia (A preliminary report- II. Part.). *Zvládní otisk z. Vest. Kral. Ces. Spol. Nauk*, Tr. Matemat.-přirodoved, Rocnik, Prague, 14 p., 1 pl., 5 fig.
- NEMEJC F. (1938).- A revision of the Carboniferous and Permian floras of the coal-districts of Central Bohemia (Pt II. Sphenopterides : A. *Sphenopteridae*). *Palaeontographica bohemiae*, Prague, n° 16, p. 5-32, pl. I-III, 9 fig. ; traduction : p. 33-56.

- NEMEJC F. (1942).- Paleobotanické studie v oblasti západobulkarského permokarbonu. *Mitt. geol. Anst. Böhmen Mähren*, Prague, t. XVIII, n° 3, p. 125-156, 6 pl.
- NEMEJC F. (1946).- Contribution to the knowledge of the fossil plants and the stratigraphy of the Slovakian Carboniferous. *Bull. int. Acad. technique Sciences*, Prague, XLVIII A, n° 15, 37 p., 5 pl.
- NEMEJC F. (1963).- Paleobotanika. II. Systematická část. Rostliny mechovitě, psylofytové a kapradorosty. *Československa Akad. ved.*, Prague, 530 p., 56 pl.
- NOVIK E.O. (1935).- The carboniferous flora of the western part of the basin of Donetz. *Trans. geol. Inst. of Ukraine*, n° 12, 56 p., 14 pl.
- NOVIK E.O. (1952).- Paleontologičeskii Institut Paleontologia C.C.C.P. *Akad. Nauk. U.R.S.S.*, Moscow, 468 p., 71 pl., 2 tabl. h.-texte.
- NOVIK E.O. (1954).- Carboniferous flora of the eastern part of the Donetz basin. *Akad. Nauk. U.R.S.S.*, Kiev, n° 7, 128 p., 26 pl., 2 tabl. h.-texte.
- NOVIK E.O. (1974).- Zakonomernosti Razvitia Kamennougolinoi Flori Youga Europeiskoï Tchasti C.C.C.P. *Akad. Nauk. U.R.S.S.*, Kiev, 137 p., 14 tabl.
- NOVIK E.O. (1978).- Flora i fito-stratigrafia Verxnevo Karbona severnoho Kavkaza. *Akad. Nauk. U.R.S.S.*, Kiev, 163 p., 31 pl.
- NOVIK K. (1931).- Über einige Vertreter der fossilen Flora des Carbons des Donetz beckens. *Contr. gen. pract. geology in Ukraine*, vol. VIII, 144 p., 25 pl.
- OLIVIER F.W. et SCOTT D.H. (1904).- On the structure of the Palaeozoic Seed *Lagenostoma lomaxi*, with a Statement of the Evidence upon which it is referred to *Lyginodendron*. *Ph. Trans. roy. Soc. London*, ser. B, vol. 197, B. 231, p. 193-247, pl. 4-10, 1 fig.
- PAQUEREAU M.M. (1960).- L'appareil sporifère des Ptéridophytes sa valeur dans l'étude des sédiments quaternaires. *Thèse d'Etat*, Bordeaux, 160 p., 51 pl.
- PATTEISKY K. (1929).- Die Geologie und Fossilführung der Mährisch-Schlesischen Dachschiefer- und Grauwackenformation, Troppau, 354 p., 26 pl., 1 carte.
- PETERSEN R.L. et FAIRBROTHERS D.E. (1971).- North American *Osmonda* species : a serological and disc electrophoretic analysis of some proteins. *Amer. Middle Naturalist*, n° 85, p. 437-457.
- PFEFFERKORN H.W. (1976).- Pennsylvanian tree ferns compressions *Saulopteris*, *Megaphyton*, and *Artisophyton* gen. nov. in Illinois. *Illinois States geol. Surv.*, Urbana, circ. 492, 31 p., 6 pl., 13 fig.
- PFEFFERKORN H.W. (1978).- Revision der Sphenopteriden *Discopteris karwinensis* Stur, *Discopteris vuellersii* Stur und der Gattung *Discopteris* Stur. *Argumenta Palaeobotanica*, Münster, n° 5, p. 167-193, pl. 15, 1 tabl., 10 fig.
- PFEFFERKORN H.W., PEPPERS R. et PHILLIPS T.L. (1971).- Some Fern-like Fructifications and their Spores from the Mazon Creek Compression Flora of Illinois (Pennsylvanian). *Illinois State geol. Surv.*, Urbana, n° 463, 55 p., 12 pl.
- PHILLIPS T.L. (1974).- Evolution of vegetative morphology in coenopterid ferns. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 61, n° 2, p. 427-461, 81 fig.
- PHILLIPS T.L. et ANDREWS H. (1968).- *Biscalitheca* (Coenopteridales) from the Upper Pennsylvanian of Illinois. *Palaeontology*, Londres, pt 1, vol. XI, p. 104-115, pl. 21-24, 2 fig.
- PICHI-SERMOLLI R.E.G. (1959).- *Pteridophyta*. *Vistas in Botany*, p. 421-493 (non vu).
- POTONIE H. (1893).- Die Flora des Rothliegenden von Thüringen. *Abh. könig. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, N.F., Bd 9, 298 p., 34 pl., 2 tabl.
- POTONIE H. (1894).- Mitteilung des Herrn H. Potonie über seine im August 1893 ausgeführte Reise nach den Steinkohlen-Revieren an der Ruhr bei Aachen und des Saar-Rhein Gebietes. *J. kgl. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, n° 14, p. XLVI-XLIX (non vu).
- POTONIE H. (1896).- Die floritische Gliederung des deutschen Carbon und Perm. *Abh. könig. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, nov. ser., n° 21 (non vu).
- POTONIE H. (1897).- Lehrbuch der Pflanzenpaläontologie, Berlin, 402 p., 355 fig.
- POTONIE H. (1899).- Lehrbuch der Pflanzenpaläontologie mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse des Geologen, Berlin, 402 p., 3 pl., 355 fig.

- POTONIE H. (1900).- Ueber die Fossilen Filicales in Allgemein, in Engler, Adolf und Prantl : Die natürlichen Pflanzenfamilien, Iste Teil (non vu).
- POTONIE H. (1903-1913).- Abbildungen und Beschreibungen fossiler Pflanzen-Reste der palaeozoischen und mesozoischen Formationen. *K. preuss. geol. Landesanst. und Bergakad.*, Berlin, Lief. I, n° 1-20 Lief. II (1904), n° 21-40 ; Lief. III (1905), n° 41-60 ; Lief. IV (1906), n° 61-80 ; Lief. V (1907), n° 81-100 ; Lief. VI (1909), n° 101-120 ; Lief. VII (1910), n° 121-140 ; Lief. VIII (1911), n° 141-160 ; Lief. IX (1913), n° 161-180.
- POTONIE H. (1920).- Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt (wie des Torfs, der Braunkohle, des Petroleums usw.), Berlin, 233 p., 75 fig.
- POTONIE H. et GOTHAN W. (1921).- Lehrbuch der Paläobotanik, Berlin, 537 p., 326 fig.
- POTONIE R. (1962).- Synopsis der *Sporae in situ* Die Sporen der fossilen Fruktifikationen (*Thallophyta* bis *Gymnospermophyta*) in natürlichen System und im Vergleich mit den *Sporae dispersae*. *Zeith. geol. Jb.*, Hanovre, n° 52, 204 p., 19 pl.
- POTONIE R. (1965).- Fossile *Sporae in situ*. Vergleich mit den *Sporae dispersae* Nachtrag zur Synopsis der *Sporae in situ*. *Forsch. d. Land. Nordrhein-Westf.*, n° 1483, 74 p., 70 fig.
- PRUVOST P. (1934).- Bassin Houiller de la Sarre et de la Lorraine. III - Description géologique. *Etud. Gétes min. France*, Lille, 175 p., 33 fig., 3 pl. h.-texte.
- REMY R. et REMY W. (1955).- Mitteilungen über Sporen, die aus inkohlten Fruktifikationen von echten Farren des Karbon gewonnen wurden. *Abh. deutsch. Akad. Wiss. Berlin, Kl. Chm., Geol., Biol.*, Teil I, n° 1, p. 41-48, pl. 14-18.
- REMY W. (1954).- Beiträge zur Kenntniss der Rotliegendflora Thüringens Teil II Fruktifikationen. *Abh. Arbeitsstelle f. Paläobot. u. Kohlenkunde*, Berlin, n° 3, 20 p., 4 pl., 4 fig.
- REMY W. et REMY R. (1959).- Pflanzenfossilien. Ein Führer durch die Flora des limmisch entwickelten Paläozoikums. *Akademie Verlag*, Berlin, 285 p., 3 pl., 209 fig., 2 cartes.
- REMY W. et REMY R. (1977).- Die Floren des Erdaltertums. *Verlag "Glückauf" G.M.B.H.*, Essen, 468 p., 248 fig.
- RENAULT B. (1883).- Cours de Botanique fossile. Vol. III, Paris.
- RENAULT B. et ZEILLER R. (1888).- Etudes sur le terrain houiller de Commeny ; livre II, Flore fossile, 1ère P. *Bull. Soc. Indust. min.*, 3e sér., t. II, IV, 366 p., 43 pl.
- RENIER A., CAMBIER R., DELTENRE H. et SCHMITZ G. (1910).- Documents pour l'étude de la Paléontologie du terrain houiller, Liège, pl. 1-118.
- RENIER A., STOCKMANS F., DEMANET F. et STRAELEN V. van (1938).- Flore et faune houillères de la Belgique. *Publ. Mus. roy. Hist. natur. Belgique*, Bruxelles, 317 p., 144 pl., 146 fig.
- ROEHL E. von (1869).- Fossile Flora der Steinkohlen-Formation Westphalens, einschliesslich Piesberg bei Osnabrück. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 18, 191 p., 32 pl.
- RYBA F. (1904).- Beitrag zur Kenntnis des Cannelkohlenflötzes bei Nýran. *Jb. k. k. geol. Reichsanst.*, Vienne, Bd LIII, H. 3, p. 351-372, pl. XV-XVII.
- SAUVEUR (1848).- Végétaux fossiles des terrains houillers de la Belgique. *Nouv. Mém. Acad. roy. Sciences, Lettres, Beaux-Arts de Belgique*, 69 pl.
- SCHCHEGOLEV A.K. (1979).- The Upper Carboniferous of the northern Caucasus in the Zelenchuk- Teberdinsk interfluve. *Akad. Nauk U.R.S.S.*, Moscou, 192 p., 64 pl., 21 fig. (en russe).
- SCHIMPER W.P. (1869, 1870, 1874).- Traité de paléontologie végétale ou la flore du monde primitif dans ses rapports avec les formations géologiques et la flore du monde actuel. *Ballière et fils édit.*, Paris, t. I : 740 p. ; t. II : 968 p. et t. III : 896 p., 110 pl.
- SCHLOTHEIM E.F. (1804).- Flora der Vorwelt. Beschreibung merkwürdiger Kräuter-Abdrucke und Pflanzen-Versteinerungen. *Gotha, Beckerschen Buchhandlung, G.I. Göschen in Grimma*, pt 1, 68 p., 14 pl.
- SCHLOTHEIM E.F. (1820).- Die Petrefaktenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkte durch die Beschreibung seiner Sammlung versteinerten und fossiler Überreste des Thier- und Pflanzenreichs der Vorwelt erläutert. *Gotha, Beckerschen Buchhandlung, G.I. Göschen in Grimma*, 437 p., 36 pl. (non vu).
- SCHUSTER J. (1908).- Zur Kenntniss der Flora der Saarbrücker Schichten und der pfälzischen oberrotliegenden. *Geogn. Jahresh.*, Munich, Bd 20, p. 183-243, pl. V-X, 3 fig., fig. K-L.

- SEWARD A.C. (1910).- Fossil plants. Cambridge, vol. II, 624 p., 376 fig.
- SEYFERT C.K. et SIRKIN L.A. (1979).- Earth History and Plate Tectonics. An introduction to Historical Geology. *Harper and Row edit.*, New York, 2e édit., 600 p.
- SIMSON-SCHAROLD E. (1934).- Zur Kenntniss der Carbonflora der Saargebietes. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 79, Lief. 1-3, p. 1-66, pl. I-VII
- SLADKOV A.N. (1959).- On morphological similarity or dissimilarity in the spores of *Cryptogramma* R. Br and *Botrychium* Sw. species of the flora of the U.S.S.R. *Akad. Nauk. U.R.S.S.*, Moscou, t. 125, n° 2, p. 414-416, 2 fig., 1 tabl.
- STEINER P. (1980).- Lithostratigraphie et fracturation du Dogger lorrain. *Thèse 3ème Cycle*, Nancy I (non vu).
- STERNBERG K. von (1820-1838).- Versuch einer Geognotisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt. Bd I, H. 1, 24 p., pl. I-XIII ; H. 2 (1822), 33 p., pl. XIV-XXVI ; H. 3 (1823), 40 p., pl. XXVII-XXXIX ; H. 4 (1825), 48 p., p. I-XLII, pl. XL-LIX, pl. A-E ; Bd II, H. 5-6 (1833), 80 p., pl. I-XXVI ; H. 7-8 (1838), p. 81-220, p. I-LXXI, pl. XXVII-LXVIII.
- STERZEL J.T. (1881a).- Ueber die Flora der unteren Schichten des Plauenschen Grundes. *Zeitsch. deutsch. geol. Gesellsch.*, Berlin, Bd XXXIII, p. 339-347.
- STERZEL J.T. (1881b).- Paläontologischer Charakter der oberen Steinkohlenformation und des Rotliegenden im erzgebirgischen Becken. *Bd. naturwiss. Gesellsch. zu Chemnitz*, Berlin, vol. 7, p. 155-270.
- STERZEL J.T. (1893).- Die Flora des Rotliegenden im Plauenschen Grunde bei Dresden. *Abh. math.-phys. Klasse könig sächs. Gesellsch. Wiss.*, Leipzig, Bd XIX, 167 p., 13 pl.
- STERZEL J.T. (1918).- Die organischen Reste des Kulms und Rotliegenden der Gegend von Chemnitz. *Abh. math.-phys. Klasse könig sächs. Gesellsch. Wiss.*, Leipzig, Bd XXXV, n° V, 315 p., 15 pl., 1 fig.
- STIDD B.M. (1974).- Evolutionary trends in the Marattiales. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 61, n° 2, p. 388-407, 12 fig., 1 tabl.
- STOCKMANS F. et MATHIEU F. (1939).- La flore paléozoïque du bassin houiller de Kaiping (Chine). *Mém. Mus. roy. Hist. natur. Belgique*, Bruxelles, p. 51-160, 34 pl., 1 fig.
- STOCKMANS F. et WILLIERE Y. (1935).- Liste des spécimens figurés se trouvant dans les collections paléobotaniques du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique. *Bull. Mus. roy. Hist. natur. Belgique*, Bruxelles, t. XI, n° 9, 23 p.
- STOCKMANS F. et WILLIERE Y. (1953).- Végétaux namuriens de la Belgique. *Publ. Assoc. Etud. Paléontol. Strat. Houillères*, Bruxelles, n° 13, texte : p. I-XI, 1-382 ; atlas : 57 pl.
- STOCKMANS F. et WILLIERE Y. (1955).- Végétaux namuriens de la Belgique. II : Assise de Chokier, zone de Brioul. *Publ. Assoc. Etud. Paléontol. Strat. Houillères*, Bruxelles, n° 23, 35 p., 11 pl.
- STOCKMANS F. et WILLIERE Y. (1958).- Un beau toit à végétaux au siège Fiestaux des Charbonnages de Monceau-Fontaine (zone de Genk, partie supérieure). *Publ. Assoc. Etud. Paléontol. Strat. Houillères*, Bruxelles, n° 34, pl. I-XI.
- STOCKMANS F. et WILLIERE Y. (1965).- Documents paléobotaniques pour l'étude du houiller dans le Nord-Ouest de l'Espagne. *Mém. Inst. roy. Sc. natur. Belgique*, Bruxelles, 2e sér., fasc. 79, 14 p., 38 pl.
- STOPA S.Z. (1957).- Les feuilles de fougères (*Pteridophylla*) du Namurien supérieur et du Westphalien le plus bas dans le bassin houiller de la Haute-Silésie. *Inst. Geologizny*, Prague, t. XIII, 160 p., 39 pl., 3 tabl., 11 fig., texte français : p. 162-208.
- STOPEs M.C. (1914).- The "Fern Ledges" Carboniferous Flora of StJohn, New Brunswick. *Geol. Surv. Canada*, Ottawa, Mem. 41, n° 38, p. I-VI, 1-169, 25 pl., 21 fig.
- STUBBLEFIELD S.P., TAYLOR T.N. et DAGHLIAN C.P. (1982).- Compressed plants from the Lower Pennsylvanian of Kentucky (U.S.A.). I. *Crossothea kentuckiensis* n. sp. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, vol. 36, n° 3/4, p. 197-204, 1 pl.
- STUR D. (1875-1877).- Beiträge zur Kenntniss der Flora der Vorwelt. Bd I : Die Culm-Flora I. Die Culm-Flora des mährisch-schlesischen Dachschiefers, II : Die Culm-Flora der Ostrauer und Waldenburger Schichten. *Abh. k. k. geol. Reichsanst.*, Vienne, Bd VIII, 366 p., pl. A-C, I-XXVII, 58 fig.
- STUR D. et ROEHL E. von (1878).- Flora der Zeche Carlingen bei St-Avold in Lothringen. *Verh. d. k. k. geol. Reichsanst.*, Vienne, n° 10, p. 213.

- STUR D. (1883).- Zur Morphologie und Systematik der Culm- und Carbonfarne. *Sitzungsber d. mathem.-naturw. Vienne*, t. LXXXVIII, Bd 1, p. 633-846, 44 fig.
- STUR D. (1885).- Die Carbonflora des Schatzlarer Schichten. *Abh. k. k. geol. Reichsanst.*, Vienne, Bd 1, 418 p., 49 pl., 48 fig.
- SUSTA V. (1928).- Stratigraphie des Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers im Lichte der Paläontologie. Bd I, texte : 484 p. ; atlas : 75 pl., 2 tabl.
- TARLING D.H. et TARLING M.P. (1980).- La dérive des continents. Conception nouvelle. *Doin édit.*, Paris, 141 p., 49 fig.
- TAYLOR T.N. (1967).- On the structure and phylogenetic relationships of the fern *Radstockia* Kidston. *Palaeontology*, Londres, vol. 10, pt 1, p. 43-46, pl. 6-7.
- TAYLOR T.N. (1978).- The ultrastructure and reproductive significance of *Monoletes* (Pteridospermales) pollen. *Can. J. Bot.*, Ottawa, vol. 56, n° 24, p. 3105-3118, 1 tabl., 29 fig.
- TAYLOR T.N. (1982).- Ultrastructural studies of paleozoic seed fern pollen : sporoderm development. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, vol. 37, n° 1/2, p. 29-53, 7 pl., 3 fig.
- TAYLOR T.N. et MICKEL J.T. (1974).- Evolution of systematic characters in the ferns. Introduction. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 61, n° 2, p. 307-309.
- TAYLOR T.N. et MILLAY M.A. (1979).- Pollination biology and reproduction in early seed plants. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, vol. 27, p. 329-355, 7 pl., 5 fig.
- TAYLOR T.N. et MILLAY M.A. (1981).- Morphologic variability of Pennsylvanian Lyginopterid seed ferns. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, n° 32, p. 27-62, 6 pl., 7 fig.
- TEIXEIRA C. (1939).- Contribuição para os estudo do Estefaniano dos arredores do Pôrto. *Publ. Mus. e Lab. Miner. Geol. Fac. Ci. Pôrto*, n° 11, p. 5-24, 13 pl., 7 fig.
- TEIXEIRA C. (1941).- Novos subsidios para o estudo da flora fôssil do Estefaniano duriense. *Publ. Mus. e Lab. Miner. Geol. Fac. Ci. Pôrto*, n° 24, 15 p., 5 pl., 1 fig.
- TEIXEIRA C. (1944).- O Antracolitico continental Português (Estratigrafia-Tectonica). *Boz. Soc. geol. Portugal*, Porto, 139 p., 20 pl., 64 fig., 1 tabl. h.-texte.
- TEIXEIRA C. (1946).- Estudo dos fossils vegetals provenientes dos testemunhos das sondagens geológicas realizadas em Sao Pedro da Cova. *Inst. port. Combust.*, 14 p., 19 pl. (p. 15-51).
- THOMAS B. et CRAMPTON D. (1971).- A fertile *Zeilleria avoldensis* from the british upper Carboniferous. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Amsterdam, vol. 11, n° 3/4, p. 283-295, 2 pl., 3 fig.
- TOULA F. (1888).- Die Steinkohlen ihre Eigenschaften, Vorkommen, Entstehung und nationalökonomische Bedeutung. *Selbst. Ver. z. Verbreit. naturwiss. Kenntnisse*, Vienne, 208 p., 6 pl., 20 fig.
- TSCHUDY R. et SCOTT A. (1969).- Aspects of Palynology, an introduction to plant microfossils in time. *Wiley-Interscience*, New-York, 510 p.
- UNGER F. (1850).- *Plantarum fossilium, genera et species*, Vindobonae. 627 p.
- VAN AMEROM H.W.J. (1975).- Die eusphenopteridischen Pteridophyllen aus der Sammlung des geologischen Bureaus in Heerlen, unter besonderer Berücksichtigung ihrer Stratigraphie bezüglich des Südlimburger Kohlenreviers. *Med. Rijks. geol. Dienst.*, Maastricht, ser. C-III-1, n° 7, 208 p., 48 pl., 53 fig., 2 tabl. h.-texte.
- VAN COTTHEM W.R. (1970).- A classification of stomatal types. *Bot. J. Linn. Soc.*, Bruxelles, n° 63, p. 235-246, 5 fig.
- VETTER P. (1968).- Géologie et Paléontologie des Bassins Houillers de Decazeville, de Figeac et du Détroit de Rodez. *Houillères du Bassin d'Aquitaine*, Albi, t. I : description géologique : 442 p., pl. A-C, 100 fig., tabl. 1-10 ; A1-A4, 8 pl. h.-texte ; t. II : étude paléontologique : 173 p., pl. I-XLIX, 31 fig., tabl. 1-7 dont 2 h.-texte.
- VETTER P. (1972).- Réflexions sur la valeur stratigraphique des plantes fossiles et sur celle des cinérites dans le cadre de l'étude des bassins houillers. Méthode du bilan floristique. *Mém. B.R.G.M.*, Orléans, n° 77, p. 515-519, 3 fig.

- WOELLER B.R. et WEINBERG E.S. (1969).- Evolutionary and physiological aspects of antheridium induction in ferns. In "Current Topics in Plant Science", J.E. Gunkel edit., New-York, p. 77-93.
- WAGNER R.H. (1960).- Middle Westphalian floras from northern Palencia (Spain) (in relation with the Curavacas phase of folding). *Estud. geologicos*, Madrid, p. 55-92, 25 fig.
- WAGNER R.H. (1962a).- An upper Westphalian flora from the mine "Ines", near the pass of Pajares, on the Leonese-Asturian boundary (NW. Spain). *Extr. not. com. Inst. geol. miner. Espana*, Madrid, n° 68, p. 79-102, 5 pl.
- WAGNER R.H. (1962b).- A brief review of the stratigraphy and floral succession of the Carboniferous in NW Spain. *C.R. 4e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Heerlen, p. 753-762, pl. 29-33, 2 fig.
- WAGNER R.H. (1964).- Stephanian floras in NW. Spain, with special reference to the Westphalian D-Stephanian A boundary. *C.R. 5e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Paris, p. 835-851, 3 pl., 6 tabl., 1 fig.
- WAGNER R.H. (1965).- The significance of floras for Upper Carboniferous Stratigraphy. *Ad. Sub. Carb. Strat.*, Sheffield, texte dactylographié.
- WAGNER R.H. (1966a).- El significado de la flora e la Estratigrafia del Carbonifero superior. *Bol. roy. Soc. esp. Hist. natur. (Geol.)* n° 64, p. 203-208 (traduction d'un travail lu à Sheffield à l'occasion d'une réunion de l'I.U.G.S. Subcommission on Carboniferous Stratigraphy, 1965).
- WAGNER R.H. (1966b).- Sur l'existence, dans la Cordillère Cantabrique, de séries de passage entre Westphalien et Stéphalien : la limite inférieure de ces formations "cantabriques". *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 262, p. 1337-1340
- WAGNER R.H. (1966c).- Palaeobotanical Dating of Upper Carboniferous Folding Phases in NW. Spain. *Mem. Inst. geol. miner. Espana*, Madrid, t. LXVI, 169 p., 162 pl.
- WAGNER R.H. (1967).- Apuntes sobre las floras de la zona de Gamonedo-Cabrales en la parte oriental de Asturias. *Trabajos Geol.*, Oviedo, n° 1, p. 47-58, 3 pl.
- WAGNER R.H. (1970).- La cuenca minera Cínera-Matallana. I part : Geologia de la cuenca minera, Hullera Vasco. *Leonesa ed.*, Leon, 107 p., 19 pl., 9 tabl., 40 fig.
- WAGNER R.H. (1971a).- The Cantabrian Stage in its stratigraphic and palaeogeographic context. *C.R. 7e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Krefeld, p. 263-265.
- WAGNER R.H. (1971b).- The Westphalian D floras of the Olloniego and Esperanza formations in the central asturian coalfield. *Trabajos Geol.*, Oviedo, n° 4, p. 461-505, 17 pl., 1 fig.
- WAGNER R.H. (1975).- Investigacion en el area carbonifera de "Leon-Palencia". *Rapport de l'E.N. ADARC à l'Inst. geol. min. Espana*, Madrid, Album Paleontologico, 87 pl.
- WAGNER R.H. (1980).- Consideraciones sobre el limite Carbonico-Permico. *Actas II Congr. Argentino Paleontol. Biostratigr. y I Congr. Latinoamer. Paleontol.*, Buenos-Aires, t. IV, p. 177-188, 3 tabl.
- WAGNER R.H. et WINKLER PRINS C.F. (1979).- The lower Stephanian of Western Europe. Rep. de "Palaeontological Characteristics of the Main Subdivisions of the Carboniferous". *C.R. 8e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Moscou 1975, vol. 3, p. 111-140, 34 pl., 7 tabl.
- WAGNER W.H. (1961).- Spore studies and speciation in the ferns of Hawai. In "Symposium on Plant Biosystematics in the Pacific Basin". *10e Pacific Science Congr. Abstr. of Papers*, Honolulu, p. 135-136.
- WAGNER W.H. (1974).- Structure of spores in relation to fern phylogeny. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 61, n° 2, p. 332-353, 1 tabl., 7 fig.
- WEINBERG E.S. et WOELLER B.R. (1969).- External factors inducing germination of Fern spores. *Amer. Fern J.*, Baltimore, vol. 59, p. 153-167, 2 tabl., 3 fig.
- WEINGARDT H.W. (1971).- Die Westfal-Stefan-Grenze im Saarkarbon, neue Beobachtungen, Untersuchungen und Erkenntnisse. *C.R. 7e Congr. intern. Géol. Strat. Carbonifère*, Krefeld, p. 375-381, 6 fig.
- WEISS E. (1868).- Begründung von fünf geognostisch-Abteilungen in den steinkohlenführenden Schichten des Saar-Rhein-Gebirges. *Verh. Naturhist. Vereins preuss. Rheinlande Westfalens und des Regionsbezirks Osnabrueck Jahrg.*, XXV, II, Folge V, p. 63-134.
- WEISS E. (1869).- Fossile Flora der jüngsten Steinkohlenformation und des Rothliegenden im Saar-Rhein-Gebiete. *König. Akad. Weiss. Berlin*, 1ère part., p. 1-100, pl. I-XI.

- WEISS E. (1879).- Beiträge zur fossilen Flora II. Die Flora des Rothliegenden von Wünschendorf bei Lauban in Schlesien. *Abh. geol. Spezialkarte von preuss.- und thüring. Staaten*, Berlin, Bd III, H. 1, 39 p., 3 pl.
- WEISS E. (1882).- Aus der Flora der Steinkohlenformation. Zur Erläuterung der wichtigeren Pflanzen dieser Formation, mit besonderer Berücksichtigung der Steinkohlengebiete in Preussen. *Abh. König preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, 20 p., 20 pl.
- WHITE D. (1899).- Fossil flora of the Lower Coal Measures of Missouri. *Monographs U.S. geol. Surv.*, Washington, vol. XXXVII, 467 p., 73 pl.
- WHITE R.A. (1974).- Comparative anatomical studies of the ferns. *Ann. Missouri bot. Garden*, St-Louis, vol. 61, n° 2, p. 379-387.
- WIDEN C.J. et BRITTON D.M. (1971).- a. A chromatographic study of *Dryopteris dilata* in North America and eastern Asia. *Canada J. Bot.*, Ottawa, n° 49, p. 247-258, 4 tabl.
b. A chromatographic and cytological study of *Dryopteris filix-mas* and related taxa in North America. *Canada J. Bot.*, Ottawa, n° 49, p. 1589-1600, 1 pl., 7 tabl.
- ZALESSKY M.D. (1907).- Contributions à la flore fossile du terrain houiller du Donetz. II. Plantes fossiles de l'Institut géologique de l'Université Impériale de Kharkow et du Musée du Don à Novotcherkask. *Bull. Com. géol. Russie*, t. XXVI, n° 135, p. 423-494, pl. XVIII-XXIII.
- ZALESSKY M.D. (1918).- Flore paléozoïque de la série d'Angara. Atlas. *Mém. Com. géol. Russie*, nov. sér., livraison 174, 76 p., 63 pl.
- ZALESSKY M.D. (1934).- Sur quelques végétaux fossiles nouveaux du terrain houiller du Donetz. *Bull. Acad. Sc. U.R.S.S.*, Moscou, p. 1105-1117, 12 fig.
- ZALESSKY M.D. et TCHIRKOVA H. T. (1937).- Sur quelques végétaux fossiles nouveaux des terrains carbonifères et permien du bassin du Donetz. *Probl. of Paleontol., Publ. of Lab. of Paleontol. Moscow Univ.*, vol. II-III, p. 155-193, 41 fig.
- ZALESSKY M.D. et TCHIRKOVA H.T. (1938).- The fossil flora of the middle section of the carboniferous rocks of the Donetz basin. *Trans. centr. geol. and prosp. Institut.*, Moscou, fasc. 98, 169 p., 7 pl., 132 fig.
- ZEILLER R. (1879).- Végétaux fossiles du terrain houiller. *Explication Carte géol. France*, Paris, 185 p., pl. CLIX-CLXXVI.
- ZEILLER R. (1880).- Végétaux fossiles du terrain houiller de la France. *Expl. Carte géol. France*, Paris, t. IV, 185 p., 18 pl.
- ZEILLER R. (1883).- Fructifications de fougères du terrain houiller. *Ann. Sc. natur.*, Paris, Botanique, 6e sér., t. XVI, p. 177-209, pl. 9-12.
- ZEILLER R. (1884).- Sur quelques genres de fougères fossiles nouvellement créés. *Ann. Sc. natur.*, Paris, Botanique, 6e sér., t. XVII, p. 130-143.
- ZEILLER R. (1886-1888).- Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes. *Etud. Gîtes min. France*, Paris, texte : 731 p. ; atlas : 94 pl., 1 tabl.
- ZEILLER R. (1890).- Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac, fasc. II Flore fossile. *Etud. Gîtes min. France*, Paris, 304 p., 27 pl.
- ZEILLER R. (1892).- Bassin houiller et permien de Brive, fasc. II Flore fossile. *Etud. Gîtes min. France*, Paris, 132 p., 15 pl.
- ZEILLER R. (1899).- Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie Mineure). *Mém. Soc. géol. France*, Paris, n° 21, 91 p., 6 pl.
- ZEILLER R. (1900).- Éléments de Paléobotanique. *J. Carré et C. Naud édit.*, Paris, 421 p., 210 fig.
- ZEILLER R. (1906).- Bassin houiller et permien de Blanzay et du Creusot. Flore fossile. *Etud. Gîtes min. France*, Paris, texte : 265 p. ; atlas : 51 pl.
- ZEILLER R. (1907).- Sur la flore et sur les niveaux relatifs des sondages houillers de Meurthe-et-Moselle. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 144, p. 1137-1143.
- ZODROW E.L. et Mc CANDLISH K. (1982).- *Migocarpia bellii*, sp. nov. from the middle upper Carboniferous of Cape Breton Island, Nova Scotia, Canada. *Palaeontographica*, Stuttgart, Abt. B, Bd 181, Lief. 4-6, p. 109-117, 1 pl., 1 tabl., 5 fig.

TABLE DES FIGURES

ET TABLEAUX

FIGURES DANS LE TEXTE

Texte-fig. 1.-	Situation du bassin houiller sarro-lorrain dans la chaîne hercynienne (d'après Feys et Autran, 1980 ; Autran et al., 1980 ; Donsimoni, 1981).....	p. 4
Texte-fig. 2.-	Variations d'épaisseurs des fractions détritique et carbonée dans la série west-phalienne au sein du bassin houiller sarro-lorrain.....	p. 11
Texte-fig. 3.-	Schéma structural d'ensemble du bassin houiller sarro-lorrain.....	p. 16
Texte-fig. 4.-	Style tectonique de la phase de compression saalienne : anticlinaux de Simon-Sarrebruck et de Merlebach.....	p. 18
Texte-fig. 5.-	Situation des principaux champs d'exploitation du bassin houiller sarro-lorrain.	p. 20
Texte-fig. 6.-	Schéma structural du prolongement SW du bassin sarro-lorrain.....	p. 22
Texte-fig. 7.-	Limites probables d'extension du bassin houiller sarro-lorrain.....	p. 23
Texte-fig. 8.-	Corrélations entre types de spores et groupements phylétiques de familles (ou de sous-familles) de fougères (d'après W.H. Wagner, 1974, p. 345).....	p. 32
Texte-fig. 9.-	Morphologie du limbe stérile de <i>Corynepteris angustissima</i> (Sternberg).....	p. 60
Texte-fig. 10.-	Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Corynepteris angustissima</i> (Sternberg).....	p. 63
Texte-fig. 11.-	Reconstitution de la répartition probable des masses continentales au Carbonifère supérieur (d'après Briden et al., 1980).....	p. 64
Texte-fig. 12.-	Morphologie du limbe stérile de <i>Corynepteris similis</i> (Sternberg).....	p. 67
Texte-fig. 13.-	Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Corynepteris similis</i> (Sternberg).....	p. 70
Texte-fig. 14.-	Etapas successives de la différenciation limbaire et variabilité morphologique de <i>Corynepteris essinghii</i> (Andrae).....	p. 74
Texte-fig. 15.-	Morphologie limbaire des principales espèces de <i>Zygopteridaceae</i> comparées à <i>Corynepteris essinghii</i> (Andrae).....	p. 77
Texte-fig. 16.-	Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Corynepteris essinghii</i> (Andrae).....	p. 80
Texte-fig. 17.-	Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Corynepteris coraloides</i> (Gutbier).....	p. 83
Texte-fig. 18.-	Morphologie limbaire d' <i>Alloiopteris cristata</i> (Gutbier).....	p. 87
Texte-fig. 19.-	Distribution géographique et répartition stratigraphique d' <i>Alloiopteris cristata</i> (Gutbier).....	p. 90
Texte-fig. 20.-	Morphologie limbaire d' <i>Alloiopteris erosa</i> (Gutbier).....	p. 93
Texte-fig. 21.-	Distribution géographique et répartition stratigraphique d' <i>Alloiopteris erosa</i> (Gutbier).....	p. 96
Texte-fig. 22.-	Morphologie limbaire d' <i>Alloiopteris saraepontana</i> H. Potonié.....	p. 98

Texte-fig. 23.- Distribution géographique et répartition stratigraphique d' <i>Alloiopteris sarae-pontana</i> H. Potonié.....	p. 101
Texte-fig. 24.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Nemejcopteris feminaeformis</i> (Schlotheim).....	p. 105
Texte-fig. 25.- Existence d'un élément basal catadrome supplémentaire chez trois espèces de <i>Zygopteridaceae</i> : <i>Alloiopteris quercifolia</i> Goeppert, <i>Alloiopteris herbstiana</i> Gothan, <i>Corynepteris essinghii</i> (Andrae).....	p. 109
Texte-fig. 26.- Variabilité du limbe stérile d' <i>Asterotheca damesii</i> (Stur).....	p. 114
Texte-fig. 27.- Modifications du feuillage d' <i>Asterotheca damesii</i> (Stur) consécutives à l'apparition des fructifications.....	p. 115
Texte-fig. 28.- Limbe fertile d' <i>Asterotheca damesii</i> (Stur). Reconstitution de l'organisation des fructifications.....	p. 116
Texte-fig. 29.- Distribution géographique et répartition stratigraphique d' <i>Asterotheca damesii</i> (Stur).....	p. 120
Texte-fig. 30.- Variabilité de la morphologie limbair de <i>Crossotheca crepinii</i> Zeiller ; reconstitution de l'organisation des fructifications.....	p. 124
Texte-fig. 31.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Crossotheca crepinii</i> Zeiller.....	p. 126
Texte-fig. 32.- Reconstitution de l'organisation des fructifications de type <i>Radstockia</i> Kidston.	p. 129
Texte-fig. 33.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Radstockia sphenopteroides</i> Kidston.....	p. 132
Texte-fig. 34.- Morphologie du limbe stérile d' <i>Urmatopteris herbacea</i> (Boulay).....	p. 135
Texte-fig. 35.- Distribution géographique et répartition stratigraphique d' <i>Urmatopteris herbacea</i> (Boulay).....	p. 137
Texte-fig. 36.- Morphologie du limbe stérile de <i>Renaultia crepinii</i> (Stur).....	p. 142
Texte-fig. 37.- Différenciation limbair et variabilité morphologique de <i>Renaultia chaerophylloides</i> (Brongniart).....	p. 145
Texte-fig. 38.- Quelques aspects particuliers de <i>Renaultia chaerophylloides</i> (Brongniart).....	p. 146
Texte-fig. 39.- Quelques aspects de la morphologie limbair d'un échantillon considéré comme une forme affine de <i>Renaultia chaerophylloides</i> (Brongniart).....	p. 150
Texte-fig. 40.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Renaultia chaerophylloides</i> (Brongniart).....	p. 151
Texte-fig. 41.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Renaultia footneri</i> (Marrat).....	p. 156
Texte-fig. 42.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Renaultia footneri</i> (Marrat).....	p. 158
Texte-fig. 43.- Différenciation limbair de <i>Renaultia gracilis</i> (Brongniart). Comparaison avec les spécimens rapportés à l'espèce par Zeiller, non conformes à l'holotype.....	p. 160
Texte-fig. 44.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Renaultia gracilis</i> (Brongniart).....	p. 163
Texte-fig. 45.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Renaultia hemingwayi</i> Kidston.....	p. 166
Texte-fig. 46.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Renaultia hemingwayi</i> Kidston.....	p. 167
Texte-fig. 47.- Différenciation limbair et variabilité morphologique de <i>Renaultia lebachensis</i> (Weiss).....	p. 170
Texte-fig. 48.- Quelques aspects particuliers de <i>Renaultia lebachensis</i> (Weiss).....	p. 171
Texte-fig. 49.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Renaultia lebachensis</i> (Weiss).....	p. 173

Texte-fig. 50.- Morphologie limbaire de <i>Renaultia rotundifolia</i> (Andrae). Comparaison avec <i>Sphenopteris laurentii</i> Andrae.....	p. 176
Texte-fig. 51.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Renaultia rotundifolia</i> (Andrae).....	p. 178
Texte-fig. 52.- Variabilité morphologique de <i>Renaultia schatzlarensis</i> (Stur). Comparaison avec <i>Zeilleria delicatula</i> Kidston non Sternberg.....	p. 182
Texte-fig. 53.- Quelques stades de différenciation limbaire de deux échantillons lorrains rapportés à <i>Renaultia schatzlarensis</i> (Stur).....	p. 183
Texte-fig. 54.- Reconstitution de l'organisation de la fronde de <i>Renaultia schatzlarensis</i> (Stur)	p. 186
Texte-fig. 55.- Comparaison des morphologies limbaires de <i>Zeilleria delicatula</i> Kidston non Sternberg, d' <i>Hymenophyllites quadridactylites</i> (Gutbier), de <i>Renaultia schatzlarensis</i> (Stur) et de <i>Sphenopteris bronni</i> Gutbier.....	p. 187
Texte-fig. 56.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Renaultia schatzlarensis</i> (Stur).....	p. 190
Texte-fig. 57.- Quelques aspects du limbe stérile et de l'organisation des fructifications de <i>Renaultia villosa</i> (Crépin).....	p. 192
Texte-fig. 58.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Renaultia villosa</i> (Crépin).....	p. 195
Texte-fig. 59.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Zeilleria delicatula</i> Kidston non Sternberg.....	p. 201
Texte-fig. 60.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Zeilleria delicatula</i> Kidston non Sternberg.....	p. 204
Texte-fig. 61.- Variabilité du limbe stérile de <i>Zeilleria frenzlii</i> (Stur). Emplacement des fructifications.....	p. 207
Texte-fig. 62.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Zeilleria frenzlii</i> (Stur).....	p. 212
Texte-fig. 63.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Zeilleria avoldensis</i> (Stur).....	p. 217
Texte-fig. 64.- Reconstitution de l'organisation des fructifications de type <i>Germera</i> nov. gen...	p. 226
Texte-fig. 65.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Germera mendescorreae</i> (Teixeira). Organisation des fructifications.....	p. 228
Texte-fig. 66.- Quelques aspects du feuillage stérile et fertile de <i>Germera mendescorreae</i> (Teixeira).....	p. 229
Texte-fig. 67.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Germera mendescorreae</i> (Teixeira).....	p. 233
Texte-fig. 68.- Quelques aspects du feuillage stérile des échantillons lorrains rapportés à <i>Oligocarpia gutbieri</i> Goepfert.....	p. 238
Texte-fig. 69.- Comparaison des morphologies limbaires d' <i>Oligocarpia gutbieri</i> Goepfert, <i>Pecopteris bredovii</i> Germar, <i>Sphenopteris (Oligocarpia) grigorievii</i> Zalesky et Tchirkova.....	p. 239
Texte-fig. 70.- Distribution géographique et répartition stratigraphique d' <i>Oligocarpia gutbieri</i> Goepfert.....	p. 245
Texte-fig. 71.- Morphologie du limbe stérile et organisation des fructifications d' <i>Oligocarpia brongniartii</i> Stur.....	p. 248
Texte-fig. 72.- Distribution géographique et répartition stratigraphique d' <i>Oligocarpia brongniartii</i> Stur.....	p. 250
Texte-fig. 73.- Morphologie du limbe stérile et organisation des fructifications d' <i>Oligocarpia</i> cf. <i>mixta</i> (Schimper).....	p. 256

Texte-fig. 74.- Polymorphisme du limbe stérile et organisation des fructifications de <i>Grambastia goldenbergii</i> (Andrae).....	p. 262
Texte-fig. 75.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Grambastia goldenbergii</i> (Andrae).....	p. 265
Texte-fig. 76.- Différenciation et morphologie limbaires d' <i>Hymenophyllites quadridactylites</i> (Gutbier).....	p. 270
Texte-fig. 77.- Distribution géographique et répartition stratigraphique d' <i>Hymenophyllites quadridactylites</i> (Gutbier).....	p. 273
Texte-fig. 78.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Sturia amoena</i> (Stur).....	p. 276
Texte-fig. 79.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sturia amoena</i> (Stur)	p. 278
Texte-fig. 80.- Caractéristiques essentielles des feuillages stérile et fertile de <i>Discopteris occidentalis</i> Gothan. Comparaison avec <i>Discopteris karwinensis</i> Stur.....	p. 282
Texte-fig. 81.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Discopteris occidentalis</i> Gothan.....	p. 284
Texte-fig. 82.- Morphologie du limbe stérile de <i>Discopteris vuellersii</i> Stur.....	p. 286
Texte-fig. 83.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Discopteris vuellersii</i> Stur.....	p. 287
Texte-fig. 84.- Quelques aspects du limbe stérile et fertile de <i>Discopteris danzei</i> nov. sp.....	p. 290
Texte-fig. 85.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Discopteris danzei</i> nov. sp.....	p. 291
Texte-fig. 86.- Caractéristiques essentielles du limbe stérile et fertile de " <i>Discopteris</i> " <i>opulenta</i> Danzé.....	p. 293
Texte-fig. 87.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de " <i>Discopteris</i> " <i>opulenta</i> Danzé.....	p. 295
Texte-fig. 88.- Fragment de pinnule rubanée de <i>Desmopteris longifolia</i> (Sternberg) montrant la nervation régulière typique.....	p. 302
Texte-fig. 89.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Desmopteris longifolia</i> (Sternberg).....	p. 305
Texte-fig. 90.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Sphenopteris (Zeilleria ?) bronni</i> (Gutbier).....	p. 308
Texte-fig. 91.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris (Zeilleria ?) bronni</i> Gutbier.....	p. 311
Texte-fig. 92.- Morphologie limbair de <i>Sphenopteris coemansii</i> Andrae. Comparaison avec <i>Diplothema coemansii</i> Stur et <i>Sphenopteris lanceolata</i> Gutbier.....	p. 314
Texte-fig. 93.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris coemansii</i> Andrae.....	p. 315
Texte-fig. 94.- Morphologie limbair de <i>Sphenopteris haidingeri</i> Ettingshausen. Comparaison avec <i>Sphenopteris vermonii</i> Kidston.....	p. 318
Texte-fig. 95.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris haidingeri</i> Ettingshausen.....	p. 320
Texte-fig. 96.- Morphologie limbair de <i>Sphenopteris jostenii</i> nov. sp.....	p. 323
Texte-fig. 97.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris jostenii</i> nov. sp.....	p. 325
Texte-fig. 98.- Morphologie et différenciation limbaires de <i>Sphenopteris laciniosa</i> Alvarez Ramis et al.....	p. 328
Texte-fig. 99.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris laciniosa</i> Alvarez Ramis et al.....	p. 329

Texte-fig. 100.- Morphologie limbairé d'un échantillon considéré comme représentant une forme affiné de <i>Sphenopteris laciniosa</i> Alvarez Ramis et al.....	p. 331
Texte-fig. 101.- Variabilité morphologique du limbe stérile de <i>Sphenopteris latinervis</i> Danzé.....	p. 334
Texte-fig. 102.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris latinervis</i> Danzé.....	p. 337
Texte-fig. 103.- Formes sphénoptéridiennes du type "mathetii". Comparaison de <i>Sphenopteris mathetii</i> Zeiller, <i>Sphenopteris biturica</i> Zeiller et <i>Sphenopteris fayolii</i> Zeiller.....	p. 341
Texte-fig. 104.- Aspect du limbe stérile de deux échantillons lorrains rapportés à <i>Sphenopteris ovalis</i> Gutbier.....	p. 344
Texte-fig. 105.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris ovalis</i> (Gutbier).....	p. 346
Texte-fig. 106.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Sphenopteris rutaefolia</i> Gutbier.....	p. 349
Texte-fig. 107.- Comparaison des échantillons figurés sous les noms de <i>Sphenopteris rutaefolia</i> Gutbier et <i>Sphenopteris stipulata</i> Gutbier.....	p. 350
Texte-fig. 108.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris rutaefolia</i> Gutbier.....	p. 353
Texte-fig. 109.- Principales étapes de la différenciation limbairé de <i>Sphenopteris</i> (<i>Zeilleria</i> ?) <i>schaumburg-lippeana</i> (Stur). Variabilité d'opulence du limbe.....	p. 356
Texte-fig. 110.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris</i> (<i>Zeilleria</i> ?) <i>schaumburg-lippeana</i> (Stur).....	p. 358
Texte-fig. 111.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Sphenopteris schwerinii</i> (Stur).....	p. 361
Texte-fig. 112.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris schwerinii</i> (Stur).....	p. 363
Texte-fig. 113.- Différenciation et morphologie limbaires de <i>Sphenopteris sewardii</i> Kidston.....	p. 366
Texte-fig. 114.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris sewardii</i> Kidston.....	p. 368
Texte-fig. 115.- Quelques aspects du limbe stérile de <i>Sphenopteris selbyensis</i> Kidston.....	p. 370
Texte-fig. 116.- Distribution géographique et répartition stratigraphique de <i>Sphenopteris selbyensis</i> Kidston.....	p. 371
Texte-fig. 117.- Quelques aspects du limbe stérile de l'échantillon décrit sous le nom de <i>Sphenopteris</i> (<i>Discopteris</i>) sp. A.....	p. 373
Texte-fig. 118.- Aspect du limbe stérile de l'échantillon décrit sous le nom de <i>Sphenopteris</i> (<i>Discopteris</i> ?) sp. B.....	p. 376
Texte-fig. 119.- Morphologie du limbe particulièrement gracile et aéré de l'échantillon décrit sous le nom de <i>Sphenopteris</i> sp. D.....	p. 377
Texte-fig. 120.- Différenciation et morphologie limbaires de deux échantillons décrits sous le nom de <i>Sphenopteris</i> sp. E.....	p. 379
Texte-fig. 121.- Quelques stades de différenciation des échantillons décrits sous le nom de <i>Sphenopteris</i> sp. F.....	p. 382
Texte-fig. 122.- Distribution des flores à la fin du Paléozoïque (d'après Chaloner et Meyen, 1973, p. 176). Distinction des principales provinces.....	p. 414
Texte-fig. 123.- Evolution de la distribution géographique des représentants des <i>Gleicheniaceae</i> au cours des temps géologiques (d'après Bower, 1923, p. 328).....	p. 416

TABLEAUX DANS LE TEXTE

Tabl. 1.- Distribution des principales espèces de micro- et macroflore dans le bassin houiller sarro-lorrain.....	p. 7
Tabl. 2.- Evolution des subdivisions stratigraphiques admises pour le bassin houiller sarro-lorrain.....	p. 9
Tabl. 3.- Classification des Filicales proposée par Bower, 1923, p. 54.....	p. 28
Tabl. 4.- Classification des fougères actuelles proposée par Lovis (1977) à partir des relevés de nombres chromosomiques.....	p. 33
Tabl. 5.- Schéma phylétique des fougères actuelles proposée par Lovis (1977) prenant en compte les nombres chromosomiques des principales familles et sous-familles.....	p. 34
Tabl. 6.- Classification de l'Embranchement des <i>Filicophyta</i> proposée par les auteurs du Traité de Boureau (vol. IV, fasc. 1, p. 14-15).....	p. 42
Tabl. 7.- Rappel des principaux termes du vocabulaire utilisé dans la description des fougères et du système de nomenclature adopté pour définir les différents éléments d'une fronde.....	p. 50
Tabl. 8.- Etude comparative des principaux caractères morphologiques des quatre espèces sarro-lorraines rapportées au genre <i>Corynepteris</i> Baily.....	p. 106
Tabl. 9.- Etude comparative des principaux caractères morphologiques des trois espèces sarro-lorraines rapportées au genre <i>Alloiopteris</i> H. Potonié.....	p. 107
Tabl. 10.- Répartitions stratigraphiques des principales espèces de <i>Zygopteridaceae</i> . Priorité de différenciation de la nervation.....	p. 110
Tabl. 11.- Etude comparative des principaux caractères morphologiques des espèces sarro-lorraines rapportées au genre <i>Renaultia</i> Zeiller.....	p. 196
Tabl. 12.- Etude comparative des principaux caractères morphologiques des espèces sarro-lorraines rapportées au genre <i>Oligocarpia</i> Goeppert.....	p. 260
Tabl. 13.- Etude comparative des principaux caractères morphologiques des espèces sarro-lorraines rapportées au genre <i>Discopteris</i> Stur.....	p. 296
Tabl. 14.- Répartitions stratigraphiques des fougères sphénoptéridiennes dans le bassin houiller sarro-lorrain. Proposition d'une biozonation.....	p. 395
Tabl. 15.- Tableau comparatif des répartitions stratigraphiques et des zones d'abondance des fougères sphénoptéridiennes les mieux représentées dans les bassins du Nord de la France et de Sarre-Lorraine.....	p. 399
Tabl. 16.- Comparaison des différents niveaux de récolte d' <i>Alloiopteris saraepontana</i> H. Potonié au sein des sondages de Ste-Fontaine.....	p. 401
Tabl. 17.- Comparaison des différents niveaux de récolte d' <i>Asterotheca damesii</i> (Stur) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.....	p. 402
Tabl. 18.- Comparaison des différents niveaux de récolte de <i>Corynepteris essinghii</i> (Andrae) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.....	p. 403
Tabl. 19.- Comparaison des différents niveaux de récolte de <i>Zeilleria frenzlii</i> (Stur) et de <i>Crossothea crepinti</i> Zeiller au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.....	p. 404

Tabl. 20.- Comparaison des différents niveaux de récolte de " <i>Discopteris</i> " <i>opulenta</i> Danzé au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.....	p. 405
Tabl. 21.- Comparaison des différents niveaux de récolte de <i>Grambastia goldenbergii</i> (Andrae) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.....	p. 406
Tabl. 22.- Comparaison des différents niveaux de récolte de <i>Renaultia chaerophylloides</i> (Bron- gniart) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.....	p. 407
Tabl. 23.- Comparaison des différents niveaux de récolte de <i>Zeilleria avoldensis</i> (Stur) au sein des sondages du siège de Ste-Fontaine.....	p. 408
Tabl. 24.- Récapitulatif des principaux niveaux repères de fougères sphénoptéridiennes au sein du champ de Ste-Fontaine.....	p. 409
Tabl. 25.- Comparaison des différents niveaux de récolte de <i>Renaultia villosa</i> (Crépin) au sein de quelques sondages du champ de Cocheren.....	p. 410
Tabl. 26.- Principaux types de spores fournies par les fougères sphénoptéridiennes du bassin houiller sarro-lorrain.....	p. 411

LISTE DES SONDAGES

CITES

LISTE DES SONDAGES

CHAMPS D'EXPLOITATION AUXQUELS ILS APPARTIENNENT

Sondage d'Atton.....Pont-à-Mousson
Sondage de B2..... ?
Sondage de B31..... ?
Sondage de Barrois.....La Houve
Sondage de Berviller.....Berviller
Sondage de Bisten 4.....Boulay
Sondage de Bisten 5.....Boulay
Sondage des Bouleaux.....St-Avoid
Sondage des Bruyères.....Hombourg
Sondage de Carling.....Hombourg
Sondage du Champ de tir.....Hombourg
Sondage des Chasseurs.....Hombourg
Sondage du Chêne aux Sorcières...Ste-Fontaine
Sondage des Chevreuils.....Hombourg
Sondage de Cocheren 4.....Cocheren
Sondage de Cocheren 6.....Cocheren
Sondage de Cocheren 7.....Cocheren
Sondage de Cocheren 8.....Cocheren
Sondage de Cocheren 9.....Cocheren
Sondage de Cocheren 11.....Cocheren
Sondage de Cocheren 12.....Cocheren
Sondage de la Crête.....Hombourg
Sondage de Cuvelette.....Merlebach-Cuvelette
Sondage de Differten.....Hostenbach
Sondage d'Emmersweiler.....Gross-Rosseln
Sondage d'Eply.....Pont-à-Mousson
Sondage de Fockloch.....Marienau
Sondage de Folschviller 1.....Folschviller
Sondage de Folschviller 23.....Folschviller
Sondage de Gargan 1.....Wendel
Sondage de Guerting C3.....La Houve Sud
Sondage de Guerting C4.....La Houve Sud
Sondage d'Habsterdick.....Gargan-Wendel
Sondage d'Hallerling 1.....Faulquemont
Sondage d'Hargarten 1.....Teterchen
Sondage d'Hargarten 2 (= Moulin du Soleil) Teterchen
Sondage d'Hargarten 3.....Teterchen
Sondage de Hombourg 2/5.....Hombourg

Sondage de Hombourg 2/6.....	Hombourg
Sondage de la Houve Sud A1.....	La Houve Sud
Sondage de la Houve Sud A3.....	La Houve Sud
Sondage de Jézainville.....	Pont-à-Mousson
Sondage de Laudrefang.....	Faulquemont
Sondage de Longeville.....	Longeville
Sondage de Marienau 1.....	Marienau
Sondage de Marienau 2.....	Marienau
Sondage de Marienau 3.....	Marienau
Sondage de Marienau 4.....	Marienau
Sondage de Merbette.....	Merbette
Sondage de Merlebach 64.....	Merlebach
Sondage de Morsbach.....	Marienau
Sondage d'Oberwisse.....	Merbette-Oberwisse
Sondage d'Oeting.....	Forbach
Sondage de l'Oratoire.....	Marienau
Sondage de Papiermühle.....	Hombourg
Sondage de Pont-à-Mousson.....	Pont-à-Mousson
Sondage de Porcellette.....	Vernejoul
Sondage de Port-sur-Seille.....	Pont-à-Mousson
Sondage de Rosbrück.....	Cocheren
Sondage de Simon.....	Simon
Sondage de Simon 1.....	Simon
Sondage de Simon 21.....	Simon
Sondage de Simon 47.....	Simon
Sondage de Simon 48.....	Simon
Sondage de Simon Gras.....	Simon
Sondage de Spitzberg 2.....	Vernejoul
Sondage de Ste-Fontaine 1.....	Ste-Fontaine
Sondage de Ste-Fontaine 2.....	Ste-Fontaine
Sondage de Ste-Fontaine 3.....	Ste-Fontaine
Sondage de Ste-Fontaine 4.....	Ste-Fontaine
Sondage de Ste-Fontaine 5.....	Ste-Fontaine
Sondage de Ste-Fontaine 6.....	Ste-Fontaine
Sondage de Steinberg.....	Hombourg
Sondage de Steinbesch.....	Faulquemont
Sondage de Stocken.....	Faulquemont
Sondage de Tritteling.....	Tritteling
Sondage de Villa-Marie.....	Simon
Sondage de Valmont 1.....	Valmont
Sondage de Valmont 2.....	Valmont
Sondage de Valmont 3.....	Valmont
Sondage de Valmont 4.....	Valmont
Sondage de Valmont 5.....	Valmont
Sondage de Wendel 17ter.....	Wendel
Sondage de Wendel 20.....	Wendel
Sondage de Wenheck.....	Hombourg
Sondage de Wiebelskirchen.....	Wiebelskirchen

INDEX ALPHABETIQUE
DES
ESPECES DECRITES

INDEX ALPHABETIQUE DES ESPECES

DECRIRES

- Alloiopteris cristata* (Gutbier)..... p. 85, pl. 13-14, texte-fig. 18
Alloiopteris erosa (Gutbier)..... p. 90, pl. 15-17, texte-fig. 20
Alloiopteris saraepontana H. Potonié..... p. 96, pl. 18, texte-fig. 22
Asterotheca damesii (Stur)..... p. 112, pl. 20-23, texte-fig. 26-28
Corynepteris angustissima (Sternberg)..... p. 57, pl. 1-3, texte-fig. 9
Corynepteris coralloides (Gutbier)..... p. 80, pl. 12
Corynepteris essinghii (Andrae)..... p. 71, pl. 7-9 ; pl. 10, fig. 1, 4-7 ;
pl. 11, texte-fig. 14
Corynepteris similis (Sternberg)..... p. 65, pl. 4-6, texte-fig. 12
Crossotheca crepini Zeiller..... p. 122, pl. 24-26, texte-fig. 30
Crossotheca sp..... p. 126, pl. 27
Desmopteris longifolia (Sternberg)..... p. 301, pl. 80, fig. 2, 3 ; pl. 81,
texte-fig. 88
Discopteris danzei nov. sp..... p. 288, pl. 78, texte-fig. 84
Discopteris occidentalis Gothan..... p. 281, pl. 75, fig. 1, 3-6 ; pl. 76,
fig. 1-6, texte-fig. 80
"Discopteris" *opulenta* Danzé..... p. 292, pl. 79, texte-fig. 86
Discopteris vuellersii Stur..... p. 284, pl. 77, texte-fig. 82
Germera mendescorreae (Teixeira)..... p. 227, pl. 55-56, texte-fig. 65, 66
Grambastia goldenbergii (Andrae)..... p. 261, pl. 69-70, texte-fig. 74
Hymenophyllites quadridactylites (Gutbier)..... p. 268, pl. 71-72, texte-fig. 76
Myriotheca sp..... p. 220, pl. 53
Nemejcopteris feminaeformis (Schlotheim)..... p. 103, pl. 19
Oligocarpia brongniartii Stur..... p. 245, pl. 62-64, texte-fig. 71
Oligocarpia gutbieri Goeppert..... p. 236, pl. 57-61, texte-fig. 68, 69
Oligocarpia leptophylla (Bunbury)..... p. 250
Oligocarpia cf. *leptophylla* (Bunbury)..... p. 252, pl. 65
Oligocarpia mixta (Schimper)..... p. 253
Oligocarpia cf. *mixta* (Schimper)..... p. 255, pl. 66-68, texte-fig. 73
Radstockia sphenopteroides Kidston..... p. 130, pl. 28
Renaultia chaerophylloides (Brongniart)..... p. 143, pl. 32-35, texte-fig. 37, 38
Renaultia crepini (Stur)..... p. 140, pl. 30, fig. 1, 3-9 ; pl. 31,
texte-fig. 36
Renaultia footneri (Marrat)..... p. 154, pl. 37, texte-fig. 41
Renaultia germanica (H. Potonié)..... p. 152, pl. 36, fig. 2
Renaultia germanica ? (H. Potonié)..... p. 153, pl. 36, fig. 3
Renaultia gracilis (Brongniart)..... p. 158, pl. 38-39, texte-fig. 43
Renaultia hemingwayi Kidston..... p. 164, pl. 40, fig. 1, texte-fig. 45
Renaultia hemingwayi ? Kidston..... p. 164, pl. 40, fig. 2-3, texte-fig. 45
Renaultia lebachensis (Weiss)..... p. 168, pl. 41-42, texte-fig. 47, 48
Renaultia rotundifolia (Andrae)..... p. 173, pl. 43, texte-fig. 50
Renaultia schatzlarenensis (Stur)..... p. 179, pl. 44-46, texte-fig. 52-54
Renaultia villosa (Crépin)..... p. 190, pl. 47, texte-fig. 57
Sphenopteris (*Zeilleria* ?) *bronii* Gutbier..... p. 305, pl. 82 ; pl. 83, fig. 1-6,
texte-fig. 90
Sphenopteris (*Renaultia* ?) sp. aff. *chaerophylloides* (Brongniart) p. 151, pl. 36, fig. 1, texte-fig. 39
Sphenopteris coemansii Andrae..... p. 311, pl. 84, fig. 1-4, texte-fig. 92
Sphenopteris haidingeri Ettinghausen..... p. 316, pl. 85-86, texte-fig. 94
Sphenopteris jostenii nov. sp..... p. 320, pl. 87, texte-fig. 96
Sphenopteris laciniosa Alvarez Ramis, Doubinger et Germer..... p. 325, pl. 88, fig. 1-7, texte-fig. 98
Sphenopteris sp. aff. *laciniosa*, Alvarez Ramis, Doubinger et Germer p. 330, pl. 88, fig. 8, texte-fig. 100
Sphenopteris latinervis Danzé..... p. 331, pl. 89-90 ; pl. 91, fig. 1-3

<i>Sphenopteris mathetii</i> Zeiller.....	p. 337, pl. 92, fig. 1, texte-fig. 103
<i>Sphenopteris</i> cf. <i>mathetii</i> Zeiller.....	p. 340, pl. 92, fig. 2, 3
<i>Sphenopteris ovalis</i> Gutbier.....	p. 342, pl. 93, fig. 1-5, texte-fig. 104
<i>Sphenopteris mutaefolia</i> Gutbier.....	p. 346, pl. 93, fig. 6 ; pl. 94, texte-fig. 106, 107
<i>Sphenopteris</i> (<i>Zeilleria</i> ?) <i>schaumburg-lippeana</i> (Stur).....	p. 353, pl. 95, texte-fig. 109
<i>Sphenopteris schwerinii</i> (Stur).....	p. 358, pl. 30, fig. 2 ; pl. 96, texte-fig. 111
<i>Sphenopteris selbyensis</i> Kidston.....	p. 368, pl. 98, fig. 1, texte-fig. 115
<i>Sphenopteris sewardii</i> Kidston.....	p. 363, pl. 97, texte-fig. 113
<i>Sphenopteris</i> (<i>Discopteris</i> ?) sp. A.....	p. 372, pl. 98, fig. 2, texte-fig. 117
<i>Sphenopteris</i> (<i>Discopteris</i> ?) sp. B.....	p. 374, pl. 98, fig. 3
<i>Sphenopteris</i> (<i>Discopteris</i> ?) sp. C.....	p. 375, pl. 98, fig. 4, texte-fig. 118
<i>Sphenopteris</i> sp. D.....	p. 376, pl. 98, fig. 5, texte-fig. 119
<i>Sphenopteris</i> sp. E.....	p. 378, pl. 99, fig. 1, 2, texte-fig. 120
<i>Sphenopteris</i> sp. F.....	p. 380, pl. 99, fig. 3-5, texte-fig. 121
<i>Sphenopteris</i> sp. G.....	p. 383, pl. 100, fig. 1
<i>Sphenopteris</i> sp. H.....	p. 384, pl. 100, fig. 2
<i>Sphyropteris</i> sp. A.....	p. 222, pl. 54, fig. 1
<i>Sphyropteris</i> sp. B.....	p. 223, pl. 54, fig. 3
<i>Stellatheca</i> sp.....	p. 299, pl. 80, fig. 1
<i>Sturia amoena</i> (Stur).....	p. 274, pl. 73-74, texte-fig. 78
<i>Urnatopteris herbacea</i> (Boulay).....	p. 134, pl. 29, texte-fig. 34
<i>Zeilleria avoidensis</i> (Stur).....	p. 215, pl. 52
<i>Zeilleria delicatula</i> Kidston non Sternberg.....	p. 199, pl. 48, texte-fig. 59
<i>Zeilleria frenalii</i> (Stur).....	p. 205, pl. 49-50, texte-fig. 61
<i>Zeilleria hymenophylloides</i> Kidston.....	p. 213, pl. 51, fig. 1-5
<i>Zeilleria</i> cf. <i>hymenophylloides</i> Kidston.....	p. 214, pl. 51, fig. 6-8

INDEX ALPHABETIQUE

INDEX ALPHABETIQUE

Les nombres écrits en italique et suivis d'un astérisque indiquent à quelle page le taxon est décrit.

<i>Acrangiophyllum</i>	p. 209
<i>Acrosticheae</i>	p. 28
<i>Acrotheca</i>	p. 280
<i>Adiantaceae</i>	p. 31, 33, 34, 36, 40
<i>Adiantoideae</i>	p. 31, 32, 33, 34
<i>Adiantum</i>	p. 30
<i>Alethopteris</i>	
<i>angustissima</i>	p. 57
<i>cristata</i>	p. 85
<i>erosa</i>	p. 91
<i>grandinii</i>	p. 14
<i>longifolia</i>	p. 301
(<i>Desmopteris</i>) <i>longifolia</i>	p. 301
<i>serlii</i>	p. 7
<i>similis</i>	p. 65
<i>zeilleri</i>	p. 14
<i>Alloiopteris</i>	p. 43, 48, 53, 55, 56, 84*, 85, 95, 107, 109, 267, 300, 322, 324
<i>angustissima</i>	p. 58, 61, 62
<i>coralloides</i>	p. 81
(<i>Corynepteris</i>) <i>coralloides</i>	p. 81
<i>coralloides</i> cf. <i>grypophylla</i>	p. 81
<i>crenulata</i>	p. 85, 88
<i>cristata</i>	p. 85*, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 107, 108, 109, 110, 395, 397, 413
<i>erosa</i>	p. 58, 62, 85, 89, 90*, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 107, 108, 110, 324, 395, 396, 397, 398, 399, 410, 413
<i>essinghii</i>	p. 71
? <i>essinghii</i>	p. 76
(<i>Corynepteris</i>) <i>essinghii</i>	p. 71
<i>grypophylla</i>	p. 81, 84
<i>herbstiana</i>	p. 76, 77, 108, 109, 110
<i>inversa</i>	p. 65, 69
(? <i>Corynepteris</i>) <i>junghamii</i>	p. 69
<i>magnifica</i>	p. 71, 73, 74, 75, 77, 78
(? <i>Corynepteris</i>) <i>magnifica</i>	p. 71
<i>palatina</i>	p. 97, 99
<i>quercifolia</i>	p. 71, 76, 77, 84, 108, 109, 110
(? <i>Corynepteris</i>) <i>quercifolia</i>	p. 108
<i>radstockensis</i>	p. 95
<i>saraepontana</i>	p. 85, 88, 89, 96*, 97, 98, 99, 100, 101, 107, 108, 109, 110, 395, 396, 397, 399, 400, 401, 413
(? <i>Corynepteris</i>) <i>saraepontana</i>	p. 97
<i>sarana</i>	p. 97, 99
<i>secreta</i>	p. 77, 78
(? <i>Corynepteris</i>) <i>secreta</i>	p. 108
<i>similis</i>	p. 65, 69
<i>sternbergii</i>	p. 57, 58, 59, 84
(<i>Corynepteris</i>) <i>sternbergii</i>	p. 57
<i>tenuissima</i>	p. 71, 77
<i>winslovii</i>	p. 58, 94, 95
(<i>Corynepteris</i>) <i>winslovii</i>	p. 94
<i>Aloiopteris</i>	p. 56, 94
<i>erosa</i>	p. 91
(<i>Corynepteris</i> ?) <i>winslovii</i>	p. 91, 94
<i>Anachoropteridaceae</i>	p. 42, 43

Anachoropterus.....	P. 45
Anapiculatisporites.....	P. 199, 206, 208, 209, 211, 410, 411
Anemia.....	P. 34
Anemioideae.....	P. 32
Angiopteris.....	P. 43
Annularia sphenophyllotides.....	P. 7
Apiculatisporites.....	P. 58, 61, 72, 75, 106, 138, 410, 411
Archangiopteris.....	P. 43
Aspidaceae.....	P. 31
Aspideteae.....	P. 28
Aspidites.....	P. 36
Aspleniaceae.....	P. 33, 34
Asplenieae.....	P. 28
Asplenioidae.....	P. 31, 32
Asplenites	
alethopteroides.....	P. 301
angustissimus.....	P. 57
longifolius.....	P. 301
similis.....	P. 65
sternbergii.....	P. 57, 61, 94
Asterocarpus.....	P. 111
Asterotheca.....	P. 40, 41, 42, 43, 48, 53, 111*, 112, 216, 392
damesii.....	P. 112*, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 272, 319, 339, 391, 395, 396, 397, 399, 400, 402, 409, 411, 413, 415
(Sphenopteris) damesii.....	P. 113
sternbergii.....	P. 111
Athyrioidae.....	P. 33, 34
Aziniaceae.....	P. 42
Azollaceae.....	P. 33, 42
Bentaisporites	
luzatus.....	P. 7
tricolinus-margaritatus.....	P. 7
Bertrandia.....	P. 198
Biscali theca.....	P. 55, 102
musatea.....	P. 102
Blechnaceae.....	P. 31, 33, 34, 36
Blechnoideae.....	P. 31, 32
Botrychioideae.....	P. 32
Botrychium.....	P. 30, 40
Botryopteridaceae.....	P. 43
Botryopteris.....	P. 45
burgkensis.....	P. 251
Boweria.....	P. 41, 42, 310
(Haploptertis) schatzlarenensis.....	P. 310
Callipteridium	
armasti.....	P. 7
gigas.....	P. 14
jongmansii.....	P. 7
Calymmatotheca.....	P. 197, 198
Calymnotheca.....	P. 197, 208, 355
avoldensis.....	P. 197, 198
damesii.....	P. 113
frenzelii.....	P. 197, 205
schaumburg-lippeana.....	P. 353
(Sphenopteris) schaumburg-lippeana.....	P. 353
Campotriletes.....	P. 219
Ceratopsis.....	P. 34
Ceratopteris.....	P. 32, 34
Cheilanthes.....	P. 37
grypophyllus.....	P. 80
Cheiropleuria.....	P. 34
Cheiropleuriaceae.....	P. 32, 33
Christensenia.....	P. 43
Cibotioideae.....	P. 33
Cingulizonates loricaeus.....	P. 7
Cladomylaceae.....	P. 42
Cladomylopsida.....	P. 41, 42, 43
Coenopteropsida.....	P. 41, 42, 43, 47, 48, 53, 55
Convolutispora.....	P. 104, 410, 411

<i>Corynepteris</i>	p. 40, 42, 43, 48, 53, 55, 56 *, 69, 75, 82, 84, 88, 94, 95, 105, 106, 107, 109, 322, 412
<i>angustissima</i>	p. 57 *, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 68, 69, 75, 94, 95, 105, 106, 108, 110, 394, 395, 397, 399, 411, 413, 414
<i>coralloides</i>	p. 57, 72, 80 *, 81, 82, 83, 92, 106, 108, 110, 395, 396, 413
(<i>Zygopteris</i>) <i>coralloides</i>	p. 81
cf. <i>cristata</i>	p. 85, 99
<i>erosa</i>	p. 91, 95
(ex. <i>Alloiopteris</i>) cf. <i>erosa</i>	p. 91, 95
<i>essinghii</i>	p. 57, 71 *, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 92, 105, 106, 108, 109, 110, 324, 393, 394, 395, 396, 399, 400, 403, 409, 411, 413
<i>magnifica</i>	p. 76, 78, 82
cf. <i>magnifica</i>	p. 71
<i>saraepontana</i>	p. 97
<i>similis</i>	p. 57, 62, 65 *, 67, 68, 69, 70, 75, 105, 106, 108, 110, 395, 396, 411, 413
<i>stellata</i>	p. 55, 56
<i>sternbergii</i>	p. 57, 58, 94
(<i>Zygopteris</i>) <i>sternbergii</i>	p. 57, 61
<i>thinnfeldioides</i>	p. 65, 69
<i>Crossotheca</i>	p. 40, 41, 44, 45, 48, 53, 120 *, 121, 122, 126, 127, 130, 132, 211, 225, 226, 392
<i>boulayi</i>	p. 121
<i>boulayi</i> ?.....	p. 123
<i>bourozii</i>	p. 121, 123
<i>crepinii</i>	p. 120, 121, 122 *, 123, 124, 125, 126, 127, 211, 226, 394, 395, 398, 399, 400, 404, 409, 411, 413
<i>hoeninghausii</i>	p. 122
<i>mendes-correae</i>	p. 227
<i>sagittata</i>	p. 123
<i>schatzlarensis</i>	p. 210, 222, 226, 378
<i>Crossotheca</i> sp.....	p. 126 *, 411
<i>Cryptogramma</i>	p. 40
<i>Cyatheaceae</i>	p. 28, 30, 33, 34, 35, 42, 234
<i>Cyathea</i>	p. 28
<i>Cyatheetes argutus</i>	p. 103
<i>Cyatheoideae</i>	p. 32, 33, 34
<i>Cyclogranisporites</i>	p. 66, 68, 121, 123, 127, 130, 141, 164, 191, 193, 196, 211, 214, 410, 411
<i>Cystopteris fragilis</i>	p. 31
<i>Cystosporites varius</i>	p. 7
<i>Danaea</i>	p. 43, 133
<i>Danaeaceae</i>	p. 37
<i>Davalliaceae</i>	p. 33, 34, 42
<i>Davallieae</i>	p. 28
<i>Davallioidae</i>	p. 33
<i>Dennstaedtiaceae</i>	p. 33, 34, 36
<i>Dennstaedtioidae</i>	p. 33, 34
<i>Desmopteris</i>	p. 48, 53, 300 *, 301, 303
<i>alethopteroides</i>	p. 301, 303
<i>belgica</i>	p. 301, 303
<i>elongata</i>	p. 301, 303
<i>longifolia</i>	p. 300, 301 *, 302, 303, 304, 305, 395, 399, 413
cf. <i>robusta</i>	p. 301, 304
<i>robustus</i>	p. 301, 303, 304
<i>Dicksoniaceae</i>	p. 28, 36, 42
<i>Dicksonioideae</i>	p. 33
<i>Dicksonites pluckenetii</i>	p. 7
<i>Dicranopteris</i>	p. 34
<i>Diplothemna coemansii</i>	p. 312, 313, 314
<i>gutbierianum</i>	p. 322
<i>zeileri</i>	p. 322, 323, 324, 339
<i>Dipteridaceae</i>	p. 32, 33, 34, 36, 42
<i>Dipteris</i>	p. 34

<i>Discopteris</i>	p. 40, 41, 42, 45, 46, 48, 53, 112, 259, 279*, 280, 288, 291, 295, 296, 297, 298, 372, 374, 376, 383
<i>bertrandii</i>	p. 281
<i>danzei</i>	p. 149, 280, 288*, 290, 291, 295, 296, 392, 395, 413
<i>goldenbergii</i>	p. 261
<i>karwinensis</i>	p. 45, 46, 279, 280, 281, 282, 283, 296, 298, 335, 373, 411
<i>occidentalis</i>	p. 112, 280, 281*, 282, 283, 284, 295, 296, 297, 395, 397, 399, 411, 413
" <i>Discopteris</i> " <i>opulenta</i>	p. 46, 280, 292*, 293, 294, 295, 367, 383, 395, 396, 398, 399, 400, 405, 409, 411, 413
<i>Discopteris schumani</i>	p. 279, 280, 290, 324
<i>vuellersii</i>	p. 279, 280, 284*, 285, 286, 287, 290, 295, 296, 395, 413
<i>Drynarioideae</i>	p. 33
<i>Dryopteridaceae</i>	p. 33, 34, 36
<i>Dryopterioideae</i>	p. 31, 32, 33, 34
<i>Dryopteris</i>	p. 32, 34
<i>Eoangiopteris</i>	p. 44
<i>Etapterioideae</i>	p. 55
<i>Etapteris</i>	p. 102
<i>Eudiscopteris</i>	p. 259, 280
<i>Euestheria cebennensis</i>	p. 14
<i>Eufilicinae</i>	p. 28
<i>Eusphenopteris</i>	p. 162
<i>sauveurii</i>	p. 381
<i>Eusporangiopsida</i>	p. 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 53, 111
<i>Feraxotheca</i>	p. 122
<i>Filicidae</i>	p. 33
<i>Filicites</i>	p. 36
<i>foeminaeformis</i>	p. 103
<i>Filicophyta</i>	p. 41, 42
<i>Filicopsida</i>	p. 29, 33, 36
<i>Germera</i>	p. 40, 41, 45, 48, 53, 130, 225*, 226, 392
<i>mendescoreae</i>	p. 210, 211, 225, 227*, 228, 229, 231, 232, 233, 357, 395, 397, 413
<i>Gleichenia</i>	p. 34, 46
<i>Gleicheniaceae</i>	p. 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 42, 46, 48, 53, 234, 414, 415, 416
<i>Gleicheniopsis</i>	p. 36
<i>Goniopteris foeminaeformis</i>	p. 103
<i>Grambastia</i>	p. 40, 41, 46, 48, 53, 259*, 392, 410, 414
<i>goldenbergii</i>	p. 259, 261*, 262, 263, 265, 395, 396, 399, 400, 406, 409, 411, 413, 415
<i>Grammitidaceae</i>	p. 33, 34
<i>Grammitidoideae</i>	p. 32
<i>Grand'Eurya</i>	p. 56
<i>coralloides</i>	p. 81
<i>Granulatisporites</i>	p. 138, 143, 147, 196, 219, 220, 235, 237, 240, 247, 252, 257, 258, 260, 280, 281, 296, 410, 411, 412
<i>parvus</i>	p. 251
<i>Hapalopteris</i>	p. 138, 147
<i>amoena</i>	p. 273, 274, 275, 276
<i>aschenbornii</i>	p. 180, 184, 185, 188
<i>bella</i>	p. 166, 274, 275, 276
<i>crepinii</i>	p. 140, 141
<i>delicatula</i>	p. 179
<i>rotundifolia</i>	p. 173
<i>schatzlarensis</i>	p. 179, 180, 181, 324, 393
<i>schuetzei</i>	p. 139, 140, 141, 359
<i>schwerinii</i>	p. 139, 140, 358
<i>typica</i>	p. 138, 143, 144, 147, 149, 360
<i>villosa</i>	p. 140
<i>Hawleae</i>	p. 234
<i>Heteropteris</i>	p. 84
<i>Hymenophyllaceae</i>	p. 28, 33, 46, 47, 133, 152
<i>Hymenophyllea</i>	p. 266

<i>Hymenophyllites</i>	p. 37, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 53, 152, 266 *, 267, 268, 269, 307, 309, 384
<i>brongniartii</i>	p. 266
<i>bromni</i>	p. 306, 309
<i>crenulatus</i>	p. 266
<i>delicatulus</i>	p. 266, 268, 271
<i>dissectus</i>	p. 266
<i>furcatus</i>	p. 266
(<i>Sphenopteris</i>) <i>germanica</i>	p. 152
<i>gersdorffii</i>	p. 266
<i>grandini</i>	p. 266
<i>humboldtii</i>	p. 266
<i>obtusilobus</i>	p. 266
<i>ovalis</i>	p. 342
<i>phillipsii</i>	p. 266
<i>quadridactylites</i>	p. 47, 187, 188, 203, 204, 266, 268 *, 269, 270, 271, 272, 273, 277, 309, 310, 395, 396, 397, 399, 413, 414
<i>quercifolia</i>	p. 266
<i>quercifolius</i>	p. 267
<i>stipulatus</i>	p. 346
<i>williamsonis</i>	p. 266
<i>zobellii</i>	p. 266
<i>Hymenophylloideae</i>	p. 31, 32
<i>Hymenophyllopsidaceae</i>	p. 33
<i>Hymenopteris</i>	p. 266
<i>Hymenotheca</i>	p. 128
<i>beyschlagii</i>	p. 128
<i>Hypolepidtoideae</i>	p. 33, 34
<i>Laevigatosporites</i>	p. 113, 199, 216, 410, 411
<i>Leia baentschi</i>	p. 14
<i>Leiotriletes</i>	p. 153, 193, 196, 259, 263, 280, 281, 292, 296, 410, 411
<i>Leptopteris</i>	p. 45
<i>Leptosporangiatae</i>	p. 28
<i>Leptosporiangiopsida</i>	p. 41, 42, 45, 46, 47, 48, 53, 234, 266
<i>Lindsaeoideae</i>	p. 32, 33, 34
<i>Linopteris neuropteroides</i>	p. 7
<i>obliqua</i>	p. 7
<i>Lobopteris</i>	p. 216, 240
<i>Lomariopsidaceae</i>	p. 33, 34
<i>Lophosorioideae</i>	p. 33
<i>Loxsomaceae</i>	p. 33, 47, 274
<i>Lyginopteris</i>	p. 39, 122
<i>Lygodioideae</i>	p. 32
<i>Lygodium</i>	p. 34
<i>Macroglossum</i>	p. 43
<i>Marattia</i>	p. 43
<i>alata</i>	p. 130
<i>Marattiaceae</i>	p. 28, 29, 30, 32, 33, 36, 42, 44, 45, 46, 48, 53, 111, 130, 133, 415
<i>Marattidae</i>	p. 33
<i>Margaritopteris coemansii</i>	p. 7
<i>Marsilea</i>	p. 34
<i>Marsileaceae</i>	p. 33, 42
<i>Marsiaceae</i>	p. 28
<i>Matoniaceae</i>	p. 28, 32, 33, 34, 36, 42
<i>Matteuccia</i>	p. 34
<i>Metaxyoideae</i>	p. 33
<i>Microsorioideae</i>	p. 33
<i>Mixoneura</i>	p. 8
<i>Monoscalitheca</i>	p. 102
<i>fasciculata</i>	p. 102
<i>Monothea</i>	p. 44
<i>Mohria</i>	p. 34
<i>Musatea</i>	p. 55
<i>Myriotheca</i>	p. 40, 41, 42, 44, 48, 53, 177, 219 *, 220
<i>anglica</i>	p. 219, 220
<i>desaillyi</i>	p. 219
<i>permica</i>	p. 220
<i>scaberrima</i>	p. 219, 220
<i>Myriotheca</i> sp.....	p. 220 *, 395, 411

<i>Nemejcopteris</i>	p. 40, 42, 43, 48, 53, 55, 101 *, 102
<i>feminaeformis</i>	p. 7, 14, 102, 103 *, 104, 105, 395, 397, 399, 411, 412, 413
(al. <i>Pecopteris</i>) <i>feminaeformis</i>	p. 103
<i>Neuropteris</i>	p. 37
<i>ovata</i>	p. 7, 8, 398
<i>rarinervis</i>	p. 7
<i>tenuifolia</i>	p. 7
<i>Notoschizaea</i>	p. 55
<i>Odontopteris thinnfeldtioides</i>	p. 65, 69
<i>Oleandreae</i>	p. 28
<i>Oleandroideae</i>	p. 33
<i>Oligocarpia</i>	p. 40, 42, 46, 48, 53, 94, 112, 234 *, 235, 241, 251, 252, 254, 257, 258, 259, 280, 297, 298, 339, 345, 351, 392, 412, 414, 415
<i>bellii</i>	p. 236, 242
<i>brongniartii</i>	p. 46, 235, 242, 245 *, 246, 247, 248, 249, 250, 258, 260, 348, 392, 394, 395, 396, 399, 411, 413, 414
(<i>Filicites</i>) <i>feminaeformis</i>	p. 103
<i>formosa</i>	p. 245
<i>grigorievii</i>	p. 241
<i>gutbieri</i>	p. 46, 112, 234, 235, 236 *, 238, 239, 240, 241, 242, 244, 245, 247, 258, 260, 392, 393, 395, 397, 399, 409, 411, 413
(<i>Sphenopteris</i>) <i>lebachensis</i>	p. 168
<i>leptophylla</i>	p. 46, 112, 235, 241, 242, 250 *, 251, 252, 253
cf. <i>leptophylla</i>	p. 235, 252 *, 253, 258, 395, 411
(<i>Sphenopteris</i>) <i>leptophylla</i>	p. 251
<i>lindsaeoides</i>	p. 242
<i>missouriensis</i>	p. 242
<i>mixta</i>	p. 248, 253 *, 254, 255, 257, 258, 392
cf. <i>mixta</i>	p. 235, 254, 255 *, 256, 258, 259, 260, 395, 396, 411
<i>vera</i>	p. 46
<i>Onoclea</i>	p. 34
<i>Onocleoidae</i>	p. 33, 34
<i>Ophioglossaceae</i>	p. 28, 33, 40
<i>Ophioglossidae</i>	p. 33
<i>Ophioglossoidae</i>	p. 32
<i>Ophioglossum</i>	p. 30, 31
<i>Osmunda</i>	p. 34
<i>cinmanomea</i>	p. 34
<i>claytonia</i>	p. 34
<i>regalis</i>	p. 34
<i>Osmundaceae</i>	p. 28, 32, 33, 34, 36, 42, 45
<i>Osmundidae</i>	p. 33
<i>Ovopteridium</i>	p. 324
<i>gutbierianum</i>	p. 321, 322
<i>schatzlarense</i>	p. 180
<i>vuellersii</i>	p. 285
<i>Ovopteris</i>	p. 324, 351
<i>carolensis</i>	p. 292
<i>ceciliae</i>	p. 330
<i>cristata</i>	p. 148
<i>cristata forma goldenbergii</i>	p. 143, 148, 261, 263
<i>cristata forma typica</i>	p. 148
<i>karwinensis</i>	p. 281
<i>pecopteroides</i>	p. 147, 241, 250, 251
<i>rutaeifolia</i>	p. 346, 348
<i>Palaeoveichselia defrancei</i>	p. 7
<i>Palmatopteris</i>	p. 324
<i>walteri</i>	p. 324
<i>Paripteris</i>	
<i>linguaeifolia</i>	p. 7
<i>pseudogigantea</i>	p. 7
<i>Parkeriaceae</i>	p. 28, 33
<i>Pecopteris</i>	p. 37, 69, 102, 104, 258, 392
<i>acuta</i>	p. 69
<i>angustissima</i>	p. 57, 61
<i>arguta</i>	p. 103
<i>avoldensis</i>	p. 198, 392
(<i>Zeilleria</i>) <i>avoldensis</i>	p. 216

<i>bredovii</i>	p. 236, 239, 240, 241, 393, 397
sp. cf. <i>bredovii</i>	p. 236
<i>chaerophylloides</i>	p. 143, 147, 148
<i>cristata</i>	p. 91, 94, 143, 147, 148, 263
(<i>Diplazites</i>) <i>cristatus</i>	p. 85
ex. gr. <i>cyathea</i>	p. 7
<i>dobranyana</i>	p. 392
<i>elegans</i>	p. 103
<i>elongata</i>	p. 301, 303
<i>erosa</i>	p. 91, 94
<i>feminaeformis</i>	p. 14, 103
(<i>Dys-Corynepteris</i>) <i>feminaeformis</i>	p. 103
(<i>Ptychocarpus</i> ?) <i>feminaeformis</i>	p. 103
<i>grigorievi</i>	p. 236, 240, 241, 393
<i>leptophylla</i>	p. 250, 251
<i>linearis</i>	p. 91, 95
<i>longifolia</i>	p. 301, 303
<i>micromiltonii</i>	p. 7
<i>miltonii</i>	p. 218
<i>ornata</i>	p. 297
<i>pennaeformis</i>	p. 7
<i>plumosa</i>	p. 69
<i>plumosa</i> variété <i>acuta</i>	p. 345, 380
<i>polymorpha</i>	p. 7
<i>saraefolia</i>	p. 7
<i>saraei</i>	p. 41, 113, 117
<i>similis</i>	p. 65
(<i>Corynepteris</i> ?) <i>similis</i>	p. 65
cf. <i>simonii</i>	p. 243
<i>sternbergii</i>	p. 57
<i>unita</i>	p. 7
<i>viannae</i>	p. 392
<i>waltonii</i>	p. 392
<i>Phtinophyllum avoldense</i>	p. 216
<i>Pilularia</i>	p. 34
<i>Plagiogyriaceae</i>	p. 33
<i>Platycerioideae</i>	p. 33
<i>Platyzoma</i>	p. 34
<i>Platyzomataceae</i>	p. 33
<i>Pleopeltoideae</i>	p. 33
<i>Polymorphopteris</i>	p. 240
<i>Polypodiaceae</i>	p. 29, 33, 34, 35, 42, 234
<i>Polypoditeae</i>	p. 28
<i>Polypodiodeae</i>	p. 32, 33
<i>Polytheca</i>	p. 219
<i>Progymnospermopsida</i>	p. 41, 42, 47
<i>Protoleptosporangiopsida</i>	p. 41, 42, 45
<i>Protomarattia</i>	p. 43
<i>Psaronius</i>	p. 43
<i>Pseudovalvisporites</i>	
<i>nigroaenalis</i>	p. 7
<i>saarensis</i>	p. 7
<i>Psilotaceae</i>	p. 33
<i>Psilotidae</i>	p. 33
<i>Pteridae</i>	p. 28
<i>Pteridoideae</i>	p. 33, 34
<i>Pteridospermopsida</i>	p. 37, 249
<i>Punctatisporites</i>	p. 128, 130, 132, 138, 219, 259, 263, 292, 296, 410, 411
<i>obliquus</i>	p. 7
<i>Punctatosporites</i>	p. 7, 113, 410, 411
<i>Radstockia</i>	p. 40, 41, 42, 44, 48, 53, 128 *, 129, 226, 232, 392, 410
<i>kidstonii</i>	p. 128, 130, 132, 232
<i>sphenopteroides</i>	p. 128, 130 *, 132, 133, 395, 411
<i>Remia</i>	p. 226
<i>Renaultia</i>	p. 40, 41, 44, 48, 53, 82, 112, 138 *, 139, 140, 143, 144, 147, 148, 152, 153, 155, 157, 159, 161, 162, 164, 168, 172, 177, 185, 191, 193, 194, 195, 196, 232, 273, 332, 359, 365, 392, 412
<i>acutiloba</i>	p. 148

<i>chaerophylloides</i>	p. 138, 139, 143 *, 144, 145, 146, 147, 148, 140, 150, 151, 152, 196, 263, 291, 327, 329, 330, 336, 348, 351, 360, 392, 394, 395, 396, 398, 399, 400, 407, 409, 411, 413, 414
<i>crepinii</i>	p. 139, 140 *, 141, 142, 162, 196, 359, 370, 393, 411
<i>delicatula</i>	p. 179
<i>denticularis</i>	p. 332
<i>footneri</i>	p. 139, 154 *, 155, 156, 157, 158, 162, 196, 375, 395, 413
<i>germanica</i>	p. 152 *, 153, 195, 394, 411
<i>germanica</i> ?.....	p. 139, 153 *, 395
<i>gracilis</i>	p. 139, 140, 141, 158 *, 159, 160, 161, 162, 163, 196, 370, 393, 395, 396, 398, 399, 413
<i>gracilis</i> variété <i>brongniartii</i>	p. 159, 160, 161, 162
<i>gracilis</i> variété <i>zeilleri</i>	p. 159, 160, 162
<i>hemingwayi</i>	p. 164 *, 166, 167, 196, 277, 411, 413
<i>hemingwayi</i> ?.....	p. 139, 164 *, 395
<i>integralis</i>	p. 332
<i>lebachensis</i>	p. 139, 151, 152, 168 *, 170, 171, 172, 173, 196, 392, 395, 413
<i>(Sphenopteris) microcarpa</i>	p. 162
<i>obscuralis</i>	p. 332
<i>pecopteroides-obscura</i>	p. 332
<i>preciosa</i>	p. 332
<i>principalis</i>	p. 332
<i>rotundifolia</i>	p. 139, 173 *, 174, 175, 176, 177, 178, 196, 351, 393, 395, 396, 413
<i>schatzlarensis</i>	p. 139, 179 *, 180, 181, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 196, 203, 204, 310, 395, 399, 413,
<i>(Hapalopteris) schatzlarensis</i>	p. 179
<i>schwerinii</i>	p. 139, 140, 141
<i>solidaris</i>	p. 332
<i>villosa</i>	p. 112, 139, 190 *, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 392, 395, 396, 399, 410, 411, 413
<i>Reticulopteris</i> sp. (<i>germari</i> ?).....	p. 373
<i>Rhacophytaceae</i>	p. 55
<i>Rhacophyton</i>	p. 55
<i>Rhodeopteridium</i>	p. 218
<i>Saccopteris</i>	p. 56
<i>(Corynepteris) coralloides</i>	p. 81
<i>crepinii</i>	p. 81
<i>cristata</i>	p. 85
<i>erosa</i>	p. 91
<i>(Corynepteris) erosa</i>	p. 91
<i>essinghi</i>	p. 57, 62, 71
<i>grypophylla</i>	p. 81
cf. <i>quercifolia</i>	p. 78
<i>robusta</i>	p. 85, 88, 89
<i>(Corynepteris) sternbergii</i>	p. 58
<i>Saetosisporites praetextus</i>	p. 7
<i>Salviniaceae</i>	p. 28, 33
<i>Schizaeaceae</i>	p. 28, 31, 34, 35, 36, 42, 47
<i>Schizaeoidae</i>	p. 31, 32
<i>Schizostachys</i>	p. 55, 102, 128, 131
<i>pinnata</i>	p. 102
<i>sphenopteroides</i>	p. 128, 130
<i>spiciformis</i>	p. 102
<i>Scolecopteris</i>	p. 43, 111, 112, 218
<i>Senftenbergia</i>	p. 380
<i>Sermaya</i>	p. 43, 46, 234
<i>Sermayaceae</i>	p. 42, 43
<i>Sigillaria brardii</i>	p. 7
<i>Sorocladus</i>	p. 120
<i>Sorotheca</i>	p. 120, 121
<i>crepinii</i>	p. 122, 123
<i>herbacea</i>	p. 134
<i>Sphaenopteris delicatula</i>	p. 180
<i>Sphenophyllum</i>	
<i>cuneifolium</i>	p. 7
<i>emarginatum</i>	p. 7
<i>myriophyllum</i>	p. 7
<i>oblongifolium</i>	p. 7, 14, 373

<i>Sphenopteris</i>	p. 36, 37, 48, 53, 112, 198, 258, 273, 305, 324, 351, 356, 365, 366, 392
(<i>Davalloides</i>) <i>acutiloba</i>	p. 311
<i>acutiloba</i>	p. 143, 311, 312
<i>amoena</i>	p. 274
(? <i>Renaultia</i>) <i>amoena</i>	p. 274
(<i>Sturia</i>) <i>amoena</i>	p. 274
<i>amoenaeformis</i>	p. 274, 275, 276, 277
(<i>Corynepteris</i>) <i>angustissima</i>	p. 58
<i>aschenbornii</i>	p. 183
cf. <i>aschenbornii</i>	p. 164
<i>asturica</i>	p. 251
<i>bella</i>	p. 274
(<i>Renaultia</i>) <i>bella</i>	p. 274, 347
<i>biturica</i>	p. 338, 339, 341
<i>brongniartii</i>	p. 246
(<i>Oligocarpia</i>) <i>brongniartii</i>	p. 236, 245, 246
<i>bronnii</i>	p. 187, 188, 203, 204, 207, 306, 309, 310, 324, 395, 396, 399
(<i>Hymenophyllites</i>) <i>bronnii</i>	p. 306
(<i>Zeilleria</i> ?) <i>bronnii</i>	p. 267, 272, 305 *, 306, 307, 308, 311, 413
<i>burgkensis</i>	p. 250
<i>cantiana</i>	p. 358, 362
<i>chaerophylloides</i>	p. 138, 143, 148
" <i>Sphenopteris</i> " <i>chaerophylloides</i>	p. 138
<i>Sphenopteris</i> (<i>Renaultia</i>) <i>chaerophylloides</i>	p. 143
<i>Sphenopteris</i> (<i>Renaultia</i> ?) sp. aff. <i>chaerophylloides</i> ..	p. 151 *
<i>coemansii</i>	p. 78, 311 *, 312, 313, 314, 315, 395, 396, 399, 413
(? <i>Rhodea</i>) <i>coemansii</i>	p. 312
<i>coralloides</i>	p. 80
(<i>Corynepteris</i>) <i>coralloides</i>	p. 81
<i>cremeriana</i>	p. 345
(<i>Crossotheca</i>) <i>boulayi</i>	p. 123
<i>crepini</i>	p. 123
(<i>Crossotheca</i>) <i>crepini</i>	p. 123
<i>cristata</i>	p. 143, 147, 148
<i>damesii</i>	p. 41, 112, 113, 216, 392
(<i>Zeilleria</i>) <i>damesti</i>	p. 113
<i>dechenii</i>	p. 345
<i>delicatula</i>	p. 179, 180, 197
<i>delicatula</i> ?.....	p. 180, 199
(<i>Zeilleria</i>) <i>delicatula</i>	p. 199, 227
<i>dentaefolia</i>	p. 309, 310
<i>digitata</i>	p. 202, 211, 225, 227, 231
<i>dissymetrica</i>	p. 143, 149, 288
<i>douvillei</i>	p. 149
(<i>Corynepteris</i>) <i>erosa</i>	p. 91
<i>essinghii</i>	p. 71, 84
(<i>Corynepteris</i>) <i>essinghii</i>	p. 71
(<i>Grand'Eurya</i>) <i>essinghii</i>	p. 71
<i>fayolii</i>	p. 338, 339, 341
<i>footneri</i>	p. 154, 392
<i>fossorum</i>	p. 338, 339, 342
<i>fragilis</i>	p. 310
(<i>Zeilleria</i>) <i>frenzii</i>	p. 199, 205
(<i>Zeilleria</i>) cf. <i>frenzii</i>	p. 210
(<i>Renaultia</i>) cf. <i>germanica</i>	p. 152
<i>goldenbergii</i>	p. 148, 259, 261, 263
(<i>Discopteris</i>) <i>goldenbergii</i>	p. 261
("Discopteris") <i>goldenbergii</i>	p. 261
<i>goniopteroides</i>	p. 250, 251, 344, 345
sp. aff. <i>goniopteroides</i>	p. 342, 344, 345
<i>gracilis</i>	p. 138, 159
aff. <i>gracilis</i>	p. 351
(<i>Renaultia</i>) <i>gracilis</i>	p. 159, 162
cf. <i>Sphenopteris</i> (<i>Renaultia</i>) <i>gracilis</i>	p. 154, 162
<i>Sphenopteris</i> sp. aff. <i>gracilis</i>	p. 347
<i>grypophylla</i>	p. 81
<i>gutbieri</i>	p. 236
(<i>Oligocarpia</i>) <i>gutbieri</i>	p. 236
(<i>Oligocarpia</i>) <i>grigorievii</i>	p. 236, 239

<i>gutbieriana</i>	p. 321, 323, 324, 363, 366, 367
<i>haidingeri</i>	p. 316 *, 318, 319, 320, 395, 399, 413
<i>herbacea</i>	p. 134, 136
sp. aff. <i>herbacea</i>	p. 261, 263
(<i>Hymenophyllites</i>) <i>herbacea</i>	p. 134
(<i>Urnatopteris</i>) <i>herbacea</i>	p. 134
<i>hoeminghausii</i>	p. 122
<i>houvea</i>	p. 381
(<i>Zeilleria</i>) <i>hymenophylloides</i>	p. 213
cf. <i>integra</i>	p. 261, 263
<i>jostenii</i>	p. 85, 320 *, 322, 323, 324, 325, 392, 395, 396, 413
(<i>Discopteris</i>) <i>karwinensis</i>	p. 281
<i>kayi</i>	p. 231
<i>laciniosa</i>	p. 325 *, 326, 327, 328, 329, 330, 395, 396, 413
sp. aff. <i>laciniosa</i>	p. 330 *, 331
<i>lanarkiana</i>	p. 140, 141, 142
<i>lanceolata</i>	p. 312, 313, 314
<i>latinervis</i>	p. 331 *, 332, 334, 335, 336, 337, 392, 395, 413
<i>lawoittii</i>	p. 140, 141
<i>laurentii</i>	p. 162, 174, 175, 176, 177, 178, 351, 393
<i>lebachensis</i>	p. 168, 172
(<i>Hymenopteris</i>) <i>lebachensis</i>	p. 168
<i>leptophylla</i>	p. 235, 241, 251
<i>limai</i>	p. 287
<i>magdaleneae</i>	p. 347, 351
<i>magnifica</i>	p. 143, 147, 148, 327, 330, 358, 360
(? <i>Corynepteris</i>) <i>magnifica</i>	p. 76
<i>marginata</i>	p. 173, 175
<i>mathetii</i>	p. 113, 117, 148, 337 *, 338, 339, 340, 341, 342
cf. <i>mathetii</i>	p. 339, 340 *, 395, 396, 399
<i>mendescoreae</i>	p. 225, 227, 231
<i>microloba</i>	p. 81
<i>mixta</i>	p. 253, 254, 255, 256
cf. <i>mixta</i>	p. 253
(<i>Cheilanthes</i> ?) <i>mixta</i>	p. 253
(? <i>Sphyropteris</i>) cf. <i>obliqua</i>	p. 140
<i>opulenta</i>	p. 292
<i>ovalis</i>	p. 342 *, 343, 344, 345, 346, 395, 413
<i>pecopteroides</i>	p. 193, 250, 335
<i>picandetii</i>	p. 324
<i>pseudodelicatula</i>	p. 199, 202
<i>quadridactylites</i>	p. 266, 267, 268
(<i>Hymenophyllites</i>) <i>quadridactylites</i>	p. 113, 117, 268, 272
<i>rigida</i>	p. 253, 254
<i>rotundifolia</i>	p. 173, 174, 175, 176, 177
(<i>Renaultia</i>) <i>rotundifolia</i>	p. 174, 351
<i>rutaeifolia</i>	p. 154, 157, 346 *, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 395, 396, 397, 410, 413
(<i>Hymenopteris</i>) <i>rutaeifolia</i>	p. 346
<i>sampaiana</i>	p. 117, 227, 231
<i>sarana</i>	p. 151, 168, 172
(<i>Dicksonites</i>) <i>sarana</i>	p. 168
(<i>Hymenophyllites</i>) <i>sarana</i>	p. 168
(<i>Hymenopteris</i>) <i>sarana</i>	p. 168
<i>schatzlarensis</i>	p. 180
(<i>Renaultia</i>) <i>schatzlarensis</i>	p. 180
(? <i>Renaultia</i>) <i>schatzlarensis</i>	p. 180, 185, 358, 362
(? <i>Renaultia</i> , ? <i>Boweria</i>) <i>schatzlarensis</i>	p. 180
<i>schaumburg-lippeana</i>	p. 355, 357
(<i>Zeilleria</i> ?) <i>schaumburg-lippeana</i>	p. 353 *, 356, 358, 413
<i>schilleri</i>	p. 274, 275, 277
<i>schwerinii</i>	p. 141, 142, 148, 358 *, 359, 360, 361, 362, 363, 393, 396, 399, 413
(<i>Renaultia</i>) <i>schwerinii</i>	p. 141, 174
(? <i>Renaultia</i>) <i>schwerinii</i>	p. 141
(<i>Sphyropteris</i>) <i>schwerinii</i>	p. 141
<i>selbyensis</i>	p. 368 *, 369, 370, 371, 395, 413
cf. <i>selbyensis</i>	p. 371
<i>sewardii</i>	p. 363 *, 364, 365, 366, 367, 368, 395, 396
cf. <i>sewardii</i>	p. 367

<i>souichii</i>	p. 385
<i>splendens</i>	p. 249
<i>sternbergii</i>	p. 57
<i>stipulata</i>	p. 149, 346, 347, 348, 350, 351
cf. <i>stipulata</i>	p. 347, 351
<i>tenella</i>	p. 133, 136, 137
<i>tenuifolia</i>	p. 203, 363, 365
<i>tetradactyla</i>	p. 268, 271
<i>tridactylites</i>	p. 268, 271
<i>vermonii</i>	p. 316, 318, 319
<i>villosa</i>	p. 190
(<i>Discopteris</i>) <i>vuellersii</i>	p. 285
(<i>Discopteris</i> ?) <i>vuellersii</i>	p. 284
<i>wagneri</i>	p. 143, 149
(<i>Discopteris</i> ?) sp. A.....	p. 372 *, 373, 395
(<i>Discopteris</i> ?) sp. B.....	p. 374 *, 395
(<i>Discopteris</i> ?) sp. C.....	p. 375 *, 376, 395
<i>Sphenopteris</i> sp. D.....	p. 376 *, 377, 395
<i>Sphenopteris</i> sp. E.....	p. 378 *, 379, 395
<i>Sphenopteris</i> sp. F.....	p. 380 *, 382, 395
<i>Sphenopteris</i> sp. G.....	p. 383 *, 395
<i>Sphenopteris</i> sp. H.....	p. 384 *, 395
<i>Sphyropteris</i>	p. 40, 41, 42, 44, 48, 53, 221 *, 222, 223, 224
<i>boehmischii</i>	p. 154, 223
<i>crepini</i>	p. 221, 223, 224
<i>frankiana</i>	p. 223
<i>obliqua</i>	p. 226
<i>schumannii</i>	p. 223
<i>tomentosa</i>	p. 223
<i>Sphyropteris</i> sp. A.....	p. 222 *, 395
<i>Sphyropteris</i> sp. B.....	p. 222, 223 *, 395
<i>Spinospores spinosus</i>	p. 7
<i>Stachypteris</i>	p. 47
<i>Stauropteridaceae</i>	p. 42, 43
<i>Steffensia</i>	p. 37
<i>Stellatheca</i>	
<i>latiloba</i>	p. 297, 298
<i>ornata</i>	p. 298
<i>Stellatheca</i> sp.	p. 299 *, 395
<i>Sticherus</i>	p. 34
<i>Stromatopteridaceae</i>	p. 33
<i>Sturia</i>	p. 40, 41, 42, 46, 47, 48, 53, 273 *, 274, 275
<i>amoena</i>	p. 166, 167, 273, 274 *, 275, 276, 277, 278, 370, 395, 397, 413
<i>Tectarioideae</i>	p. 33, 34
<i>Tedelea</i>	p. 43, 45
<i>Tedeleaceae</i>	p. 43
<i>Telangiosis</i>	p. 210
<i>Teniopteris</i>	p. 37
<i>Thyrsopterideae</i>	p. 28
<i>Tetrameridium</i>	p. 44
<i>Thelypteridaceae</i>	p. 33, 34
<i>Thymospora</i> spp.....	p. 7
<i>Thyrsopteridoideae</i>	p. 33, 34
<i>Tmesipteridaceae</i>	p. 33
<i>Todea</i>	p. 45
<i>Torispora securis</i>	p. 7
<i>Trichomanes</i>	p. 266
<i>Trichomanites</i>	p. 37
<i>Trichomanoides delicatulus</i>	p. 180, 199
<i>Urnatopteris</i>	p. 40, 41, 44, 48, 53, 133 *, 134, 135, 136, 137
<i>herbacea</i>	p. 134 *, 135, 136, 137, 367, 393, 395, 413
<i>tenella</i>	p. 133, 134, 136, 137, 210, 393
<i>Valvisporites auritus</i>	p. 7
<i>Vestispora fenestrata</i>	p. 7
<i>Vittarieae</i>	p. 28
<i>Vittarioideae</i>	p. 30, 32, 33, 34
<i>Walchia imbricata</i>	p. 14
<i>Woodsieae</i>	p. 28
<i>Zeilleria</i>	p. 40, 41, 44, 45, 48, 53, 179, 197 *, 198, 200, 203, 208, 209, 210, 211, 213, 215, 216, 218, 226, 267, 306, 307, 355, 356, 384, 392, 393, 412

<i>avoldensis</i>	p. 198, 199, 209, 213, 215 *, 216, 217, 218, 395, 396, 398, 399, 400, 408, 409, 411, 413, 415
(al. <i>Sphenopteris</i> s.l.) <i>damesii</i>	p. 113
<i>delicatula</i>	p. 179, 180, 183, 184, 185, 187, 188, 197, 198, 199 *, 201, 202, 204, 210, 211, 218, 231, 309, 310, 393, 395, 396, 399, 413, 414
<i>frenzii</i>	p. 198, 199, 205 *, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 218, 357, 378, 395, 396, 399, 400, 404, 409, 411, 413
cf. <i>Leilleria frenzii</i>	p. 210
<i>gothani</i>	p. 218
<i>hymenophylloides</i>	p. 209, 213 *, 215
cf. <i>hymenophylloides</i>	p. 213, 214, 395, 411
<i>minima</i>	p. 209
<i>moravica</i>	p. 218
<i>nathorstii</i>	p. 209
<i>rhodaeformis</i>	p. 218
<i>schaumburg-lippeana</i>	p. 353
<i>schaumburg-lippeana</i>	p. 353, 355
<i>Zonalesporites anguitextus</i>	p. 7
<i>Zygopteridaceae</i>	p. 42, 43, 48, 53, 55, 59, 66, 69, 76, 77, 82, 86, 88, 91, 92, 94, 97, 99, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 300, 301, 324, 393, 394

TABLE DES MATIERES

TABLE OF CONTENTS

TABLE DES MATIERES

LE BASSIN HOUILLER SARRO-LORRAIN.....	p. 1
I.- CADRE GEOGRAPHIQUE ET STRUCTURAL.....	p. 5
1) SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	p. 5
2) CONTEXTE STRUCTURAL.....	p. 5
II.- STRATIGRAPHIE.....	p. 6
1) CARACTERES GENERAUX DES DEPOTS.....	p. 6
2) SUPPORTS DE LA STRATIGRAPHIE.....	p. 6
3) DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES DU BASSIN SARRO-LORRAIN.....	p. 8
4) VARIATIONS LATERALES DE FACIES DE LA SERIE WESTPHALIENNE.....	p. 8
5) LIMITE WESTPHALIEN-STEPHANIEN.....	p. 13
6) CONCLUSIONS.....	p. 15
III.- TECTONIQUE.....	p. 15
1) SCHEMA STRUCTURAL D'ENSEMBLE DU BASSIN.....	p. 15
2) PHASE DE COMPRESSION SAALIENNE.....	p. 17
2) PHASES DE DISTENSION POST-SAALIENNES.....	p. 17
IV.- CHAMPS D'EXPLOITATION DU BASSIN SARRO-LORRAIN.....	p. 19
V.- PROLONGEMENTS DU BASSIN.....	p. 19
1) DONNEES DES SONDAGES ANCIENS.....	p. 19
2) DONNEES DE LA GEOPHYSIQUE.....	p. 24
3) RESULTATS - PERSPECTIVES D'EXPLOITATION.....	p. 24
 INTRODUCTION BOTANIQUE.....	 p. 25
I.- LES FOUGERES ACTUELLES ET RECENTES.....	p. 29
1) GENERALITES : CLASSIFICATION DE BOWER.....	p. 29
2) PRINCIPAUX THEMES DE RECHERCHE SUR LES FOUGERES ACTUELLES.....	p. 30
a.- Etudes anatomiques.....	p. 30
b.- Spores.....	p. 30
c.- Etudes cytochimiques.....	p. 31
d.- Etudes caryologiques.....	p. 34
e.- Conclusions.....	p. 35

3) EXEMPLE DE CLASSIFICATION ET DE TABLEAU PHYLETIQUE.....	p. 35
a.- Les principales lignées phylétiques.....	p. 35
b.- Les fougères post-paléozoïques.....	p. 36
II.- <u>LES FOUGERES SPHENOPTERIDIENNES PALEOZOIQUES</u>	p. 36
1) SIGNIFICATION DES TERMES <i>SPHENOPTERIS</i> ET SPHENOPTERIDEES.....	p. 36
a.- Apparition du terme <i>Sphenopteris</i>	p. 36
b.- Apparition du terme Sphénoptéridées.....	p. 37
c.- Variations d'interprétation de ces termes.....	p. 37
2) NATURE DU MATERIEL.....	p. 38
3) TECHNIQUES D'ETUDE.....	p. 38
4) TYPES D'INFORMATIONS FOURNIES PAR LE MATERIEL SARRO-LORRAIN.....	p. 39
5) HIERARCHIE DES CARACTERES SYSTEMATIQUES RETENUS.....	p. 39
a.- Variabilité des caractères du limbe stérile.....	p. 39
b.- Variabilité des caractères des spores.....	p. 40
c.- Stabilité des caractères du limbe fertile et des fructifications.....	p. 40
6) PLACE DES FORMES SPHENOPTERIDIENNES DANS LA CLASSIFICATION DES FOUGERES FOSSILES.....	p. 40
a.- Genres de fructification présents dans le bassin sarro-lorrain.....	p. 40
b.- Distribution des formes sphénoptéridiennes dans la classification des fougères fossiles.....	p. 41
c.- Conclusions.....	p. 47
III.- <u>PRESENTATION DE LA PARTIE SYSTEMATIQUE</u>	p. 47
1) ORDRE DE PRESENTATION DES GENRES.....	p. 47
2) PLAN D'ETUDE D'UN GENRE.....	p. 48
3) PLAN D'ETUDE D'UNE ESPECE.....	p. 48
4) TERMINOLOGIE UTILISEE.....	p. 49
SYSTEMATIQUE.....	p. 51
CLASSE DES COENOPTEROPSIDA.....	p. 51
O. DES COENOPTERIDALES - FAMILLE DES ZYGOPTERIDACEAE	
I.- GENERALITES.....	p. 51
II.- CONSIDERATIONS SUR LE GENRE <i>CORYNEPTERIS</i> BAILY ET SON EQUIVALENT STERILE <i>ALLOIOPTERIS</i> H. POTONIE.....	p. 55
. GENRE <i>Corynepteris</i> Baily.....	p. 56
<i>Corynepteris angustissima</i> (Sternberg).....	p. 57
<i>Corynepteris similis</i> (Sternberg).....	p. 65
<i>Corynepteris essinghii</i> (Andrae).....	p. 71
<i>Corynepteris coralloides</i> (Gutbier).....	p. 80
. GENRE <i>Alloiopteris</i> H. Potonié.....	p. 84
<i>Alloiopteris cristata</i> (Gutbier).....	p. 85

<i>Alloiopteris erosa</i> (Gutbier).....	p. 90
<i>Alloiopteris saraepontana</i> H. Potonié	p. 96
. GENRE <i>Nemejcopteris</i> Barthel.....	p. 101
<i>Nemejcopteris feminaeformis</i> (Schlotheim).....	p. 103
Conclusions sur la famille des <i>Zygopteridaceae</i>	p. 105
CLASSE DES <i>Eusporangiopsida</i>	p. 111
O. DES MARATTIALES - FAMILLE DES MARATTIACEAE	
. GENRE <i>Asterotheca</i> Presl.....	p. 111
<i>Asterotheca damesii</i> (Stur).....	p. 112
O. DES CROSSOTHECALES	
. GENRE <i>Crossotheca</i> Zeiller.....	p. 120
<i>Crossotheca crepini</i> Zeiller.....	p. 122
<i>Crossotheca</i> sp.....	p. 126
. GENRE <i>Radstockia</i> Kidston.....	p. 128
<i>Radstockia sphenopteroides</i> Kidston.....	p. 130
O. DES URNATOPTERIDALES	
. GENRE <i>Urnatopteris</i> Kidston.....	p. 133
<i>Urnatopteris herbacea</i> Boulay.....	p. 134
. GENRE <i>Renaultia</i> Zeiller.....	p. 138
<i>Renaultia crepini</i> (Stur).....	p. 140
<i>Renaultia chaerophylloides</i> (Brongniart).....	p. 143
<i>Sphenopteris</i> (<i>Renaultia</i>) sp. aff. <i>chaerophylloides</i> (<i>Brongniart</i>).....	p. 151
<i>Renaultia germanica</i> (H. Potonié).....	p. 152
<i>Renaultia germanica</i> ? (H. Potonié).....	p. 153
<i>Renaultia footneri</i> (Marrat).....	p. 154
<i>Renaultia gracilis</i> (<i>Brongniart</i>).....	p. 158
<i>Renaultia hemingwayi</i> Kidston.....	p. 164
<i>Renaultia hemingwayi</i> ? Kidston.....	p. 164
<i>Renaultia lebachensis</i> (Weiss).....	p. 168
<i>Renaultia rotundifolia</i> (<i>Andrae</i>).....	p. 173
<i>Renaultia schatzlarensis</i> (Stur).....	p. 179
<i>Renaultia villosa</i> (Crépin).....	p. 190
Conclusions sur le genre <i>Renaultia</i>	p. 195
. GENRE <i>Zeilleria</i> Kidston.....	p. 197
<i>Zeilleria delicatula</i> Kidston non Sternberg.....	p. 199
<i>Zeilleria frenzlii</i> (Stur).....	p. 205
<i>Zeilleria hymenophylloides</i> Kidston.....	p. 213
<i>Zeilleria</i> cf. <i>hymenophylloides</i> Kidston.....	p. 214
<i>Zeilleria avolânesis</i> (Stur).....	p. 215
Conclusions sur le genre <i>Zeilleria</i>	p. 218
. GENRE <i>Myriotheca</i> Zeiller.....	p. 219
<i>Myriotheca</i> sp.....	p. 220

. GENRE <i>Sphyropteris</i> Stur	p. 221
<i>Sphyropteris</i> sp. A.....	p. 222
<i>Sphyropteris</i> sp. B.....	p. 223
<i>Eusporangiopsida incertae sedis</i>	
. GENRE <i>Germera</i> nov. gen.....	p. 225
<i>Germera mendescorreae</i> (Teixeira).....	p. 227
CLASSE DES LEPTOSPORANGIOPSIDA.....	p. 234
. GENRE <i>Oligocarpia</i> Goepfert.....	p. 234
<i>Oligocarpia gutbieri</i> Goepfert.....	p. 236
<i>Oligocarpia brongniartii</i> Stur.....	p. 245
<i>Oligocarpia leptophylla</i> (Bunbury).....	p. 250
<i>Oligocarpia</i> cf. <i>leptophylla</i> (Bunbury).....	p. 252
<i>Oligocarpia mixta</i> (Schimper).....	p. 253
<i>Oligocarpia</i> cf. <i>mixta</i> (Schimper).....	p. 255
Conclusions sur le genre <i>Oligocarpia</i> Goepfert.....	p. 258
. GENRE <i>Grambastia</i> Brousmiche	p. 259
<i>Grambastia goldenbergii</i> (Andrae).....	p. 261
<i>Leptosporangiopsida incertae sedis</i>	p. 266
. GENRE <i>Hymenophyllites</i> Zeiller nom. cons.....	p. 266
<i>Hymenophyllites quadridactylites</i> (Gutbier).....	p. 268
. GENRE <i>Sturia</i> Nemejc.....	p. 273
<i>Sturia amoena</i> (Stur).....	p. 274
FILICOPHYTES INCERTAE SEDIS.....	p. 279
. GENRE <i>Discopteris</i> Stur.....	p. 279
<i>Discopteris occidentalis</i> Gothan.....	p. 281
<i>Discopteris vuellersii</i> Stur.....	p. 284
<i>Discopteris danzei</i> nov. sp.....	p. 288
" <i>Discopteris</i> " <i>opulenta</i> Danzé.....	p. 292
Conclusions sur le genre <i>Discopteris</i>	p. 295
. GENRE <i>Stellatheca</i> Danzé.....	p. 297
<i>Stellatheca</i> sp.....	p. 299
FORMES SPHENOPTERIDIENNES STERILE INCERTAE SEDIS.....	p. 300
. GENRE <i>Desmopteris</i> Stur.....	p. 300
<i>Desmopteris longifolia</i> (Sternberg).....	p. 301
. GENRE <i>Sphenopteris</i> Brongniart.....	p. 305
<i>Sphenopteris</i> (<i>Zeilleria</i>) <i>bronni</i> Gutbier.....	p. 305
<i>Sphenopteris coemansii</i> Andrae.....	p. 311
<i>Sphenopteris haidingeri</i> Ettingshausen.....	p. 316
<i>Sphenopteris jostenii</i> nov. sp.....	p. 320
<i>Sphenopteris laciniosa</i> Alvarez Ramis et al.....	p. 325
<i>Sphenopteris</i> sp. aff. <i>laciniosa</i> Alvarez Ramis et al.....	p. 330
<i>Sphenopteris latinervis</i> Danzé.....	p. 331

<i>Sphenopteris mathetii</i> Zeiller.....	p. 337
<i>Sphenopteris</i> cf. <i>mathetii</i> Zeiller.....	p. 340
<i>Sphenopteris ovalis</i> Gutbier.....	p. 342
<i>Sphenopteris rutaefolia</i> Gutbier.....	p. 346
<i>Sphenopteris</i> (<i>Zeilleria</i> ?) <i>schaumburg-lippeana</i> (Stur)	p. 353
<i>Sphenopteris schwerinii</i> (Stur).....	p. 358
<i>Sphenopteris sewardii</i> Kidston.....	p. 363
<i>Sphenopteris selbyensis</i> Kidston.....	p. 368
<i>Sphenopteris</i> (<i>Discopteris</i> ?) sp. A.....	p. 372
<i>Sphenopteris</i> (<i>Discopteris</i> ?) sp. B.....	p. 374
<i>Sphenopteris</i> (<i>Discopteris</i> ?) sp. C.....	p. 375
<i>Sphenopteris</i> sp. D.....	p. 376
<i>Sphenopteris</i> sp. E.....	p. 378
<i>Sphenopteris</i> sp. F.....	p. 380
<i>Sphenopteris</i> sp. G.....	p. 383
<i>Sphenopteris</i> sp. H.....	p. 384

CONCLUSIONS.....	p. 387
------------------	--------

I.- APPORT SYSTEMATIQUE.....	p. 391
------------------------------	--------

1) CHOIX D'UNE HIERARCHIE DES CARACTERES SYSTEMATIQUES RETENUS.....	p. 391
2) UNITES TAXONOMIQUES RETENUES.....	p. 391
3) MISES AU POINT SPECIFIQUES - SYNONYMIES.....	p. 392
4) PROBLEMES SYSTEMATIQUES DEMEURANT EN SUSPENS.....	p. 393

II.- APPORT BOTANIQUE.....	p. 393
----------------------------	--------

1) ENSEIGNEMENTS SUR L'EVOLUTION POSSIBLE DU MODE DE CONSTRUCTION DES FRONDES.....	p. 393
2) INFORMATIONS PALYNOLOGIQUES.....	p. 394

III.- APPORT BIOSTRATIGRAPHIQUE.....	p. 394
--------------------------------------	--------

1) PRESENTATION DU TABLEAU DE REPARTITION DES DIFFERENTES ESPECES.....	p. 394
2) BIOZONATION PAR LES FOUGERES SPHENOPTERIDIENNES.....	p. 394
3) COMPARAISON DE LA BIOZONATION SPHENOPTERIDIENNE AVEC LES GRANDES SUB- DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES.....	p. 397
4) CORRELATIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES INTERREGIONALES.....	p. 398
5) CORRELATIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES REGIONALES - NIVEAUX REPERES PAR LES FORMES SPHENOPTERIDIENNES.....	p. 400

IV.- COMPARAISON DES RESULTATS PALEOBOTANIQUES AVEC CEUX DE LA PALYNOLOGIE DES SPORES DISPERSEES.....	p. 410
--	--------

V.- INTERET PALEOBIOGEOGRAPHIQUE.....	p. 412
---------------------------------------	--------

VI.- PERSPECTIVES DE RECHERCHE.....	p. 415
-------------------------------------	--------

BIBLIOGRAPHIE.....	p. 419
TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	p. 441
LISTE DES SONDAGES.....	p. 451
INDEX ALPHABETIQUE DES ESPECES DECRITES.....	p. 455
INDEX ALPHABETIQUE GENERAL.....	p. 459
TABLE DES MATIERES.....	p. 473



RESUME :

Après avoir précisé le contexte géologique de cette étude paléobotanique, l'auteur fait le point des différents modes d'approche des fougères actuelles et en commente l'application possible aux fougères sphénoptéridiennes paléozoïques.

L'étude systématique constitue la partie fondamentale du travail. 45 espèces parfaitement définies dont deux nouvelles, réparties en 20 genres de fructifications dont 1 nouveau et le genre de forme *Sphenopteris* sont décrites. 20 espèces sont laissées en nomenclature ouverte.

Les stades successifs de différenciation limbaire et la variabilité morphologique de chaque espèce sont décrits. Pour chacune, référence est faite au matériel-type et figuré. L'étude détaillée des fructifications par la technique des transferts a nécessité la création de deux genres de fructifications et a permis de comprendre l'organisation d'un certain nombre d'organes reproducteurs jusque-là mal connus. Chaque fois que cela a été possible, des prélèvements de spores *in situ* ont été effectués pour tenter d'établir des corrélations entre les résultats biostratigraphiques obtenus par la macroflore et la palynologie dispersée.

Outre l'intérêt strictement botanique de ce travail, un certain nombre de conclusions ont pu être tirées dans le domaine de la biostratigraphie et de la paléobiogéographie. Huit florizonnes ont été distinguées dans la succession stratigraphique du bassin houiller sarro-lorrain. Elles sont comparées aux résultats fournis par les autres groupes de végétaux fossiles. D'étroites corrélations sont établies entre les répartitions stratigraphiques des principales espèces présentes dans les bassins sarro-lorrains et du Nord de la France. La distribution très régulière de toutes ces formes de part et d'autre de l'Equateur au Carbonifère est démontrée.

MOTS CLES : Fougères sphénoptéridiennes - Différenciation limbaire - Variabilité morphologique - Fructifications - Spores *in situ* - Synonymies - Biostratigraphie.