HAL
open science

Les pécopteridées du bassin houiller de la Mure (Isère) leur signification stratigraphique

Simone Martin

To cite this version:

Simone Martin. Les pécopteridées du bassin houiller de la Mure (Isère) leur signification stratigraphique. 1960. insu-00723684

HAL Id: insu-00723684

https://insu.hal.science/insu-00723684

Submitted on 13 Aug 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

TRAVAUX DU LABORATOIRE DE GÉOLOGIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE GRENOBLE

MÉMOIRES

N° 1

A Monsieur D. Dondey,
sincère hommage.
P. Pouit

LES PÉCOPTERIDÉES DU BASSIN HOUILLER DE LA MURE (Isère)

LEUR SIGNIFICATION STRATIGRAPHIQUE

par

Simone MARTIN

Publié avec le concours des Houillères du Bassin du Dauphiné

10152573

Que ce mémoire soit l'occasion d'exprimer ici mes remerciements sincères à tous ceux qui ont aidé, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail.

C'est en particulier à Monsieur MORET, Doyen de la Faculté des Sciences de Grenoble, que j'exprime ma plus vive reconnaissance.

Je suis heureuse de pouvoir remercier aussi mes professeurs, Monsieur BARBIER, Monsieur MICHEL, Monsieur DEBELMAS de leur enseignement et de leurs conseils. Je prie également Monsieur SARROT-REYNAULD de trouver ici l'expression de ma gratitude pour la bienveillante attention qu'il a apportée à cette étude.

Ce travail a été réalisé en grande partie sur des échantillons prélevés dans la collection du Service géologique des Houillères du Bassin du Dauphiné. Je tiens donc à remercier Monsieur GUINET, Directeur général, qui m'a autorisée à entreprendre cette étude, et Monsieur J. HAUDOUR chef du Service géologique qui m'a aimablement fourni de nombreux renseignements.

INTRODUCTION

Situé dans l'arc houiller externe des Alpes Occidentales, le BASSIN DE LA MURE y constitue actuellement le gisement houiller le plus important du point de vue économique.

Dès le XIIIe siècle, son existence est signalée dans une déclaration des habitants de La Mure, mais l'exploitation proprement dite ne semble débuter que vers 1600. En 1779, GUETTARD montre que le produit retiré du sous-sol est "mauvais, mêlé de terre et de pierres qui résistent au feu, ce qui fait qu'on ne tire pas grand parti de ce charbon...". Il faut attendre le XIXe siècle pour que se manifeste le grand effort de rationalisation de l'industrie minière, en vue de l'extraction qui se poursuit de nos jours et qui fournit un anthracite de très bonne qualité.

Activement exploité par les HOUILLERES DU BASSIN DU DAUPHINE, le gisement de La Mure est d'un intérêt pratique primordial ; le creusement de galeries, les prélèvements d'échantillons servent aussi de base à des études stratigraphiques et pétrographiques en cours. L'abondance des empreintes de végétaux parmi ces derniers justifie la nécessité d'un travail paléobotanique qui, adjoint aux précédents, permettra de retracer l'histoire géologique du Bassin houiller.

La flore du Bassin de La Mure étant spécialement variée dans la classe des Fougères, il a paru utile d'analyser de façon détaillée la famille la mieux représentée : c'est pourquoi il sera plus particulièrement envisagé ici l'étude monographique des PECOPTERIDEES.

La détermination de ces Fougères, caractéristiques du Carbonifère, l'examen de leur répartition dans le gisement de La Mure constitueront le but essentiel de ce travail et permettront de dégager des corrélations existant entre les différents niveaux du bassin.

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LE BASSIN DE LA MURE

CHAPITRE I

LES GRANDES ÉTAPES DES RECHERCHES PALÉOBOTANIQUES SUR LE HOUILLER DE LA MURE ET LES RÉGIONS ANNEXES

Un bref historique des travaux concernant la flore des terrains carbonifères de la région de La Mure et des bassins annexes s'impose avant d'entreprendre l'étude détaillée des Pécoptéridées qui sera développée par la suite.

Les premières déterminations de plantes fossiles récoltées dans les "grès" du Bassin de La Mure sont dues à Charles LORY qui, en 1860, put ainsi définir l'âge Houiller de ces terrains.

Vers 1877, les nombreux échantillons de la flore du "Bassin du Drac", conservés dans la collection des bureaux de La Motte d'Aveillans, sont étiquetés par GRAND-EURY qui en fait une liste détaillée. Parmi ses déterminations, on relève la présence de Pecopteris lamuriana, Pecopteris abbreviata, Pecopteris unita, Pecopteris polymorpha ainsi que de nombreux représentants d'autres familles de Fougères. De l'étude de ces empreintes il déduit que le "Bassin du Drac" appartient à un horizon intermédiaire entre les couches de Rive-de-Gier et de Saint-Etienne.

Complétant ces premiers résultats, Pierre LORY apporte dès 1888, grâce à de nouvelles découvertes, quelques précisions sur le terrain carbonifère des Alpes. En effet, les schistes de la Grande Lauzière, dans le Massif de Belledonne, fournissent à Pierre LORY des échantillons de plantes déterminés par ZEILLER.

En 1908, ces déterminations permettent à W. KILLIAN et J. REVIL de conclure à un âge Stéphanien pour l'ensemble des terrains houillers des Alpes et en particulier pour ceux de La Mure. Dans leur grand ouvrage "Les Alpes Occidentales", on retrouve, par gisement, la liste très complète des différentes espèces reconnues.

Pierre PRUVOST, dans le compte-rendu du Congrès géologique international de Bruxelles paru en 1923, apporte quelques données paléobotaniques nouvelles qui complètent les connaissances sur la Flore des Alpes.

Peu après, en 1926, Paul BERTRAND parallélise les assises de La Mure, riches en Mixoneura flexuosa et Estheria Cebennensis, avec la zone à Mixoneura du Gard, leur attribuant ainsi un âge Westphalien D.

C'est en 1945 que Léon MORET précise la nature et l'âge Westphalien D des "chapeaux houillers formant quelques sommets de Belledonne", grâce à l'identification d'empreintes de: Mixoneura ovata, Pecopteris arborescens et Pecopteris Waltoni dans les schistes de la Grande Lauzière.

Les observations paléontologiques furent poursuivies en 1946 avec Ch. GREBER et R. FEYS qui, dans leur rapport sur les gisements carbonifères d'Oris et d'Entraigues-en-Valbonnais, four-

nirent une liste des espèces végétales rencontrées dans les déblais de mine de ces deux localités. Ils observent de nombreux Pécoptéridées dans cette flore qu'ils attribuent au Stéphanien A.

C'est en 1950 que Alexis BOUROZ et Paul CORSIN, dans le cadre général d'une révision de la flore du Bassin houiller de La Mure, reprennent l'étude des collections de Végétaux conservés au Laboratoire de Géologie de Grenoble, et surtout des échantillons recueillis lors de récoltes méthodiques faites dans les niveaux fossilifères du Bassin de La Mure. De leurs observations qui enrichissent les connaissances paléobotaniques jusque-là restées dispersées, il résulte que les Pecoptéridées se révèlent très abondantes ; la présence de Pecopteris arborescens et de Pecopteris lamurensis étant continue, l'ensemble des assises carbonifères du Bassin de La Mure est alors attribué, par eux, à la base du Stéphanien inférieur A, par analogie avec l'*assise de Rive-de-Gier* du Bassin de Saint-Etienne dont elles possèdent la flore.

Enfin, en 1956, J. SARROT-REYNAULD et J. HAUDOUR, utilisant les déterminations paléobotaniques de P. CORSIN, relient entre eux tous les terrains houillers de la terminaison sud de Belledonne qu'ils attribuent au Westphalien D et au Stéphanien A.

L'ensemble de ces recherches paléobotaniques et stratigraphiques ayant permis de dégager des renseignements précis sur l'âge du Houiller de La Mure, il m'est dès lors possible d'entreprendre une étude détaillée de la famille des Péricoptéridées de cette région.

Les échantillons qui fourniront la matière de mon travail proviennent d'une part des collections étudiées dans les travaux antérieurs et, d'autre part, des récoltes systématiques faites lors des récents travaux miniers ; récoltes qui ont été complétées par des prélèvements que nous avons effectués en juillet 1959, dans les différents niveaux fossilifères reconnus à La Mure.

CHAPITRE II

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES DE LA FAMILLE DES PÉCOPTÉRIDÉES

Quelques indications générales sur *la Stratigraphie du Bassin* permettront de préciser plus nettement les points de prélèvement des échantillons.

Les assises houillères reposent sur un SUBSTRATUM formé de micaschistes appartenant à la série cristallophyllienne acide du rameau externe de Belledonne, dont l'âge est encore mal connu.

Un conglomérat de base peu épais, à éléments cristallins, marque la discordance de la série houillère westphalienne sur les micaschistes du socle. LA SERIE WESTPHALIENNE est formée de schistes fins bitumineux à flore caractéristique, surmontés de schistes et de grès plus micacés dont l'épaisseur est d'environ 70 m.

Au-dessus de cet ensemble, un niveau à faciès tantôt de brèche, tantôt de conglomérats marque une nouvelle phase de sédimentation. LES SEDIMENTS STEPHANIENS apparaissent sous forme d'une importante accumulation de schistes et de grès alternant avec des couches d'anthracite. Cette puissante série, dont l'épaisseur moyenne est de 700 m, se divise en 3 systèmes qui sont de bas en haut :

- l'assise stérile du mur de la série productive ;
- l'assise productive;
- l'assise stérile du toit de cette dernière formation.

L'assise stérile du mur de la série productive est formée d'environ 150 m de grès schisteux zonés et de schistes fins sans flore ; mais cette épaisseur est très variable suivant les points.

L'assise productive comprend une succession régulière de stériles et de veines de charbon sur près de 200 m d'épaisseur.

La Couche inférieure de 60 cm de puissance, montre un mur de : schistes zonés et durs à nombreuses radicelles perforantes, tandis que le toit fournit d'abondants débris végétaux macérés.

D'une manière analogue, les 50 cm d'anthracite du Banc de mur de Trois-Bancs viennent s'intercaler entre un mur à radicelles et un toit riche en flore macérée ou carbonisée.

La Couche des Trois-Bancs, de 2 m d'épaisseur, se trouve au-dessus d'un schiste charbonneux à flore abondante ; son toit de schistes possède quelques débris végétaux macérés et quelques radicelles issues du mur de la couche supérieure, se rencontrant au toit et au mur de ce niveau.

La série productive se poursuit avec la Couche Henriette, puissante de 1, 50 m, dont le mur fournit une belle flore abondante, contrairement au toit où sont accumulés de nombreux débris de végétaux carbonisés indéterminables.

Cette couche importante a été recouverte par une forte épaisseur de stériles, peu intéressants du point de vue paléobotanique.

Le Banc Repère, avec son mur caractéristique, à gros *Stigmaria* s'étend sous un schiste noir très fin dont les plages de débris végétaux sont uniformément recouvertes d'une pellicule de séricite les rendant en général indéterminables.

Succédant à cette couche, le Banc de Mur fournit de l'anthracite sur une épaisseur de 1,50 m ; les schistes gréseux micacés de son toit offrent de belles empreintes de Fougères.

Puis 10 à 12 m de charbon qui constituent la Grande Couche, ont fait l'objet des principaux travaux d'exploitation des Houillères. Il a été trouvé quelques débris végétaux associés à des radicelles peu nombreuses dans le mur de Grande Couche. Son toit de schiste bitumineux contient des restes de Phyllopodes voisinant avec de nombreux petits débris végétaux carbonisés.

Les épontes du Banc du Toit présentent une flore abondante, particulièrement riche en Fougères, contrastant avec le niveau suivant.

La Couche Rolland de 1,70 m de puissance, ne possède en effet que de rares fragments macérés, dans les schistes gréseux de son mur.

Toute cette série, dont les dépôts sont assez homogènes, est d'âge STEPHANIEN A.

L'assise stérile du Toit recouvre cette série productive sur une épaisseur de 300 m ; une alternance de grès et de schistes fins a livré quelques menus débris de végétaux flottés.

Si dès lors, on considère du point de vue paléogéographique *l'extension horizontale des assises houillères dans le Bassin*, on s'aperçoit qu'il n'y a pas continuité absolue, en tous les points, des couches décrites précédemment. Les travaux d'exploitation ont recoupé la série complète dans le pendange des Eperons, tandis que, dans la zone de Prunières par exemple, on ne connaît que la base de la série productive.

D'autre part, la mesure de l'épaisseur des couches des différents compartiments étudiés, montre quelques variations dans la sédimentation : le type en est le dédoublement de la Couche des Trois-Bancs au niveau du 5e Pendage.

Pour reconstituer un ensemble paléogéographique du Bassin il y aurait lieu de distinguer, d'Ouest en Est, les unités suivantes :

- *Les Béthoux* sur la bordure ouest du Bassin ;
- *La Crouillonne et Saint-Arey ;*
- *Le 5e Pendage* et ses prolongements vers le Sud comprenant *les Chuzins* et *le Devay* où la série est réduite ;
- *La Motte d'Aveillans*, comportant toute la succession des assises reconnues dans le Bassin, depuis l'Inférieure jusqu'à la Couche Rolland ;
- *Le 4e Pendage ;*
- *Les Eperons ;*
- *Les Rioux*, considérés comme le prolongement du 4e Pendage ;
- *Les Villarets ;*
- et *Prunières*, limitant le Bassin à l'Est.

De plus, l'ensemble de la série est actuellement fragmenté en compartiments plus ou moins complexes masquant l'ancienne régularité des couches qui s'était manifestée lors de la sédimentation.

De nombreux accidents tectoniques ont modifié la structure horizontale primitive des 800 m de dépôts houillers. Les mouvements orogéniques successifs, hercyniens puis alpins, les ont pincés en synclinaux et anticlinaux d'*axe Nord-Sud* qui affleurent dans la région de la Motte d'Aveillans et sont ennoyés sous les "morts-terrains" au Sud de La Mure. Ce faisceau de plis serrés, redressés, débités en compartiments successifs par les mouvements antésénoniens d'*axe Est-Ouest*, est délimité par de grandes cassures telles que les failles LORY et GRAND EURY.

Du point de vue tectonique, les divisions qu'on peut alors distinguer dans le Bassin de La Mure, correspondent aux unités suivantes :

- *Les Béthoux, La Motte d'Aveillans ;*
- *Le 6e Pendage* : on désigne ainsi les couches reconnues à la Crouillonne et Saint-Arey ;
- *Le 5e Pendage* et ses prolongements sud : les Chuzins et le Devay ;
- *Le 4e Pendage* et son prolongement sud : Les Rioux ;
- *Les Eperons ;*
- *Le Bois-Freynet ;*
- *Les Villarets* qui groupent l'anticlinal complexe Villaret I, Villaret II (Pouillardit) et les couches recoupées par la galerie de Prunières.

Les échantillons étudiés proviennent des compartiments ainsi individualisés ; pour que l'étude de leur répartition soit plus claire, je conviendrai d'établir l'échantillonnage en adoptant *la division tectonique du Bassin qui est la plus évidente.*

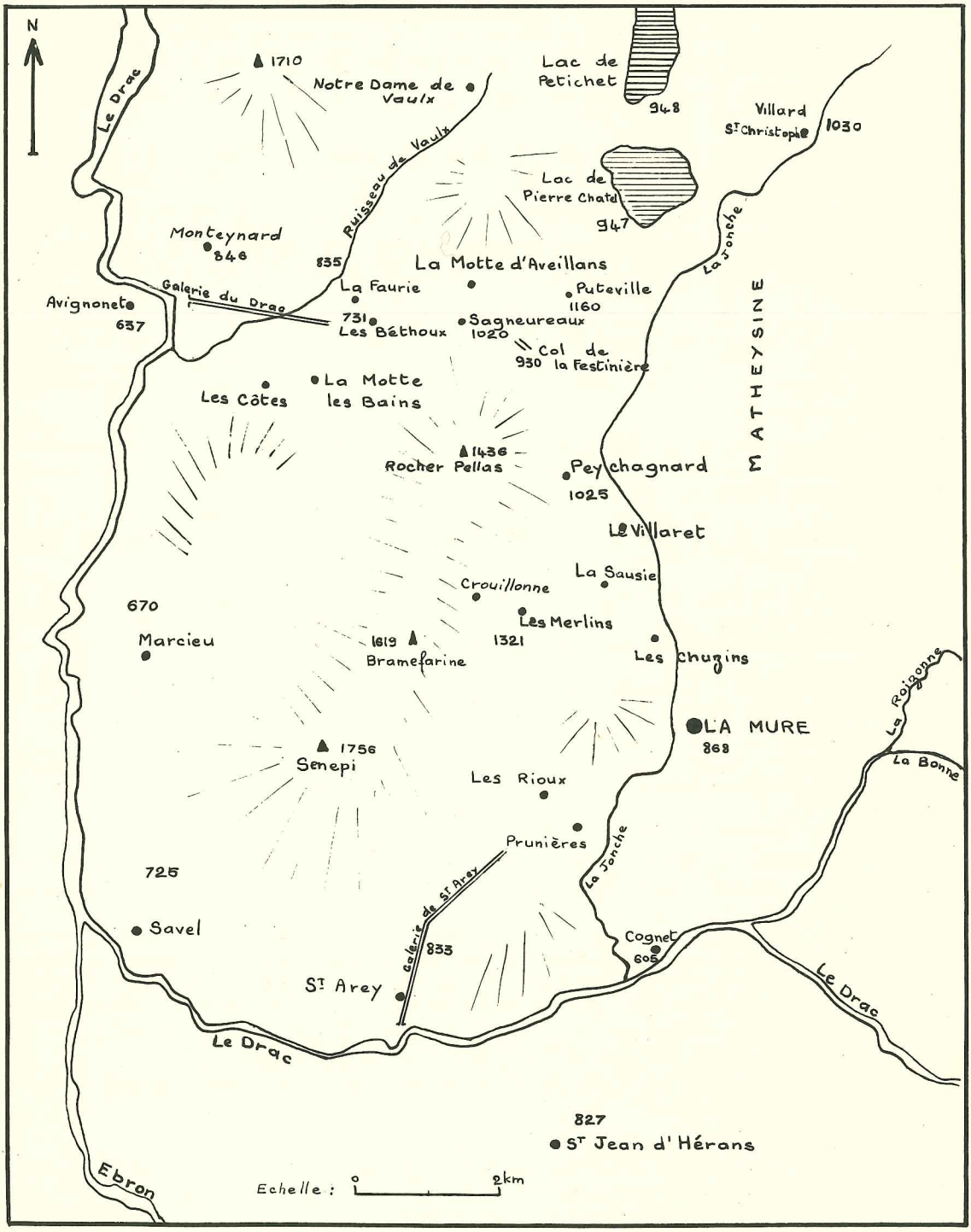


Figure 1 - Situation géographique du bassin houiller de La Mure.

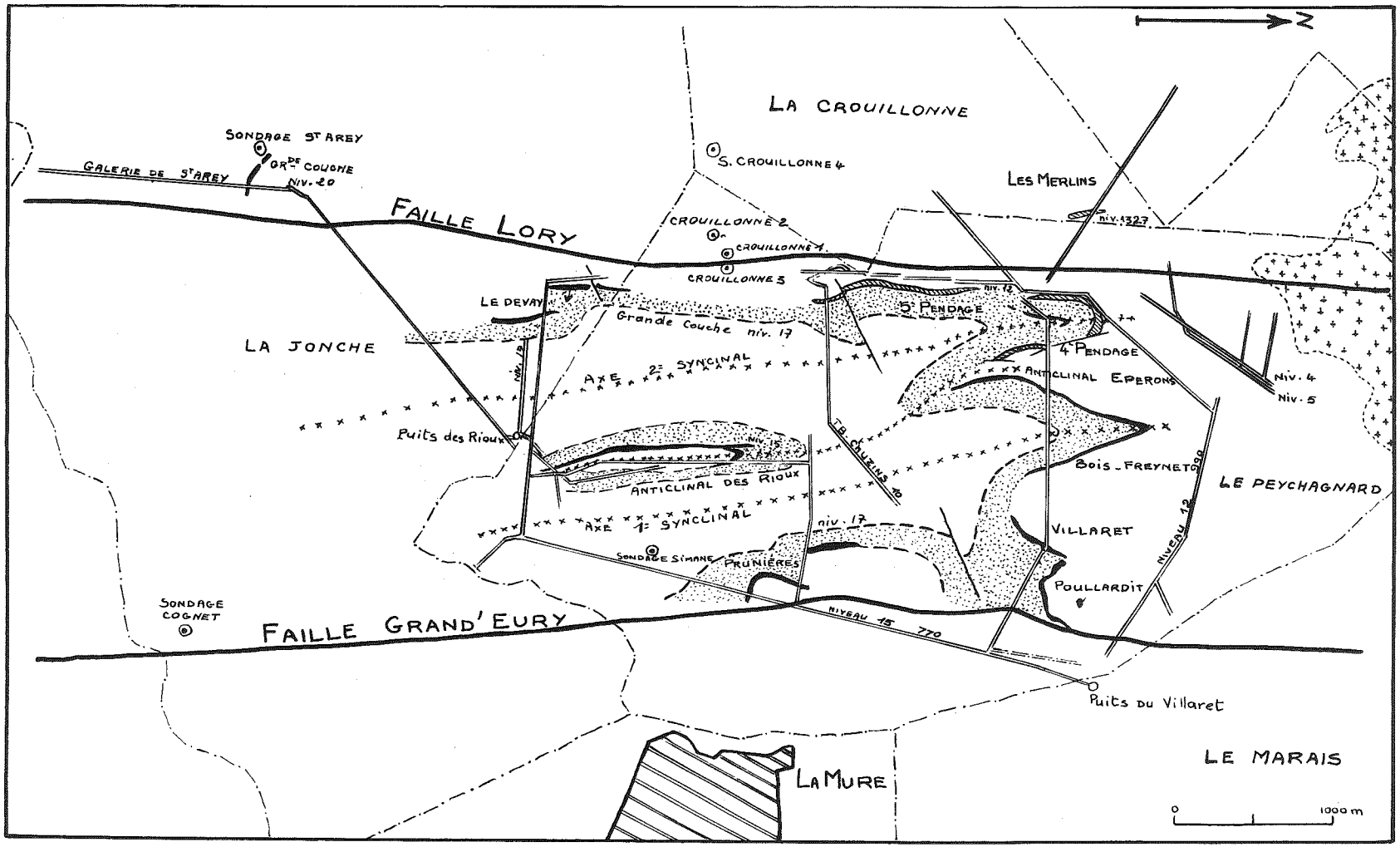


Figure 2 - Plan des exploitations des Houillères du bassin du Dauphiné.

Les niveaux fossilifères sont repérés dans les *galeries* et les *travers-bancs* qui recoupent plusieurs fois la série en des plans différents.

Les *sondages* effectués à partir des galeries ou de la surface ont fourni par ailleurs un certain nombre d'empreintes intéressantes de Pécoptéridées.

L'étude des caractères généraux de cette famille me permettra de déterminer, dans la partie suivante, les Végétaux récoltés, puis d'envisager ultérieurement leur répartition dans les différentes assises du Bassin, tant dans le sens vertical que dans le sens horizontal.

DEUXIÈME PARTIE

LES PÉCOPTÉRIDÉES DES ASSISES DE LA MURE

Les PECOPTERIDEES constituent une importante famille de la CLASSE DES FOUGERES dont le développement plus grand des feuilles par rapport à la tige contribue à l'abondance des restes fossiles découverts dans les niveaux à flore.

Elles ont un rôle primordial dans *la constitution de la houille* mais, dans cette formation, elles ne sont pas reconnaissables car, cédant leur matière organique, elles ont perdu toute structure. Les fragments de fronde, qui ont subsisté sous forme d'empreintes végétales identifiables, se trouvent dans les sédiments houillers stériles et sont par contre d'excellents *fossiles-repères*.

L'étude de la nature des empreintes me fournira les bases de la mise en évidence des caractères de la FAMILLE DES PECOPTERIDEES dont les espèces retirées des niveaux fossilifères du Bassin de La Mure seront décrites dans cette deuxième partie.

CHAPITRE I

FOSSILISATION ET NATURE DES EMPREINTES

L'abondance des empreintes végétales dans certains niveaux est due au fait que les fragments à l'état frais ont été rapidement recouverts par une couche d'eau importante, ou bien directement enfouis dans des masses de vase, d'argiles ou de sable. En effet, les débris flottés de la forêt palustre bordant la lagune houillère se sont déposés au cours d'une phase calme de sédimentation et sont à l'origine de la couche de *houille* ; des apports terrigènes de sables, galets et graviers les ont recouverts au cours d'une phase postérieure plus troublée.

Dans ces conditions, les végétaux ainsi protégés ne sont pas attaqués par les agents aérobies destructeurs de la matière organique ; privés d'air, par suite à l'abri des oxydations, leur fossilisation est dès lors possible. Au cours des temps géologiques, la transformation de ces sédiments en roche donne naissance à des *schistes* et des *grès* renfermant les empreintes qu'il est possible de faire apparaître en les fendant suivant les plans de clivage marqués sur leur tranche par des lignes charbonneuses brillantes. Celles-ci correspondent à des plages de végétaux flottés déposés entre deux phases argileuses et houillifiés au cours de la diagénèse.

Les restes ainsi mis à jour sont des limbes de feuilles ayant parfois subsisté sous forme d'une pellicule charbonneuse résultant d'une transformation plus ou moins importante de la substance organique qui la constituait ; les détails morphologiques sont alors conservés avec une grande fidélité. Par contre, sur certains échantillons, le végétal se détache en blanc satiné sur le fond noir de la roche, mais tout détail de nervation a disparu et ces empreintes sont en général indéterminables, car la matière organique primitive a été remplacée par un silicate de magnésie uniformisant la surface lustrée de l'empreinte.

Quand on ouvre un schiste, le limbe carbonisé reste de préférence sur *l'empreinte en creux*, la *contre-empreinte en relief* est la plus favorable à l'observation.

On pose en règle générale que les pinnules de Pécoptéridées sont bombées en "dessus" et que leurs bords sont enroulés ou incurvés en "dessous".

Suivant l'état de conservation des échantillons, on distingue plusieurs types d'empreintes :

- *Les positifs* : quand la pellicule charbonneuse subsiste
  - positif de la face inférieure, en creux ;
  - positif de la face supérieure, bombé ; avec les nervures qui font saillie à la surface.
- *Les négatifs* : quand la pellicule charbonneuse a disparu ;
  - négatifs de la face supérieure en creux avec les nervures en creux ;
  - négatifs de la face inférieure bombés où les nervures se dessinent en creux.

L'examen des fossiles provenant du Bassin houiller de La Mure m'a permis d'observer de nombreux négatifs car au cours des multiples manipulations qu'ont subies les échantillons étudiés, le limbe houillifié a plus ou moins disparu.

CHAPITRE II

RÉPARTITION DE LA FLORE DANS LES ASSISES CARBONIFÈRES DU BASSIN HOUILLER DE LA MURE

La reconstitution des Pécoptéridées permet de les considérer comme des plantes vivaces, herbacées ou le plus souvent arborescentes avec des racines et des tiges distinctes, droites.

On retrouve dans certains schistes des niveaux de radicelles perforantes qui seraient des ramifications terminales d'un *système radiculaire* très développé s'enfonçant perpendiculairement dans le sol.

La tige dressée porte au sommet un feuillage abondant ; *les feuilles composées* ou frondes, sont constituées par un *pétiole* ou rachis, portant un *limbe découpé* et subdivisé en d'ultimes éléments alternes, de petite taille, appelés pinnules.

La nature actuelle, grâce à certaines Fougères tropicales, nous aide à imaginer la constitution et le port de ces végétaux si développés à l'époque houillère : en effet, les îles Fidji en Océanie fournissent des *Fougères arborescentes* du *genre* Cyathea au tronc vertical portant une touffe de frondes largement épanouies à son sommet.

Chez les Fougères actuelles dont l'appareil végétatif est comparable à celui des formes fossiles, ce sont les organes reproducteurs portés par les frondes fertiles qui servent de caractères de classification ; comme il est rare de découvrir des appareils fructifères bien fossilisés, il ne sera donc pas possible d'utiliser, en pratique, une systématique des Pécoptéridées basée sur les fructifications, comme pour les Filicales vivantes.

La feuille stérile étant la partie anatomique de la plante la mieux représentée dans les sédiments, ce sont les caractères de ses éléments constitutifs qui serviront de base à cette étude. Les restes de fronde étant toujours fragmentaires, les critères de détermination seront basés essentiellement sur les pinnules et débris de rachis.

1 - CARACTERES DE LA FRONDE

La fronde jeune des feuilles est enroulée en crosse à l'intérieur des bourgeons ; elle s'épanouit en des formations qui acquièrent des dimensions variables suivant les espèces. Elles sont toujours très divisées et découpées, constituant des *feuilles composées* au *troisième* ou au *quatrième degré*.

L'appareil de soutien des frondes se compose d'un ensemble d'axes, appelés rachis, portant les pinnules. Une *penne* désigne un pétiole garni de pinnules par analogie avec la plume des Oiseaux qui porte le même nom, et sont formées par un axe orné de barbes et de barbules.

L'axe de la fronde est le rachis principal ou primaire d'où se détachent les rachis de deuxième ordre ou secondaires qui, à leur tour, peuvent se ramifier en rachis tertiaires ou de troisième ordre. Si on considère un rachis tertiaire, portant des pinnules fixées directement par toute leur base sur ce rachis, l'ensemble forme une penne secondaire se rattachant à un rachis de deuxième ordre.

Ainsi les divisions de la fronde peuvent être successivement désignées. Mais, de façon générale, il ne sera pas possible de replacer avec exactitude les fragments de pennes étudiés dans la fronde originelle hypothétique, car on n'est pas certain d'avoir entre les mains une extrémité de fronde ou une penne de la base d'une fronde. Si d'autre part on se représente une fougère adulte dont la fronde est tripinnée, on peut supposer qu'à un stade plus jeune, cette fougère possédait une fronde bipinnée. Or, cette transformation dans l'architecture de la fronde au cours de sa croissance n'est réellement observable que sur les fougères actuelles. Un doute subsiste donc au sujet du stade

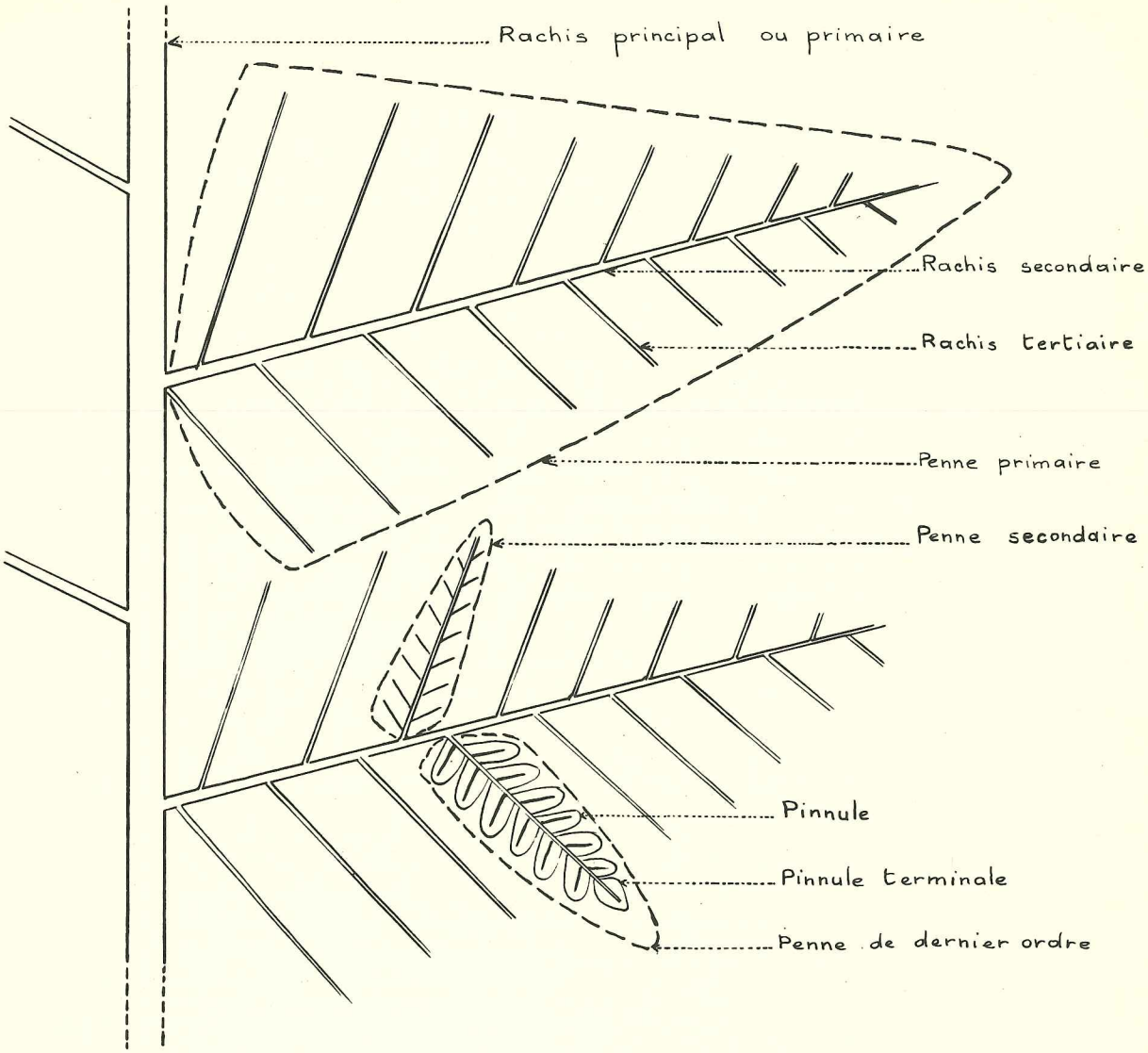


Figure 3 - Fronde schématique de Pécoptéridées.

de développement. Il faudra en fait s'adresser aux derniers éléments de la fronde, c'est-à-dire aux pinnules, pour obtenir des caractères de détermination valables.

2 - CARACTERES DES PINNULES

Les pinnules, insérées chez les Pécoptéridées, sur le rachis support par toute leur base, sont en général libres entre elles jusqu'au rachis ; dans ce cas, les pennes sont dites simplement pinnées.

Si au contraire les pinnules portées par le rachis de dernier ordre sont soudées les unes aux autres, sur une partie de leur longueur, la penne ainsi formée est pinnatifide et les sinus ou échancrures qui séparent les pinnules ne descendent pas jusqu'au rachis.

Les Pécoptéridées se reconnaissent surtout à leurs pinnules disposées en général perpendiculairement au rachis. Il arrive parfois que, chez certaines espèces, le bord inférieur se prolonge légèrement le long du rachis tandis que le bord supérieur est plus ou moins contracté : on a alors des *pinnules décurrentes*.

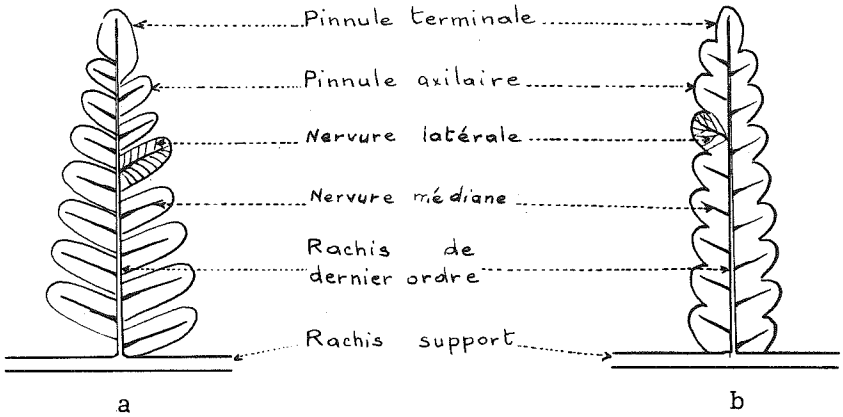


Figure 4 - Type de pennes : a) penne pinnée, b) penne pinnatifide.

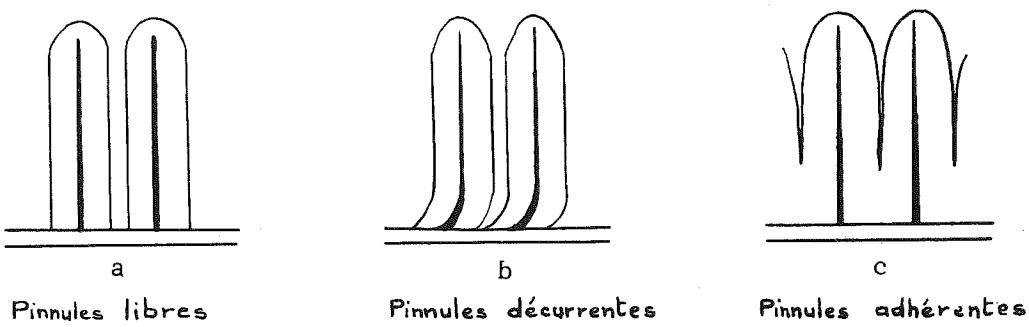


Figure 5 - Modes d'insertion des pinnules sur le rachis.

La taille moyenne des pinnules de Pécoptéridées varie entre 2 et 12 mm pour la *longueur* L et 1 et 4 mm pour la *largeur* l ; ces dimensions restent valables si elles sont prises sur des pinnules appartenant à la région moyenne de la penne. Il est surtout intéressant de connaître le *rapport* $r = \frac{l}{L}$, il est constant pour une même espèce ou varie très peu.

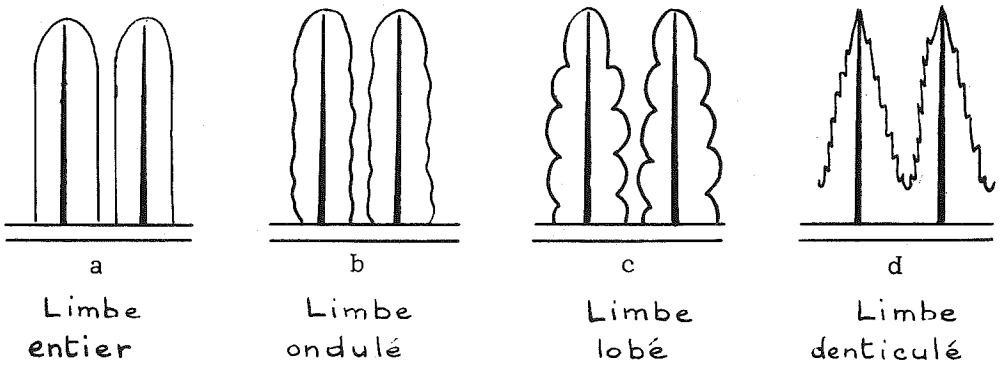


Figure 6 - Formes des limbes.

Le *limbe* des pinnules de Pécoptéridées a des contours lisses, sans ornementation ; cependant quelques cas particuliers offrent des modes variés de découpures des bords latéraux du limbe. On a pu mettre en évidence tous les stades intermédiaires entre des *contours entiers*, *ondulés* et *lobés*; dans un cas extrêmement rare, les bords latéraux de la pinnule sont *denticulés*. Ces bords convergent, à l'extrémité libre de la pinnule, en décrivant : le plus fréquemment un demi-cercle, parfois une ogive et très exceptionnellement une pointe terminale aiguë.

3 - CARACTERES DES NERVURES

Le réseau de nervures, quand il est net, est le caractère de détermination le plus satisfaisant ; il permet de donner plus d'exactitude et de précision à l'identification d'une espèce. Quand la schistosité masque plus ou moins la nervation, il est préférable de l'observer sur un moulage obtenu à l'aide de pâtes plastiques.

La nervure médiane, plus ou moins accusée, forme l'axe central du réseau de nervation de la pinnule. Elle prend naissance sur le rachis support d'où elle se détache perpendiculairement chez la plupart des Pécoptéridées ; suivant les espèces, elle s'étend jusqu'à l'extrémité libre de la pinnule ou s'amincit brusquement pour disparaître avant d'atteindre le bord du limbe.

Les nervures secondaires ou *nervules*, sont issues de la nervure médiane ; plus ou moins denses et plus ou moins divisées, elles constituent un réseau caractéristique de chaque espèce.

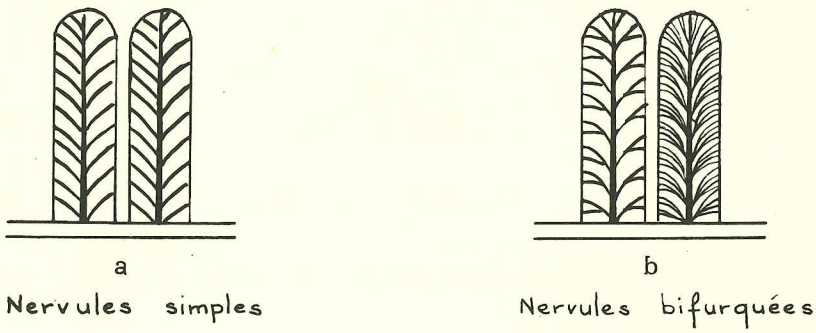


Figure 7 - Nervures secondaires.

Dans certains cas, elles sont rectilignes et parallèles entre elles jusqu'au bord du limbe.

Elles peuvent se ramifier au cours de leur trajet et la nervure secondaire initiale se trouve alors trois ou quatre fois *bifurquée*. Ces ramifications, régulièrement dichotomes, *ne sont jamais anastomosées* mais elles peuvent produire une striation fine à la surface du limbe quand elles sont très ténues.

Par contre, on peut observer dans d'autres cas que *chaque nervure secondaire forme un faisceau* de ramifications bien individualisé ; ceci est observable sur les pinnules lobées où le réseau de nervation de chaque lobe correspond à un faisceau issu d'une même nervure.

L'inclinaison des nervures secondaires par rapport à la nervure médiane et aux bords du limbe se traduit par un angle dont l'ouverture permet de faire des distinctions précises entre deux espèces très analogues.

CHAPITRE III

BASES DE CLASSIFICATION DE LA FAMILLE DES PÉCOPTÉRIDÉES

La famille des Pécoptéridées étant la mieux connue de toutes les familles de Fougères fossiles, elle a été l'objet des travaux de nombreux auteurs. Depuis BRONGNIART qui, en 1822 fut le premier à établir la diagnose du genre Pecopteris, il a été décrit de très nombreuses espèces, mais on a souvent nommé de façon différente des pennes appartenant à des parties plus ou moins développées de la même fronde ou correspondant à des stades différents de la même penne.

En 1869, SCHIMPER éleva au rang de famille les plantes fossiles que BRONGNIART groupait dans le genre Pecopteris ; ces dernières forment dès lors la famille des Pécoptéridées.

Plus tard, ZEILLER adjoint à cette famille, outre les vrais *Pecopteris*, les genres : *Dickesonites*, *Mariopteris*, *Callipteris* et *Callipteridium* ; il est ainsi conduit à distinguer trois groupes principaux :

- Les *pecopteris cyathoides*
- les *pecopteris nevropteroides*
- les *pecopteris* du groupe *unita*.

Il met à part les Pecopteris Plückenetti qu'il ne considère pas comme appartenant à cette famille.

La découverte d'échantillons portant leurs fructifications permet de créer des genres nouveaux pour des plantes dont le feuillage stérile était antérieurement attribué au genre *Pecopteris*. Ces fructifications étant des sporanges, elles prouvent que les *Pecopteris* sont de vraies Fougères et donnent une nouvelle possibilité de classification basée sur leurs caractères et dont les principaux genres sont les suivants :

Asterocarpus *Goëppert* = Astherotheca *Presl*
Senftenbergia *Corda*
Scolecopteris *Zenker*
Ptychocarpus *Weiss*
Dactylotheca *Zeiller*

Cette classification englobe, sous les genres précédents, la presque totalité des vrais Pecopteris, cependant certains, dont les fructifications n'ont jamais pu être mises en évidence, ne peuvent y trouver place.

En 1934, Paul BERTRAND adopte les caractères concernant les fructifications comme base de sa classification et établit deux grandes SECTIONS. A l'intérieur de celles-ci, il rapproche en des groupes caractéristiques des *Pecopteris* ayant des pinnules semblables. Il distingue donc :

- La section SENFTENBERGIA comprenant :

  le groupe du Pecopteris plumosa-dentata (à fructifications *Dactylotheca* ;
  le groupe du Pecopteris pennaeformis (à fructifications *Senftenbergia* typiques) ;

- La section ASTEROTHECA et les formes dérivées avec :

  le groupe du Pecopteris Miltoni (à fructifications *Asterotheca*) ;
  le groupe du Pecopteris arborescens (a fructifications *Asterotheca*).
  le groupe Pecopteris avoldensis
  le groupe du Pecopteris saraefolia

le groupe du Pecopteris saraepontana (à fructifications *Orthotheca*) ;
le groupe du Pecopteris longifolia (à fructifications voisines de *Acitheca*) ;
le groupe du Pecopteris polymorpha (à fructifications *Acitheca*) ;
le groupe du Pecopteris unita (à fructifications *Ptychocarpus*).

C'est cette classification qu'utilisa, très récemment, Paul CORSIN quand en 1951 il étudia les Pécoptéridées du Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine.

Les paléontologistes ont donc établi une classification naturelle des feuilles des Pécoptéridées basée sur la connaissance de leurs organes reproducteurs ; on remarque pourtant qu'en pratique , les déterminations se font essentiellement d'après les feuilles stériles qui sont bien plus répandues que leurs fructifications.

Dans ce travail, la classification de Paul BERTRAND sera reprise ; j'y ajouterai cependant un groupe destiné à englober : les *Pecopteris* à position systématique incertaine tels que : Pecopteris feminaeformis et les *Pecopteris* apparentés aux *Pecopteridium* , ainsi qu'un *pseudo-pecopteris*. Sous ce terme il faut envisager un représentant d'un certain nombre d'empreintes, à caractères morphologiques de Pécoptéridées, aujourd'hui reclassées dans d'autres familles par suite de la découverte de leur fructification. Je décrirai ici le Pecopteris Plückeneti *Schlotheim* dont les pinnules de grande taille, d'aspect pécoptéroïde, en faisaient une Pécoptéridée mais que les fructifications sous forme de graines ont permis de rattacher incontestablement aux Ptéridospermées.

La plus grande partie des échantillons observés au cours de ce travail est représentée par des empreintes stériles ; mes déterminations seront donc surtout basées sur des caractères morphologiques. Toutefois, pour rester dans l'axe des décisions du DEUXIEME CONGRES DE STRATIGRAPHIE DE HEERLEN EN 1935, il faudra désigner chaque fossile par le genre artificiel *Pecopteris* et le nom de genre rationnel basé sur la nature des fructifications quand elles ont pu être rapportées à des pinnules stériles dont la forme est caractéristique d'une espèce déterminée.

La famille des Pécoptéridées et le genre *Pecopteris* pourront ainsi être définis par les diagnoses suivantes :

FAMILLE DES PECOPTERIDEES :

Les pinnules des Fougères de cette famille sont toujours attachées sur le rachis par toute leur base ; elles sont contiguës, parfois plus ou moins soudées les unes aux autres. Leur contour a deux bords parallèles qui convergent au sommet pour lui donner une forme arrondie ou obtusément aiguë ou plus rarement tout à fait aiguë. Les pinnules à limbe entier, quelquefois ondulé sont ornées d'une nervure médiane nette atteignant presque toujours le sommet ; des nervures secondaires se détachent de la principale sous des angles plus ou moins ouverts.

GENRE PECOPTERIS BRONGNIART.

1822 - Filicites (section *Pecopteris*) Brongniart. Class. Végét. foss. p. 33.

1826 - Pecopteris Sternberg. Ess. Fl. mond. prim. I, fasc. 4, p. XVIII, Brongniart Prodr. p. 54 (Pars).

Les pinnules attachées par toute leur base sont généralement *normales au rachis support* ou faiblement *inclinées*. Libres entre elles ou adhérentes sur une partie de leur longueur, elles restent contiguës, leur taille diminuent progressivement vers le sommet des pennes, elles se soudent de plus en plus pour former de grandes pinnules à contour lobé ou ondulé. La nervure médiane très nette se prolonge presque jusqu'au sommet des pinnules, elle se ramifie pour former latéralement les nervures secondaires simples et rectilignes ou bifurquées une ou deux fois au cours de leur trajet.

CHAPITRE IV

DESCRIPTION DES ESPÈCES

1 - GROUPE DU PECOPTERIS PLUMOSA-DENTATA.

Le Bassin houiller de La Mure a fourni trois espèces appartenant au *groupe du* Pecopteris plumosa-dentata, à savoir :

Pecopteris plumosa-dentata
Pecopteris acuta
Pecopteris Bioti

Des observations très précises sur la constitution des frondes de ce groupe ont été faites par P. CORSIN ; ce dernier admet que les espèces du groupe ici décrit ont une "fronde de grande taille obtuse au sommet, au moins quadripinnée dans son ensemble, garnie vers le bas de grandes pennes primaires tripinnées ou quadripinnatifides, à contour triangulaire, aiguës ou lancéolées au sommet ...". Les pinnules, de forme nettement triangulaire, mais fixées plus ou moins obliquement par toute leur base sur le rachis, servent de caractère commun aux espèces qui seront décrites ci-dessous.

Pecopteris (Senftenbergia) plumosa-dentata Artis.
Fig. 8a, 8b, 8c. Fig. 9a, 9b - Pl. A

1825 - *Filicites plumosus* Artis, Antediluvian Phytology, p. 17, Pl. XVII.

1928 - *Pecopteris triangularis* Brongniart, Prodrome, p. 58.

1832 - *Pecopteris plumosa* Brongniart, Hist. des Végét. foss., p. 348, Pl. 121, fig. 1-2 ; Pl. 122, fig. 1-4.

1832 - *Pecopteris dentata* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 346, pl. 123, fig. 1-5.

1832 - *Pecopteris delicatula* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 349, pl. 116, fig. 6.

1885 - *Senftenbergia plumosa* Stur. Carbon. flora p. 92, pl. LI, fig. 1-3.

1885 - *Senftenbergia crenata* Stur Carbon. flora p. 72, Pl. XLV, fig. 1-3.

1883 - *Dactylotheca dentata* Zeiller, Ann. Sc. Nat. [6] Bot. vol. XVI, p. 184 et 207 ; pl. IX, fig. 12-15.

1886 - *Pecopteris (Dactylotheca) dentata* Zeiller, Flore foss. Bassin houiller de Valenciennes, p. 196, pl. XXVI, fig. 1-2.

1924 - *Dactylotheca plumosa* Ridston. Fossil plants carboniferous rocks of Great Britain, p. 383, pl. XCII.

1928 - *Dactylotheca plumosa* Jongmans, Stratigr. van het. karboon in het algemeen en van Limburg, p. 17, pl. 12, fig. 1.

1936 - *Dactylotheca plumosa* Nemejc, Contribution knowledge Carboniferous flora. Velzbit mountains p. 8, pl. 1, fig. 10.

1938 - *Dactylotheca plumosa* Renier et Stockmans, Flore houillère de Belgique, Pl. 59-60.

1938 - *Dactylotheca plumosa forma dentata* Bell. Fossil flora Sydney coalfield Nova Scotia p. 76, pl. LXXIII.

1938 - *Senftenbergia plumosa* Radforth, Contributions knowledge of Fossil Schizeaccae, p. 751.

1940 - *Dactylotheca plumosa* Nemejc, Pecopterides of Bohemia, Vol. II, B, n° 1, p. 2.

1941 - *Pecopteris (Senftenbergia) plumosa* Gothan, Steinkohlenflora Steinkohlen reviere Deutschlands p. 65, fig. 1-3.

1942 - *Dactylotheca plumosa* Nemejc, Paläobotanische studien westbulgarischen Permokarbons, p. 145, pl. VI.

1943 - *Pecopteris plumosa var. dentata* Andrews, American carboniferous Floras, p. 432, pl. II.

1951 - *Pecopteris (Senftenbergia) plumosa-dentata* Corsin, Bassin houiller de Sarre Lorraine, p. 139, pl. CXII.

Echantillons	10/A 12	Pl. 9 niv. 13	16/C 20
l	1 à 2 mm	1,5 mm	2 mm
L	2 à 6 mm	2 à 3,5 mm	4 à 5 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$

Diagnose :

Les différents auteurs lui attribuent des *pinnules* en général inclinées sur le rachis support, légèrement bombées en dessus ; leurs contours plus ou moins étroitement triangulaires se terminent en ogive au sommet (fig. 8 a). Le limbe est entier ou muni vers le bas de quelques lobes arrondis, légèrement saillants. Longues de 3 à 5 mm et larges à leur base de 1 à 2,5 mm, les pinnules sont légèrement soudées entre elles et se soudent plus complètement vers l'extrémité des pennes de la fronde de manière à former d'abord des pennes simplement pinnatifides qui passent ensuite brusquement à des grandes pinnules entières. De façon générale, la pinnule basilaire de chaque penne est plus courte que les suivantes et possède un lobe plus accentué qui lui donne parfois une forme auriculée.

En général, la *nervation* se marque très bien :

- *la nervure médiane* assez nette se prolonge jusqu'à l'extrémité de la pinnule. Elle est normale du rachis ou à peine décurrente à la base ;

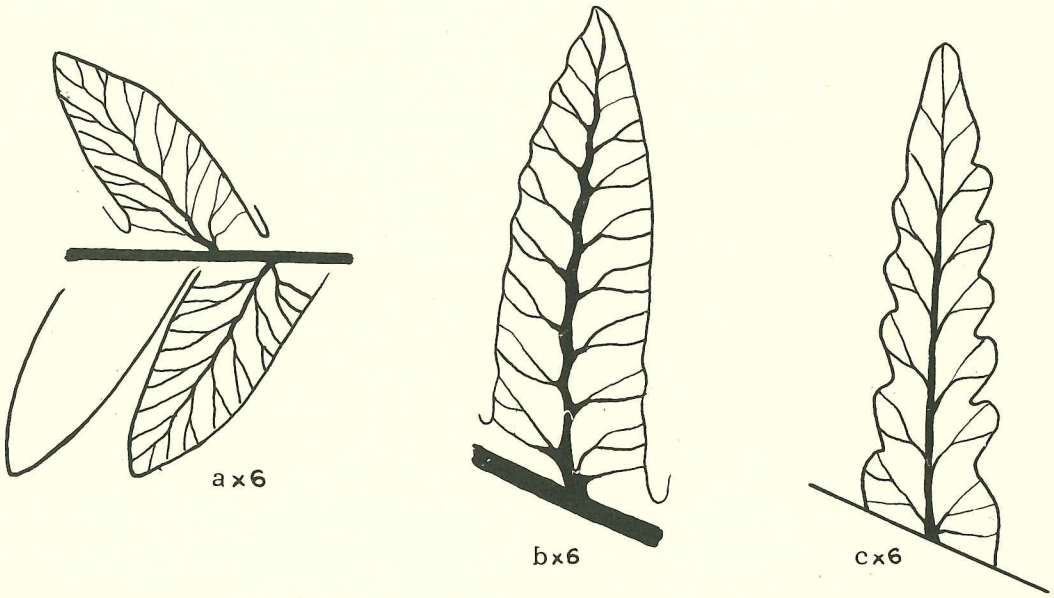


Figure 8 - Pecopteris plumosa-dentata *Artis* : a) Contours des pinnules, b) Nervures secondaires, c) Nervures secondaires.

- *les nervures secondaires* se détachent de la nervure principale sous des angles assez ouverts ; celles de la base de la pinnule sont bifides et les supérieures généralement simples. Les nervures secondaires des lobes inférieurs des grandes pinnules pinnatifides émettent trois ou quatre nervules simples (fig. 8 b et 8 c).

Les *rachis* à tous les degrés portent de fines stries longitudinales et sont couverts de poils peu visibles. On peut rencontrer sur les rachis primaires et secondaires, à la base des pennes, des expansions foliacées ou Aphlebis de grande taille, divisées en lanières un très grand nombre de fois.

Les *frondes*, de très grande taille, au moins quadripinnées dès la base, deviennent tripinnées sur la plus grande partie de leur trajet. Les pennes primaires à la base desquelles le rachis principal porte des aphlébies sont longues de 3 à 8 cm et plus ou moins rétrécies à leur base ; les pennes secondaires alternes, à contours linéaires, lancéolées, sont par contre très effilées à la pointe.

Les pinnules fertiles, quand elles sont observables, ont des sporanges isolés, fixés sur les nervures s'ils sont très développés, une calotte apicale les coiffe, ce sont des *fructifications* du type Senftenbergia.

Synonymie

Bien que reproduite ici de façon incomplète, la liste synonymique de cette espèce est très dense par suite de nombreuses descriptions que les auteurs ont données pour des fragments de fronde appartenant en fait à la même espèce. Mais dès 1836, BRONGNIART faisait déjà remarquer les variations de forme des pinnules en observant une feuille de la base au sommet : ce polymorphisme se retrouve en coordonnant les différents types de fragments de frondes récoltés :

SCHIMPER et ZEILLER, puis CORSIN ont réuni en une seule espèce le *Pecopteris dentata* et le *Pecopteris plumosa* de BRONGNIART ; l'identité de ces espèces a été établie après examen détaillé des échantillons-types où l'on trouve la forme aiguë des pinnules et la ponctuation des rachis aussi invisible chez l'une que chez l'autre forme.

Rapports et différences :

Le *Pecopteris plumosa-dentata* présente des affinités étroites avec le *Pecopteris Bioti* mais ce dernier a des caractères particuliers qui permettent de faire aisément la distinction entre les deux: le *Pecopteris Bioti* a des rachis lisses et non ponctués, les pennes primaires sont beaucoup plus étroites par rapport à leur longueur que dans l'espèce décrite plus haut ; d'autre part ses pinnules sont beaucoup moins profondément lobées avec des lobes plus étroits. Certains auteurs prétendent même que le *Pecopteris plumosa-dentata* se rapproche du *Pecopteris unita* ; or la forme triangulaire des pinnules de *P. plumosa-dentata* est très nette, de plus les pinnules de cette espèce sont moins arrondies au sommet et moins largement soudées entre elles à la base.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 6/N27, mur de Trois-Bancs - 16/N24 : toit de couche inférieure - 23/N36 : mur de couche inférieure.

Saint-Arey : 3/C21 ; dans la galerie à 1175 m.

Devay-Chuzins : 16/C20 : toit de Banc de Mur (dans la galerie Saint-Arey = Tronçon du Puits des Rioux).

5e Pendage : niveau 15 : mur de Trois-Bancs. Pl. 19, Niv. 13 : toit de banc au mur de trois bancs.

Eperons : 38/A2 : mur d'Henriette - Aoo : mur de Trois-Bancs 10/A12 : filet au mur de trois-bancs - 55/A2 : mur de banc au mur de Trois Bancs. - 62/A2 filet au mur de banc au mur de Trois Bancs.

Les Rioux : 1/C24 : mur de Rolland.

Le Villaret : 15/Ao : mur de banc au mur de Trois Bancs.

Prunières : S158/E14 : sondage de Simane à 181 m.
B 161 : Mur de Banc de Mur.

Remarques sur les échantillons étudiés ;

Sur l'échantillon 10/A12 cité précédemment, j'ai pu remarquer les petites dimensions des pinnules étroitement triangulaires disposées irrégulièrement sur le rachis, mais toujours jointives à leur base ; il est difficile de distinguer nettement la nervure médiane, le système nervuaire latéral demeurant invisible.

Le fragment de penne récolté dans la galerie de Saint Arey 16/C20 fait partie de la région sub-terminale d'une fronde : les pinnules obliques dressées vers le haut de la penne sont nettement triangulaires, leur nervure médiane très décurrente à la base donne naissance à un réseau de nervures secondaires lâches formé par les ramifications dichotomiques bien marquées des nervures latérales (fig. 9 a).

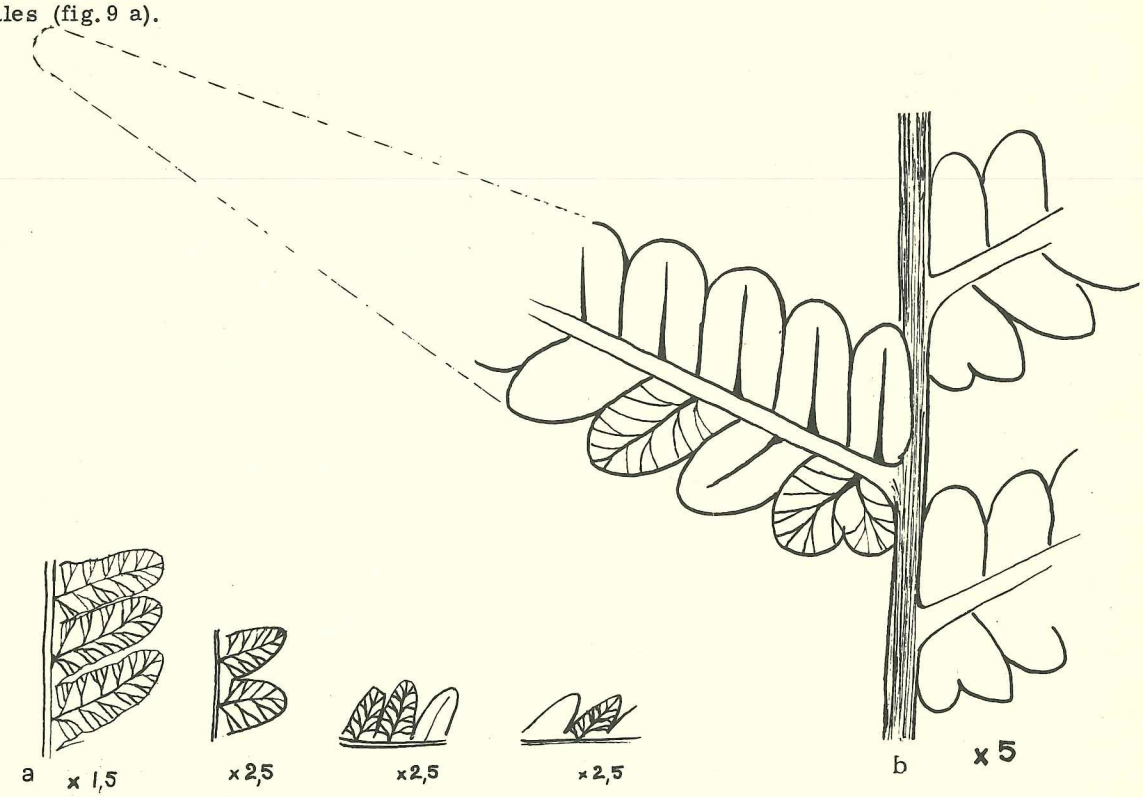


Figure 9 - Pecopteris plumosa-dentata *Artis* : a) Toit du Banc du Mur St-Arey, b) pennes tertiaires.

La portion de penne figurée, en 9 b est tout à fait comparable à celle figurée pl. XXVII et XXVIII par ZEILLER dans la Flore du Bassin houiller de Valenciennes. Cet échantillon m'a montré très nettement à la base des pennes tertiaires, la pinnule de petite taille lobée, tandis que les supérieures sont entières ; les pennes tertiaires régulièrement effilées à la pointe sont fixées obliquement sur les rachis secondaires finement canaliculés dans le sens de la longueur.

L'empreinte récoltée au niveau 15 du 5e Pendage, dans le mur de Trois-Bancs, porte des fructifications mais les observations sur les sporanges restent imprécises ; l'état de conservation de ce matériel ne m'ayant pas permis une étude de détail très complète. Pourtant, certains auteurs anglais ont pu mettre en évidence la nature des fructifications de *P. plumosa-dentata* et affirmer qu'elle appartient au genre *Senftenbergia*. De fait, j'ai pu observer que les sporanges de cette espèce sont allongés parallèlement aux nervures sur lesquelles ils se trouvent fixés et semblent rétrécir la surface du limbe de la pinnule dont les contours deviennent crénelés ; on dit que les pinnules appartiennent au *P. plumosa-dentata* du type *crenata*, mais, comme le fait remarquer P. CORSIN : "tous les échantillons de forme *crenata* ne sont pas nécessairement fertiles".

Conclusion.

La forme triangulaire des pinnules est le meilleur critère de détermination de cette espèce, pourtant elle se modifie sensiblement suivant que le limbe est ou non bombé : ses bords peuvent se replier dessous, auquel cas les pinnules apparaissent tout à fait aiguës, tandis que s'ils sont aplatis, l'extrémité libre de la pinnule garde une forme très arrondie beaucoup moins caractéristique de l'espèce.

De toute façon, les pinnules ont une forme variable d'un individu à un autre et elles peuvent être différentes suivant la zone de la fronde à laquelle elles appartiennent.

D'autre part, j'ai pu noter la grande taille des frondes de cette espèce qui reste malgré tout assez polymorphe, les nombreuses descriptions des différentes régions de la fronde le prouvent.

Pecopteris acuta Brongniart
Fig. 10. Pl. C

1828 - *Pecopteris acuta* Brongniart, Prodrome Hist. Végét. foss. p. 58.

1832 - *Pecopteris acuta* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 350, pl. CXIX, fig. 3-3a.

1885 - *Senftenbergia acuta* Sten. Die Carbon Flora, p. 96-99, pl. LI, fig. 4-5.

1903 - *Pecopteris acuta* Potonié H. Abb. 4 Beschr. foss. Pflamm zen Reste Lief I, 1903, 9.

1848 - *Pecopteris amoena* Sauveur, Végét. terr. houil. Belgique, Pl. XLVI.

1951 - *Pecopteris acuta* Corsin, Bas. houiller Sarre Lorraine, p. 193, pl. CVIII.

Echantillon	Sondage du Cognet n° 2 à 514, 25 mm
l	2, 5 mm
L	7 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules* de forme triangulaire, très inclinées sur le rachis support, font avec lui un angle voisin de 60°. Leurs dimensions sont peu constantes, la longueur ne dépasse pas 6 à 8 mm et la largeur 2 à 2, 5 mm ; le rapport $\frac{l}{L}$ est toujours voisin de 1/3. Les bords latéraux du limbe sont également entiers ou parfois denticulés, l'extrémité libre terminée en pointe aiguë permet d'individualiser les pinnules qui, à la base, sont coalescentes sur le tiers de leur longueur, puis contiguës et se séparent brusquement au niveau de la pointe terminale.

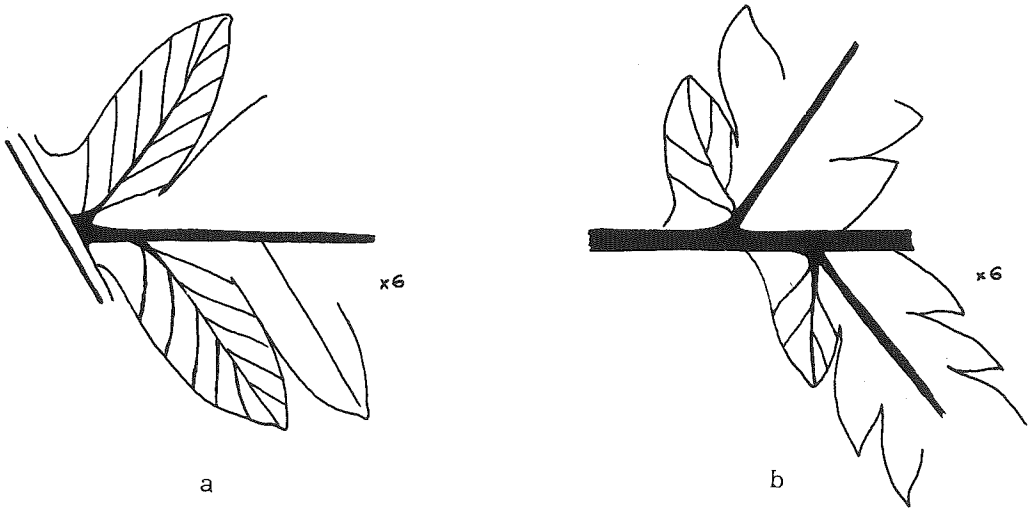


Figure 10 - Pecopteris acuta *Brongniart* : a) pinnules et nervures secondaires, b) fragment de pennes tertiaires.

La *nervation* présente des caractères intéressants :

- la *nervure médiane*, très nettement décurrente à la base, est assez forte.
- les *nervures latérales* peu visibles se détachent progressivement de la nervure médiane formant ainsi un angle très aigu. Elles sont rectilignes ou une fois bifurquées mais restent espacées les unes des autres (fig. 10 a et 10 b).

Les *rachis* sont couverts de petites émergences à tous les degrés de ramifications. Sur le rachis primaire, on peut rencontrer des expansions foliacées découpées en lanières ; ce sont des aphlébies. Les rachis primaires ont dû porter des poils glanduleux laissant une trace saillante tandis que les rachis d'ordre supérieur devaient être recouverts de poils très fins.

La *fronde* semble avoir eu de grandes dimensions qui ont été évaluées approximativement à 3 ou 4 m pour la longueur et à 1,50 m pour la largeur. La feuille de cette espèce comprenait plusieurs types de pinnules : si on considère la base des pennes secondaires, les pinnules sont bilobées tandis qu'à l'extrémité elles sont trapues et très développées. Les pennes sont presque toujours inclinées, de forme lancéolée et très effilées à la pointe.

Rapports et différences.

Le *Pecopteris acuta* présente des affinités étroites avec les espèces du groupe auquel il appartient. On peut cependant la différencier de *P. Bioti*, car ce dernier a des pinnules très arrondies à l'extrémité terminale malgré une forme d'ensemble triangulaire.

Il se rapproche aussi du *P. plumosa-dentata* ; pourtant il s'en distingue par ses pinnules de forme plus régulièrement triangulaire et par sa nervation peu marquée, mais presque toujours simple et rectiligne. *P. plumosa-dentata* est au contraire très polymorphe et son système nervuaire est plus complexe du fait que la division dichotomique constante des nervures secondaires.

Echantillon étudié :

Sondage de Cognet n°2 à 514,25 m dans un horizon à végétaux au mur de la couche n°IX ainsi déterminée par P. BERTRAND.

Remarques sur l'échantillon.

Il est regrettable que mes observations aient été limitées à celles relatives à l'échantillon de Cognet qui est très fragmentaire. Il faut souhaiter que le hasard des récoltes apporte de nouveau des empreintes de *P. acuta*. Le seul échantillon que possèdent les Houillères m'a montré sept pinnules successives avec leur pointe terminale caractéristique, la nervation est malheureusement peu marquée et la mauvaise conservation de l'empreinte ne permet pas de la reproduire photographiquement.

Conclusion :

Le *Pecopteris acuta*, comme on a pu le remarquer, présente des analogies incontestables avec le *P. plumosa-dentata*, surtout par la forme de ses pinnules ; aussi de nombreux auteurs ont pensé que ce type ne pouvait pas être élevé au rang d'espèce, mais qu'il serait tout au plus une " variété ou une mutation de *P. plumosa* élevée, par BRONGNIART, au rang d'espèce". Mais la forme triangulaire et pointue des pinnules de *Pecopteris acuta* n'est réalisée que sur une partie seulement de la fronde de *P. plumosa* : je pense donc qu'il est souhaitable de maintenir le *P. acuta* comme espèce-type.

Pecopteris Bioti Brongniart
Fig. 11. Pl. B

1834 - *Pecopteris Bioti* Brongniart, Hist. Végét. foss., pl. 117, fig. 1, p. 341.

1836 - *Pecopteris microphylla* Brongniart Hist. Végét. foss. p. 340, pl. 117, fig. 2.

1836 - *Aspidites Biotii* Goeppert, Syst. fil. foss., p. 364.

1869 - *Cyatheites Bioti* Weiss Foss. fl. d. jüngst. Steinkohl. p. 70.

1877 - *Senftenbergia Biotii*. Stur. Culm. Flora, p. 293-298.

1877 - *Pecopteris (prepecopteris) Biotti*, Grand-Eury, Flore carb. de la Loire, p. 63.

1906 - *Pecopteris Bioti* Zeiller, Flore foss. Bas. houil. permien Blanzy - Creusot, p. 58.

1925 - *Pecopteris Bioti* Kidston, Foss. Plants carbon. Rocks Great Britain, p. 581, pl. XCVI, fig. 4 - 4 a.

1951 - *Pecopteris Bioti* Corsin, Bas. houiller Sarre Lorraine, p. 208, pl. CXCVI, fig. 2 - 2a.

Echantillons	S 630-633	C 66
l	1,5 mm	2 mm
L	2 mm	3 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules* de très petite taille : longueur de 1 à 6 mm et largeur de 1 à 2 mm se dressent alternes le long du rachis ; leur forme varie suivant la position qu'elles y occupent. Elles sont très courtes, plus ou moins adhérentes entre elles, à contour obtusément triangulaire du fait de la base élargie et du sommet arrondi. Les pinnules de la partie supérieure des pennes primaires sont petites, légèrement soudées les unes aux autres à leur base, arrondies à leur sommet.

Dans la région moyenne, les pinnules s'allongent, deviennent plus effilées au sommet et légèrement décurrentes à la base, à bords entiers ou très peu ondulés. Les pinnules de la région inférieure des pennes primaires sont contractées à leur base et à lobes séparés par des sinus aigus.

La *nervation* en général très nette est parfois difficile à distinguer :

- la *nervure médiane* bien marquée, faiblement décurrente à la base, se prolonge jusqu'au sommet des pinnules.
- les *nervures latérales* ne sont pas toujours discernables mais quand on peut les distinguer, elles se détachent de la nervure principale sous des angles assez ouverts. Simples et rectilignes dans les pinnules de petite taille, elles sont dichotomes une seule fois sur leur trajet vers le milieu de leur longueur, dans les pinnules plus grandes (fig. 11).

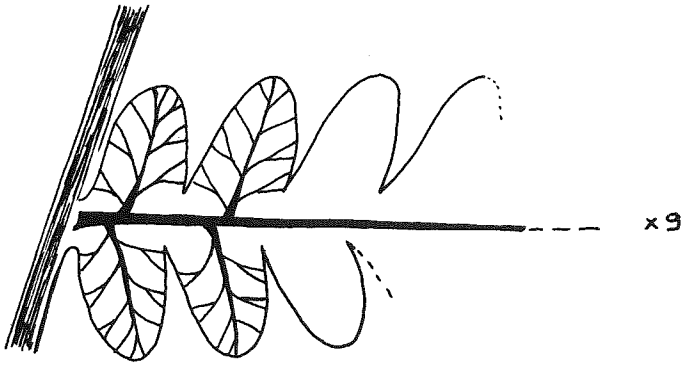


Figure 11 - Pecopteris Bioti *Brongniart :*

Le *rachis principal* , large et lisse, devait supporter une fronde tripinnée atteignant 1,50 m à 2 m d'envergure. A la base de chaque penne primaire le rachis porte une foliole anormale (Aphlebia) dressée le long du rachis, longue de 15 à 30 mm. Cette expansion foliacée est en général partagée en plusieurs lobes décurrents, arqués, divisés eux-mêmes en de nombreuses lanières divergentes.

On ne connaît pas les fructifications de cette espèce.

Synonimie.

P. CORSIN fait entrer en synonimie le *P. Bioti* et le *P. microphylla* en se basant sur les caractères très analogues de la nervation de ces deux espèces que l'on considère comme identiques.

Rapports et différences.

On a déjà signalé précédemment la ressemblance de *P. Bioti* avec *P. plumosa-dentata* ; cette comparaison a permis à P. CORSIN de classer le *P. Bioti* dans le groupe du *Pecopteris plumosa-dentata*, bien que ne connaissant pas les fructifications qui seules nous indiquent avec précision la place d'une espèce dans la classification naturelle.

Echantillons étudiés.

Sondage de Crouillonne 4 : S 630-633 - S 630 à 361,45 m ;

Eperon : 57/A2 - 2è rejet au mur de la formation du Banc au mur de Trois-Bancs.
C66 Chemin de Sagnereaux.

Remarques sur les échantillons étudiés.

Il m'a été possible de faire des observations très précises quant aux caractères de cette espèce grâce à l'échantillon du sondage de Crouillonne 4 et à celui récolté dans le quartier des Sagnereaux. Ce fragment des Sagnereaux, que je considère comme appartenant à la partie supérieure d'une penne primaire, est malheureusement très petit. Cependant, j'ai pu examiner la striation longitudinale du rachis large et plat d'où se détachent très obliquement les nervures médianes décurrentes, assez épaisses à la base et qui s'étirent jusqu'au sommet des pinnules dans une dépression plus ou moins anguleuse. Les nervures latérales sont espacées les unes des autres, régulièrement une fois dichotomes vers la moitié de leur longueur, sous un angle très large ; les nervures issues de ces bifurcations arrivent perpendiculairement aux bords du limbe et il y a en moyenne trois groupes de nervures dans chaque moitié de pinnule. En position alterne, les pinnules sont inclinées sur le rachis support et très peu adhérentes entre elles à leur base ; leur forme triangulaire est largement émoussée au sommet.

Conclusion.

J'ai pu remarquer que les rares échantillons de cette espèce qui ont été recueillis dans quelques niveaux du Bassin houiller de La Mure sont identiques aux feuilles stériles attribuées à *P. Bioti* par les paléobotanistes ZEILLER et CORSIN. Du point de vue des fructifications, nous pensions qu'étant donné les affinités si manifestes de *P. Bioti* avec *Pecopteris (Dactylotheca) plumosa* Artis (*sp*), il doit appartenir à ce même genre *Dactylotheca* et qu'il doit bien être considéré comme étant une Fougère.

2 - GROUPE DU PECOPTERIS LONGIFOLIA

Les espèces qui se trouvent réunies dans ce groupe sont aisément reconnaissables avec leurs pinnules de très grande taille, surtout très longues par rapport à leur largeur. L'espèce type du groupe est *Pecopteris longifolia* qui ne paraît pas être présent dans les niveaux du Bassin houiller de La Mure ; seule l'espèce P. Platoni a été reconnue dans le gisement, parmi les formes du *groupe* P. longifolia.

Pecopteris (Asterotheca) Platoni Grand'Eury sp.

Fig. 12 et 13 - Pl. D

1885 - *Pecopteris oreopteridia* Zeiller (*non* Schlotheim *sp*), B.S.G.F. [3], t. XIII, p. 138, pars Pl. IX; fig. 1.

1885 - *Pecopteris Platoni* Grand'Eury msc.

1888 - *Pecopteris (Asterotheca) Platoni* Zeiller, Fl. foss. Houiller Commentry, 1ère partie p. 141, fig. 5-6.

1890 - *Pecopteris (Asterotheca) Platoni* , Zeiller, Bas. houiller Autun, p. 52, pl. VIII, fig. 7.

1933 - *Asterotheca Platoni* Simson Scharold, Zur Kenntnis Carbonflora Saargebietes p. 29, Pl. IV, fig. 27 a b.

1935 - *Asterotheca Platoni* Hartung. Flora des karbons im Westbalkan (Bulgarian), p. 81, pl. XII, fig. 37 à 40 ; pl. XIII, fig. 57.

Echantillons	P 8 bis 0	1/C24	15/Ao	2/A12
l	2 mm	1 à 2 mm	2 mm	1,5 à 2 mm
L	10 mm	3 à 6 mm	8 à 10 mm	5 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules* inclinées sur le rachis-support, arrondies au sommet, présentent une surface légèrement bombée. Les bords latéraux paraissent repliés en dessous, de ce fait rétrécissent le limbe déjà très étroit par rapport à sa longueur. En effet, les plus grandes pinnules atteignent 8 à 10 mm de longueur pour 2 à 2,5 mm seulement de largeur. Le rapport $\frac{l}{L}$ reste donc toujours très voisin de 1/5. Vers l'extrémité des pennes, les dimensions des éléments limbaires se réduisent de plus en plus atteignant jusqu'à 3 mm de longueur et 1 mm de largeur ; ceci se manifeste lorsque le limbe n'est pas complètement étendu en surface plane. Les plus grandes pinnules, non contiguës, s'élargissent légèrement à la base, s'opposant ainsi aux pinnules de petite taille des extrémités de pennes, qui se touchent par leurs bords. Vers l'extrémité des pennes primaires de même que vers le haut de la fronde, les pinnules deviennent très adhérentes, se soudent graduellement pour constituer des pennes tertiaires pinnatifides divisées en lobes presque triangulaires sur les 2/3 de leur longueur, l'extrémité restant simple ou portant quelques vagues ondulations irrégulières.

La *nervation* peu nette en général s'ennoye dans l'épaisseur du limbe.

- la *nervure médiane* se détache du rachis perpendiculairement et s'étend, large, plate, finement ponctuée dessous, jusqu'à l'extrémité du limbe (fig. 12 b et 12 c).
- les *nervures secondaires* naissant sous des angles assez ouverts sont d'ordinaire, une fois bifurquées ; les supérieures restent simples. La division dichotomique des nervures secondaires se fait très près de la nervure médiane ; les nervules qui en résultent s'incurvent pour aboutir perpendiculairement aux bords latéraux du limbe (fig. 12 a).

Les *rachis*, assez forts et larges à tous les degrés de ramification, se montrent en général lisses sauf ceux de dernier ordre qui sont souvent ornés en dessous de fines ponctuations.

La *fronde*, de grande dimension, devait être quadripinnée sur une partie de son étendue, puis quadripinnatifide et enfin tripinnée dans la région supérieure.

Les pennes fertiles sont semblables aux pennes stériles mais présentent un léger rétrécissement du limbe des pinnules dû aux sporanges groupés par 4 ou 5 en synangium.

Rapports et différences.

D'après ZEILLER, cette espèce ressemble beaucoup à *P. oreopteridia* et peut "dans certaines parties du moins de ses frondes être facilement confondue avec lui...". Ceci ne peut se produire que lorsque l'on doit comparer des pennes de petite taille, par contre les pinnules de la région moyenne d'une penne permettent d'établir une différence : chez *P. Platoni* les pinnules terminales tout à fait simples sont plus étroites et plus espacées que chez *P. oreopteridia*. Il semble qu'il existe aussi des analogies assez marquées avec *P. truncata* Rost, mais chez ce dernier, les pinnules sont plus larges et nettement décurrentes sur le rachis-support. Le *P. Platoni* présente en outre des affinités aléthoptéroïdes, on peut le rapprocher de *Alethopteris brevis* Weiss, par ses pinnules très espacées, mais la nervation très fine et très serrée de l'*Alethopteris* n'est pas comparable aux nervules espacées de *P. Platoni*.

Echantillons étudiés.

Les Béthoux : 1/N 22 : toit de Rolland

Saint-Arey : 25/C21 à 1434 m.

Devay-Chuzins : 7/C 22 : Toit de banc de toit.

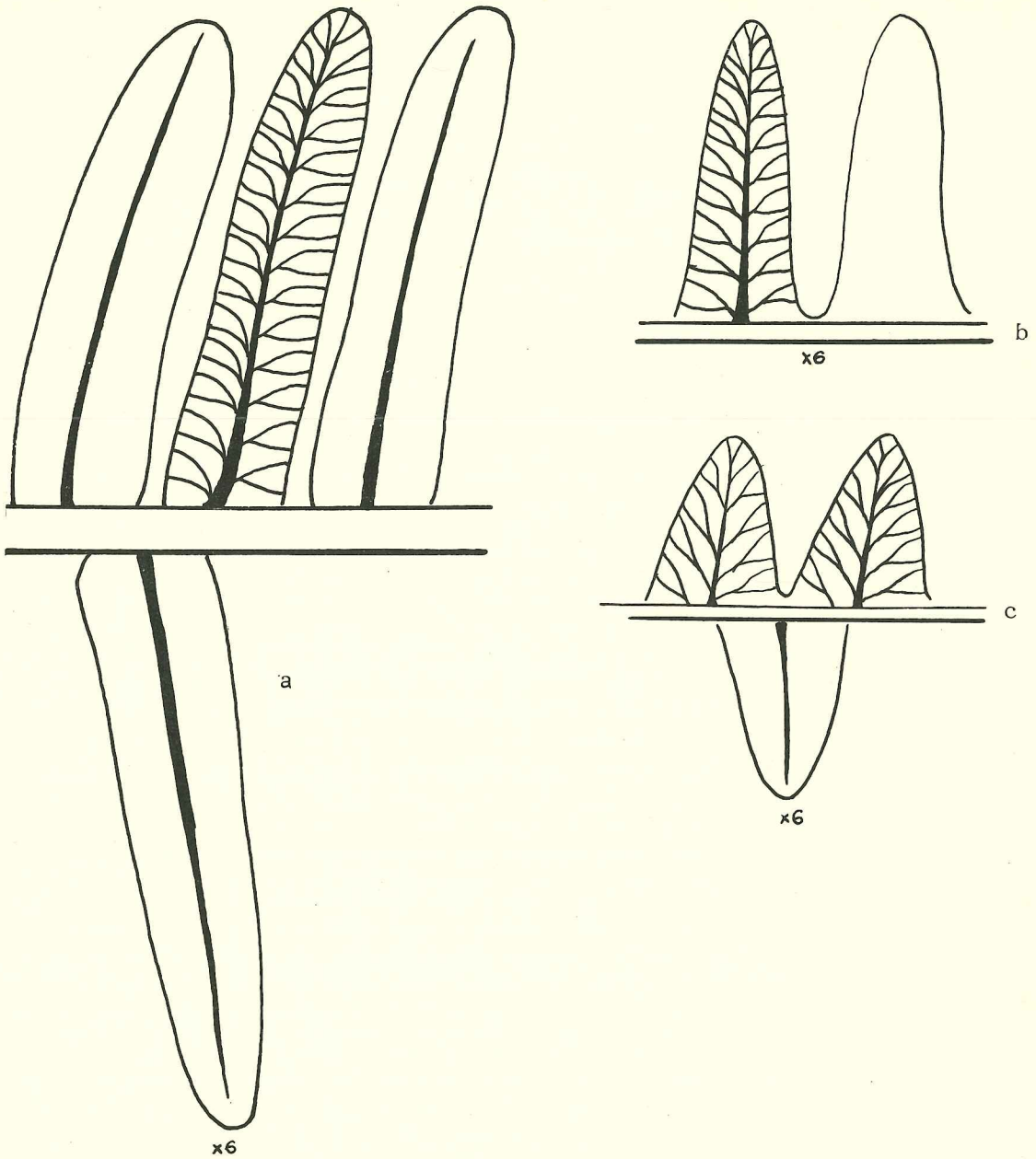


Figure 12 - Pecopteris Platoni *Grand'Eury* : a) disposition des pinnules, b) et c) réseaux de nernures.

5e Pendage : Mur de Banc de Mur - P 8 bis 0 : mur de Grande Couche.

4e Pendage : S 207.

Les Eperons : 21/A 12 : Mur de Grande Couche - 46/A2 : Mur de Trois-Bancs.

Le Villaret : 15/Ao : Mur de Banc au Mur de Trois-Bancs -
14/Ao : Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs.

Prunières : B 161 : Mur de Banc de Mur.

Sondage de Crouillonne IV : à 361,65 m ; à 361,70 m ; à 362,40 m.

Les Rioux : 1/C 24 : Filet au Mur de Rolland.

Remarques sur les échantillons étudiés :

L'échantillon des Rioux n'a pu être attribué avec entière certitude au *P. Platoni*, pourtant ses pinnules, de forme lancéolée, disposées obliquement sur le rachis me semblent appartenir à un fragment de penne bipinnée. Ces derniers caractères, tout à fait spécifiques, de *P. Platoni* me permettent de le considérer comme tel.

L'empreinte notée 21/A 12 offre sur la partie terminale d'une fronde des pinnules alternes espacées, à bords plus ou moins repliés en dessous car ondulés ; la nervure principale est profonde tandis que les nervures latérales fines semblent se diviser près de la nervure principale.

Le fragment de penne de *P. Platoni* récolté dans le 5è Pendage : P 8 bis 0 a des pinnules subopposées dont la nervation presque invisible est masquée sur la face inférieure ; en effet cette dernière est ici représentée par une surface gaufrée qui traduit une certaine pilosité du limbe (fig. 13).

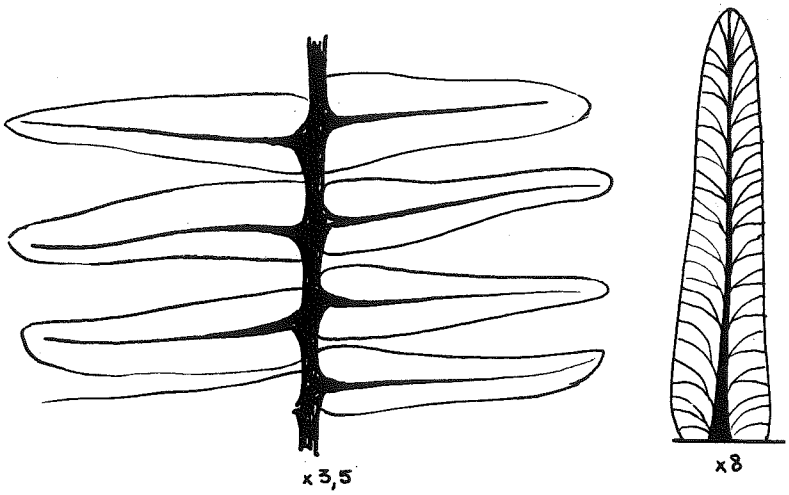


Figure 13 - Pecopteris Platoni *Grand'Eury* : échantillon du Mur de Grande Couche à pinnules sub-opposées.

Le sondage de Crouillonne IV a récemment mis à jour de nombreux fragments de fronde de *P. Platoni* ou de formes très voisines qui, à première vue, montrent des caractères d'Alethoptéridées, mais ce sont en fait des pinnules appartenant bien à l'espèce ici décrite. Ainsi, la section prise à 480,30 m porte une portion de penne dont les éléments limbaires épais et enroulés sont caractéristiques de *P. Platoni*, aussi bien que sa nervation, pourtant les contours de ces pinnules rappellent beaucoup la forme *Alethopteris*.

Conclusion :

Cette belle espèce de *Pecopteris* a été récoltée dans de nombreux niveaux fossilifères du Bassin houiller de La Mure mais malheureusement en de petits fragments qui ne peuvent me donner des renseignements suffisants pour me faire une idée exacte de la constitution des frondes. Pourtant, le caractère essentiel de cette espèce : caractère qui dans tous les cas reste un critère de détermination est la nervation. Très peu serrée, régulièrement espacée dans les pinnules qui cependant ont un aspect aléthoptéroïde, elle est typique du *P. Platoni*.

3 - GROUPE DU PECOPTERIS SARAEFOLIA.

Ce groupe reste très artificiel puisqu'on connaît très mal le mode de fructification des espèces qu'il rassemble. Il est représenté, dans les niveaux fossilifères de La Mure, par les espèces suivantes :

- Pecopteris saraefolia P. BERTRAND
- Pecopteris saraefolia var. lobata P. CORSIN
- Pecopteris Bucklandi BRONGNIART.

Ces plantes ont en commun des pinnules de grande taille disposées plus obliquement sur le rachis support et dont la nervation est en général très dense.

Pecopteris saraefolia P. BERTRAND

Fig. 14, 15 - Pl. E

1928 - *Pecopteris saraefolia* P. Bertrand, Ech. stratig. Heerlen p. 87.

1885 - *Daneites Roehli* Stur. Carbon Flora Pl. LXII, fig. 4.

1885 - cf. *Hawlea Schaumburg Lipprana* Stur. Carbon Flora, pl. LVIII, fig. 1 à 4.

1924 - cf. *Pecopteris Candolleana* Kidston, Fos. Flora, Great Britain, pl. CXVI, fig. 1.

1828 - cf. *Pecopteris Miltoni* Brongniart, Végét. foss. pl. CXIV, fig. 8.

1869 - cf. *Goniopteris brevifolia* Dchimper, Paléo. Végét. t. 1, p. 546.

1951 - *Pecopteris saraefolia* P. Corsin, Foss. Sarre Lorraine, p. 256.

Echantillons	46/A2		15/Ao	S 581
l	2 mm	2,5 mm	2 mm	2 mm
L	8 mm	10 mm	5 mm	6 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules*, d'assez grande taille, ont une longueur variant de 6 à 12 mm, la largeur reste comprise entre 2 et 3 mm. Le rapport $\frac{l}{L}$ est égal à 1/4, parfois 1/2, les pinnules sont donc relativement allongées par rapport à leur largeur. Elles s'insèrent sur le rachis-support par toute leur base perpendiculairement ou légèrement inclinées sous un angle de 80 à 85°. Les bords latéraux parallèles sont parfois adhérents à la base des pinnules sur une courte distance, mais, suivant le cas, le bord inférieur seul est décurrent et le bord supérieur un peu contracté, ou bien les deux bords sont contractés. Le limbe semble être replié en dessous latéralement, "de manière à former un ourlet marginal" qui rétrécit la largeur apparente des pinnules largement arrondies au sommet.

La *nervation* à la fois serrée et étalée comprend :

- la *nervure médiane* épaisse et décurrente à la base qui s'amincit progressivement jusqu'à l'extrémité libre de la pinnule ;
- les *nervures latérales* se détachent très obliquement de la nervure principale, se bifurquent une ou deux fois sur leur trajet et s'incurvent pour aboutir normalement au bord du limbe . Le réseau qu'elles constituent est très régulier et relativement dense (fig. 14 a, b, c et d) .

Les *rachis* tertiaires de dernier ordre ont environ 2 à 2,5 mm de largeur et sont couverts de très fins poils. Les pennes secondaires sont peu développées, leurs bords latéraux parallèles convergent brusquement à l'extrémité en une pinnule terminale courte et lancélolée. Par contre, les rachis secondaires présentent une ornementation particulière faite d'émergences plus ou moins espacées les unes des autres qui devaient être la base d'épines hérissant les rachis (fig. 15).

La *fronde* devait atteindre de grandes dimensions ; elle peut être au moins quadripinnée avec une grande variation dans la taille des pinnules.

Synonymie :

C'est le *P. Roehli* de Stur que P. BERTRAND a pris comme type de son espèce *saraefolia*. Comme P. CORSIN l'a bien montré dans son étude sur les Pécoptéridées du Bassin de Sarre-Lorraine, il faut regrouper tous les échantillons qui ont été décrits sous des noms divers et qui sont cités dans la liste synonymique précédant cette diagnose. Ils sont tous considérés aujourd'hui comme appartenant à *P. saraefolia*.

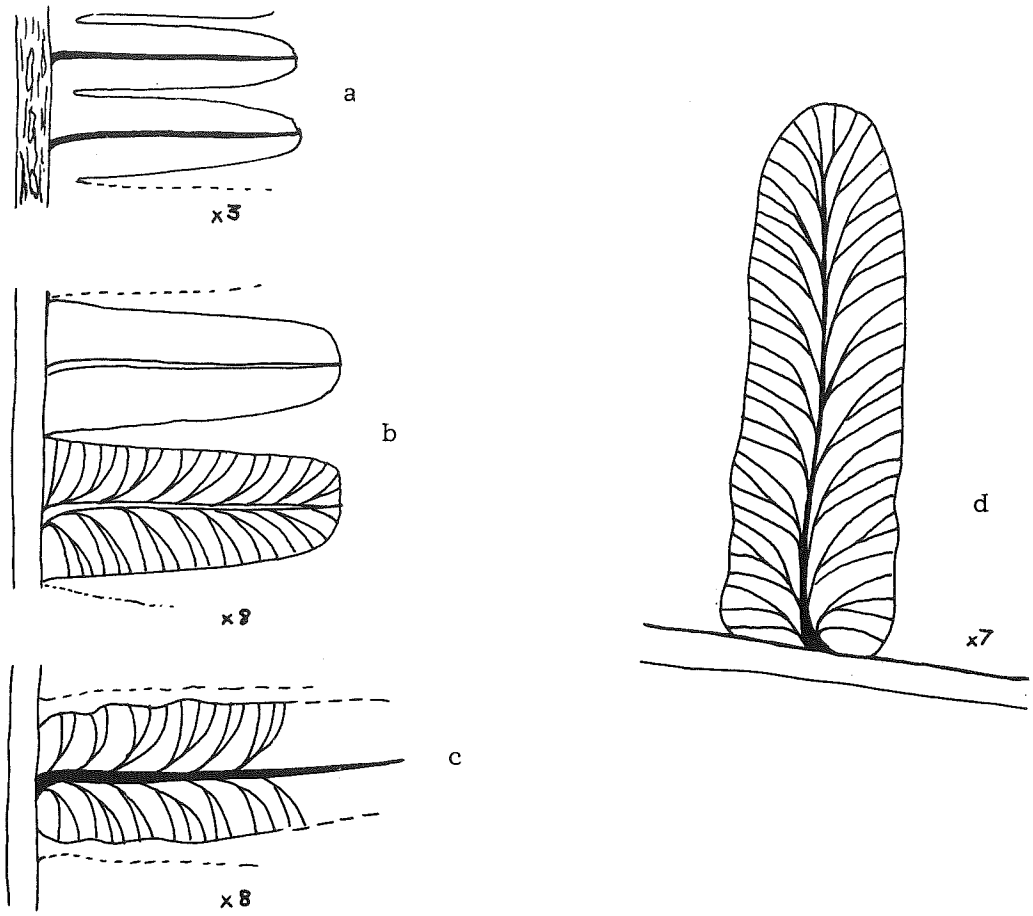


Figure 14 - Pecopteris saraefolia *Bertrand* : a), b), c) : Modes d'insertion des pinnules, d) réseau nervuraire d'une pinnule.

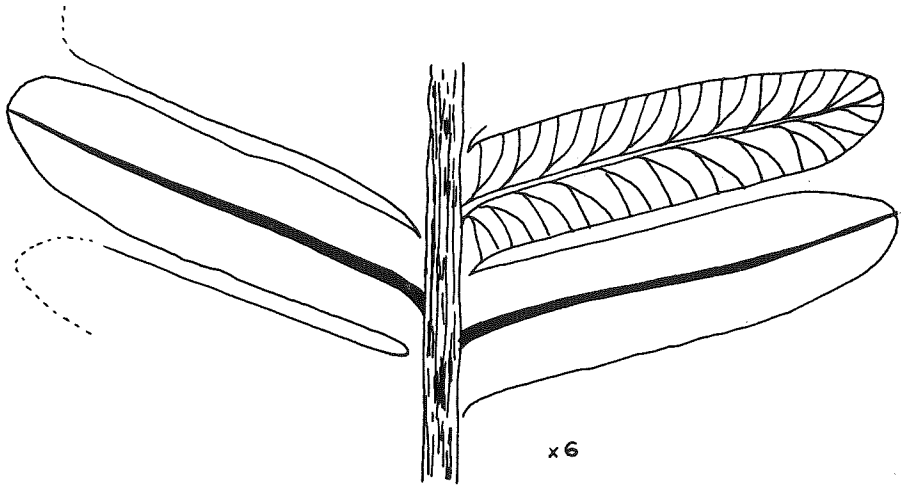


Figure 15 - Pecopteris saraefolia *Bertrand* : caractères des pinnules et du rachis.

Rapports et différences.

Quand on détermine une empreinte à pinnules adhérentes, on peut hésiter entre *P. saraefolia* et *P. Candollei* ; cependant les caractères de la nervation permettent de ne pas faire de confusion : la nervation de *P. saraefolia* est beaucoup plus dense.

P. saraefolia présente aussi quelques similitudes avec *P. Trevirani* Goeppert, mais chez ce dernier les pinnules sont plus largement adhérentes entre elles par la base, ce qui permet de les différencier.

Le *Pecopteris Hucheti* de P. CORSIN est aussi très voisin de *P. saraefolia*, cependant il n'est pas possible de confondre ces deux espèces qui ont des pinnules de taille fort différente : *P. Hucheti* présente en fait des pinnules très grandes.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 21/N36 : Toit de Couche inférieure.

La Motte : 4/M3 : Mur d'Henriette.

Saint-Arey : 3/C 21 à 1175 m dans la galerie.

Le Devay : A 112 : Mur de banc au mur de Trois-Bancs.

Les Eperons : 38/A2 : mur d'Henriette 46/A2 : Mur des Trois-Bancs.

5e Pendage : S 581/137 : au mur de la formation.

Le Villaret : 15/Ao : mur de banc au mur de Trois-Bancs.

Remarques sur les échantillons étudiés :

Les figures 15 a, b, c et d, montrent les différents modes d'insertion des pinnules sur le rachis, observés sur les échantillons 46/A2, 15/Ao, et S 581/137. Le limbe des pinnules est en général plus ou moins gaufré sur les bords du fait de son enroulement latéral continu. Quand les pinnules sont adhérentes, il m'est possible de remarquer la non décurrence de la nervure médiane, très forte par ailleurs.

Le rachis soutenant le fragment de penne de l'échantillon 46/A2 est couvert d'émergences lui donnant un aspect ondulé. Sur toutes les empreintes de *P. saraefolia* observées, on distingue assez nettement la nervation latérale avec des nervules de plus en plus bifurquées sur les pinnules de grande taille.

Conclusion :

Cette espèce m'a paru particulièrement intéressante, car sur une seule fronde, elle présente des formes de pinnules très variées dans leur mode d'insertion sur le rachis et dans leur taille ; ces pinnules dont le limbe est régulièrement recouvert de poils très fins sont visibles quand la pellicule charbonneuse du positif de la face supérieure n'est pas altérée. La nervation reste nette sur les négatifs de la face inférieure où j'ai pu aisément distinguer une ou deux bifurcations sur le trajet de chaque nervure secondaire et parfois même trois sur les pinnules à bords plus ou moins lobés.

Ce sont ces caractères de détail qui me semblent jouer un rôle important dans la diagnose de cette espèce.

Pecopteris saraefolia var. lobata - P. CORSIN
Fig. 16 a, b et c. Fig. 17 - Pl. F

1951 - *Pecopteris saraefolia var. lobata* P. Corsin, Pecop. B. Houiller de Sarre-Lorraine, fasc. 4, fig. 3-4 ; pl. CXLVI.

Echantillons	S 630 à 361,6 m	9 bis N 24
l	3 mm	2,5 à 3 mm
L	12 mm	12 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$

Diagnose :

Les *pinnules*, très allongées par rapport à leur largeur, peuvent mesurer 9 à 15 mm de long et 2 à 3 mm de large, le rapport de la largeur à la longueur est inférieur à 1/4. Elles sont effilées, particulièrement étroites et très espacées les unes des autres. Les bords latéraux dentés viennent converger en ovale au sommet de la pinnule, la base de celle-ci est nettement rétrécie car contractée sur le bord inférieur et sur le bord supérieur. Elles sont alternes, disposées obliquement sur le rachis-support.

La *nervation* est généralement peu marquée.

- la *nervure médiane* apparaît nettement en relief sur la face inférieure des pinnules. Très large et épaisse, légèrement oblique sur le rachis, elle se dirige en s'atténuant vers le sommet de la pinnule qu'elle atteint presque.
- les *nervures secondaires* ne sont que très rarement visibles car masquées par l'épaisse cuticule qui recouvre la face supérieure du limbe. On peut toutefois remarquer l'individualisation de faisceau dans le système nervuraire latéral : chaque faisceau issu d'une nervure secondaire décurrente sur la nervure médiane, correspond à la nervation d'un lobe du limbe.

Les *rachis* tertiaires sont larges, formant comme une profonde gouttière entre les pinnules de la penne secondaire. Sur une empreinte suffisamment étendue de penne secondaire complète on distingue : à la base, des pinnules à bords latéraux ondulés ; dans la région moyenne qui prend l'aspect de penne tertiaire à très petites pinnules adhérentes des lobes s'accusant peu à peu et des échancrures devenant plus profondes. A la pointe terminale de la penne secondaire on retrouve des pinnules à limbe presque entier semblables à celles de la base (fig. 16 a, b et c).

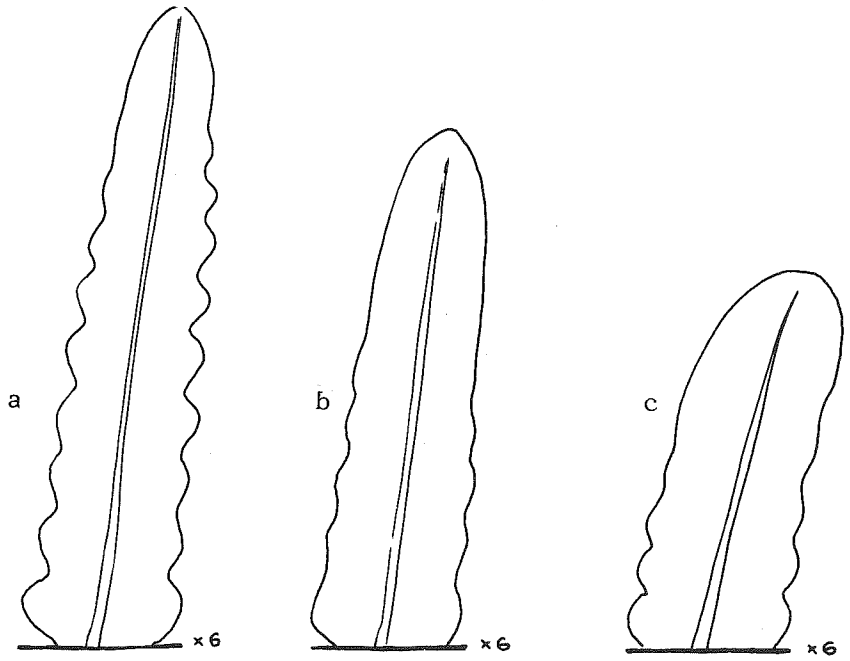


Figure 16 - Pecopteris saraefolia var. lobata, *P. Corsin* : a, b, c) contours limbaires.

Synonymie.

Reconnaissant les affinités morphologiques incontestables entre la forme ici décrite et le type *P. saraefolia*, Paul CORSIN a créé une variété nouvelle : *Pecopteris saraefolia var. lobata* ; elle doit son existence et son nom au mode de découpure du limbe de ses pinnules.

Ressemblances.

Le limbe lobé de *P. saraefolia var. lobata* rappelle beaucoup celui de *P. Miltoni* et des formes dérivées, mais il en diffère par le fait que les pinnules de *P. Miltoni* sont plus trapues. "La divi-

sion des pinnules en lobes débute chez *P. Miltoni* dès la base des pennes secondaires et non pas au milieu comme chez *P. saraefolia var. lobata*. Leur nervation est tout à fait analogue, pourtant la forme très étroite et effilée de la variété *lobata* me semble être un caractère qui doit les distinguer dans tous les cas.

Echantillons étudiés.

Les Béthoux : 9 bis/N 24 : Toit d'un filet à 20 m au mur de Grande Couche.

Sondage de Crouillonne : S 630 à 631,60 m.

Remarques sur les échantillons étudiés :

De façon générale, je remarque la largeur exceptionnelle des éléments de soutien de la fronde. L'échantillon 9 bis/N 24, par exemple, a des pinnules obliques sur un rachis-support plat et large de 2 à 3 mm, sa nervure médiane mesure presque 1 mm de large à la base, par contre l'appareil nervuraire est invisible. Le fragment de penne de l'échantillon de sondage appartient certainement à la région moyenne d'une penne secondaire ; les lobes très marqués du limbe rapprochent cette forme du *P. micromiltoni* avec lequel il pourrait être confondu, cependant la nervation latérale très fine et régulière de cette empreinte est bien différente de celle de P. micromiltoni (fig. 17).

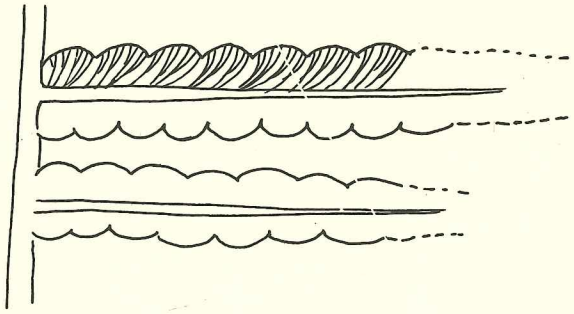


Figure 17 - Pecopteris saraefolia var. lobata, *P. Corsin* : contours et nervation des pinnules (échantillon du sondage de la Crouillonne).

Conclusion.

Mes remarques sur la nouvelle variété de P. CORSIN me permettent de déduire le port que devait présenter la fronde : les pennes très espacées les unes des autres, les pinnules lobées et contractées à la base, confèrent à la fronde une grande légèreté. Cependant, la fronde n'en est pas moins robuste, du fait de la largeur assez exceptionnelle de ses rachis ; j'ai pu l'observer sur les fragments de pennes secondaires recueillis en assez grande abondance dans le mur de Grande Couche du quartier des Béthoux.

Pecopteris Bucklandi BRONGNIART
Fig. 18, 19 - Pl. G

1834 - *Pecopteris Bucklandi* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 319, pl. XCIX, fig. 2.

1925 - *Eupecopteris Bucklandi* Kidston, Foss. flora carbon. Rocks Great Britain, p. 555, pl. CXX, fig. 6 ; pl. CXXXII, fig. 1.

1951 - *Pecopteris Bucklandi* Corsin, Flore Foss. Sarre-Lorraine, 4e fasc., pl. CXLV, fig. 1.

Echantillons	3/A15	47/A2	Pl. 9 niv. 14		1/C24	S93/E3
l	2 mm	2,5 mm	2 mm	3 mm	2 mm	2,5 mm
L	5 mm	7 mm	4 mm	6 mm	4 mm	5 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Diagnose :

De taille très variable suivant les régions de la penne, les *pinnules* sont un peu inclinées sur le rachis et régulièrement adhérentes entre elles à la base, leurs bords latéraux restent parallè-

les et contigus jusqu'à l'extrémité libre largement ovale. Les pinnules des pennes secondaires sont relativement de petite taille, elles ne dépassent pas 3 à 4 mm de longueur et 2,5 à 3 mm de largeur ; le rapport $\frac{l}{L}$ est souvent voisin de 1/2. Vers la base des pennes primaires on trouve deux types de pinnules :

- à l'extrême base, elles sont un peu allongées, ayant 6 à 8 mm de longueur et 2 à 2,5 mm de largeur, décurrentes sur le bord inférieur, contractées sur le bord supérieur ;
- plus haut dans la penne primaire, elles se raccourcissent, ne dépassant pas 5 mm de longueur et leur base est contractée sur les deux bords.

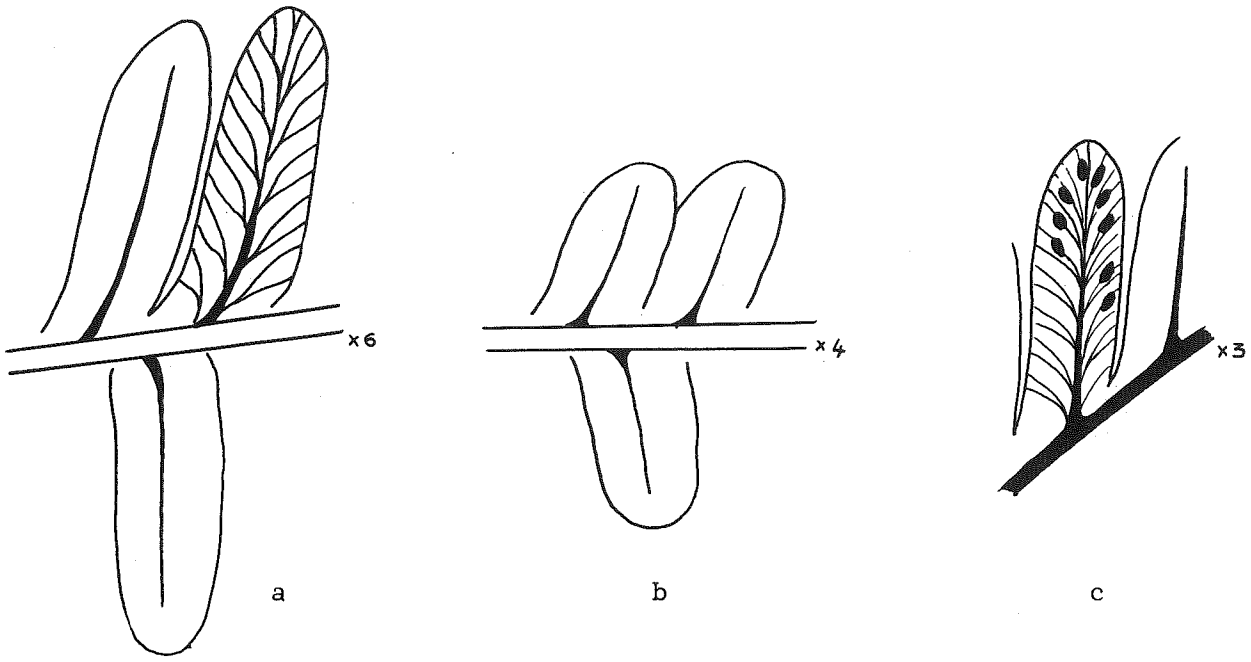


Figure 18 - Pecopteris Bucklandi *Brongniart* : a) pinnules moyennes et nervation, b) région terminale d'une penne, c) disposition des sporanges.

La *nervation* se marque très bien.

- les *nervures médianes*, nettement décurrentes sur le rachis, rectilignes suivant l'axe du limbe s'atténuent et se ramifient avant d'atteindre le bord libre de l'extrémité arrondie de la pinnule.
- le *système latéral* est très peu serré, formé de nervures secondaires très obliques qui sont rarement divisées plus d'une fois sur leur longueur ; les bifurcations se font sous des angles très aigus et près de la nervure médiane.

Les *rachis* de dernier ordre largement canaliculés soutiennent des pennes secondaires assez courtes dont les bords latéraux se rejoignent rapidement à l'extrémité formée par un élément limbaire de très petite taille.

Synonymie :

KIDSTON rapporte dans son ouvrage : "Fossil Flora of the carboniferous Rocks of Great Britain" une longue liste synonymique qu'il serait trop long d'étudier ici, mais qui, sachons-le, a donné lieu à de nombreuses discussions.

Rapports et différences.

On pourrait facilement confondre *P. Bucklandi* avec *P. Candollei* qui présente les mêmes caractères pinnulaires, mais chez *P. Candollei* la nervation latérale est moins oblique ; d'autre part les pinnules sont plus étalées le long du rachis. Il existe aussi certaines analogies entre *P. Bucklandi* et *P. saraefolia* mais la nervation très dense de ce dernier permet de l'écarter du *P. Bucklandi*.

Echantillons étudiés.

Les Béthoux : 4/N 22 : Toit de Grande Couche ; 9/N 23 : Filet du Mur de Grande Couche.

Sondage de Crouillonne : S. 630.

5e Pendage : 93/E 3 : niveau 12, Mur de Trois-Bancs.

4e Pendage : 3/A 15 : toit de banc au mur de Trois-Bancs.

Les Eperons : 7/A4 : toit de banc au mur de Trois-Bancs.
47/A2 toit de banc au mur de Trois-Bancs.

Les Rioux : 1/C 24 : filet au mur de Rolland.

Remarques sur les échantillons étudiés :

En 3/A 15, on trouve une forme à petites feuilles inclinées sous un angle très aigu sur le rachis-support, la nervation très peu marquée ne me permet pas de distinguer le mode de bifurcation des nervures latérales.

Une extrémité de penne de dernier ordre est très bien conservée sur la section d'une carotte du sondage S 93 : j'ai observé l'adhérence des bords latéraux à la base des pinnules sur un quart de leur longueur, la nervure médiane très saillante, nettement décurrente sur le rachis, finement striée et les nervures latérales formant 5 à 6 groupes de deux dans chaque moitié de pinnule.

Sur l'échantillon 1/C 24, un très beau fragment de fronde m'a montré trois pennes secondaires se dirigeant vers le rachis principal qui malheureusement n'a pas été conservé sur ce schiste ; les pennes secondaires portent ici des pennes tertiaires chargées de pinnules de petite taille se touchant bord à bord, inclinées sur le rachis et arrondies à leur extrémité. Les pennes de dernier ordre atteignent 20 à 25 mm de long et portent dix pinnules latéralement. Sur ce négatif, le rachis, écailleux, a un relief particulièrement saillant, la nervure médiane est fine, décurrente sur le rachis support et n'atteint pas l'extrémité du limbe, les nervures latérales très obliques et régulièrement bifurquées restent espacées les unes des autres (fig. 19).

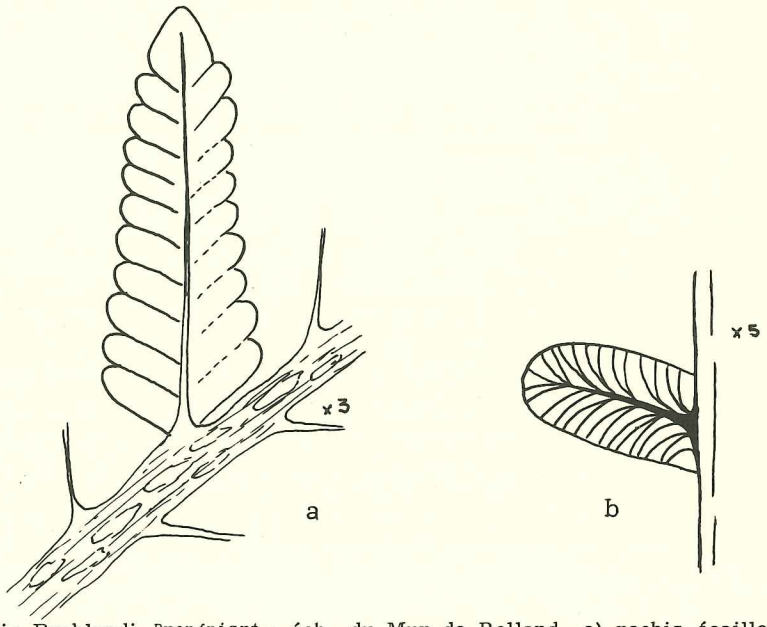


Figure 19 - Pecopteris Bucklandi *Brongniart* : éch. du Mur de Rolland, a) rachis écailleux, b) détail d'une pinnule de penne tertiaire.

L'échantillon de Crouillonne 4 porte une empreinte de feuille couverte de masses ovoïdes disposées sur les nervures latérales qu'il faut interpréter comme un amas de sporanges réguliers.

Il me semble vraisemblable que cette forme fructifiée appartienne au *Pecopteris Bucklandi* , bien que sa nervation soit indistincte et la décurrence de la base des pinnules du côté inférieur, caractéristique de cette espèce, reste pourtant assez nette.

Conclusion :

Cette espèce apparaît très particulière quand on réunit l'ensemble de ses caractères propres. Si dans la plupart des espèces pécoptéroïdes la disposition des éléments limbaires sur le rachis, des pennes de dernier ordre, des nervures médianes, des nervules latérales est en général orthogonale au support, j'ai remarqué au contraire, chez le *P. Bucklandi*, une tendance très nette à l'inclinaison ou à l'étirement de tous les éléments de la plante sur leurs supports.

Les rachis qui se bifurquent sous des angles très aigus portent des pennes insérées très obliquement. De même, les pinnules dressées ont une nervure médiane très décurrente qui donne naissance à un système nervuraire latéral très incliné par rapport à l'axe de symétrie de la pinnule.

Ainsi cette fronde prend un aspect moins rigide et cette tendance à l'obliquité lui confère un port plus gracieux.

4 - GROUPE DU PECOPTERIS MILTONI.

Ce groupe est caractérisé par des pinnules de petite taille, très largement adhérentes entre elles, constituant des pennes pinnatifides. Les pinnules dont le bord inférieur est parfois décurrent sur le rachis support possèdent une nervure médiane très nettement décurrente. Les espèces réunies dans ce groupe ont le même mode de fructifications appartenant au genre Asterotheca.

J'ai pu distinguer, parmi les échantillons du Bassin houiller de La Mure, un certain nombre d'espèces se rattachant à ce groupe. Ce sont successivement :

Pecopteris villosa BRONGNIART
Pecopteris micromiltoni P. BERTRAND
Pecopteris pinnatifida ZEILLER
Pecopteris Lamurensis HEER
Pecopteris oreopteridia SCHLOTHEIM.

Pecopteris villosa BRONGNIART
Fig. 20 et 21 - Pl. H

1828 - *Pecopteris villosa* Brongniart Hist. Végét. Foss., p. 316, Pl. CIV, fig. 3.

1925 - *Pecopteris villosa* Kidston Foss. Carbon. Rocks Great Britain, p. 574, fig. 78.

1951 - *Pecopteris villosa* Corsin Bassin houiller Sarre-Lorraine, p. 283, pl. CL.

Echantillons	B 161	Trois-Bancs Niveau 15	47/A2
l	3 mm	1,5 à 2 mm	2 mm
L	4 mm	2,5 à 3 mm	3,5 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules* de petite taille, de forme trapue, très courtes par rapport à la largeur, ont 3 à 5 mm de long et 2 à 3 mm de large, le rapport des dimensions est toujours supérieur à 1/2 (fig. 21). Contiguës et même adhérentes entre elles, leurs bords latéraux parallèles convergent à l'extrémité libre largement arrondie. Les pinnules très serrées sont à peine inclinées sur le rachis support.

Le *système nervuraire* n'est qu'en partie visible puisque masqué par la villosité du limbe. On peut distinguer, fig. 20 :

- la *nervure médiane* peu marquée et n'allant pas jusqu'à l'extrémité du limbe ; elle se détache un peu obliquement du rachis support, sans être décurrente ;

- les *nervures latérales* sont presque imperceptibles, on peut les deviner assez serrées et obliques sur la nervure médiane, divisées une seule fois sous un angle très aigu.

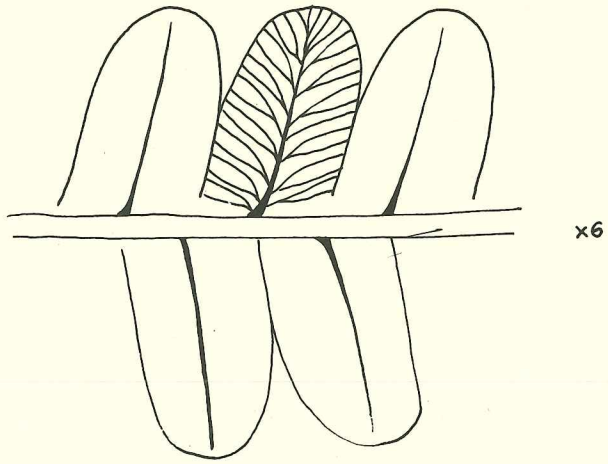


Figure 20 - Pecopteris villosa *Brongniart* : pinnules et nervation.

Les *rachis* de dernier ordre présentent sur la face supérieure une légère crête longitudinale ; de part et d'autre de ces rachis, dix à quinze pinnules se détachent formant les pennes de dernier ordre ; la pinnule terminale est très courte et trapue. Les rachis secondaires gardent les cicatrices d'épines ou de poils épineux qui ont laissé des ponctuations plus serrées et d'un assez grand diamètre. On suppose que les pennes primaires, longues et étroites, devaient être formées de pennes secondaires courtes insérées perpendiculairement sur le rachis principal d'une fronde au moins tripinnée.

Synonymie :

Les seuls échantillons figurés par BRONGNIART, puis KIDSTON forment la liste synonymique de *Pecopteris villosa.*

Rapports et différences :

La forme de ses pinnules rappelle beaucoup celle de *P. Miltoni*, mais leur grande taille et la non décurrence de la nervure principale de *Pecopteris villosa* permettent de le différencier.

Echantillons étudiés :

5e Pendage : mur de Trois-Bancs niveau 15.

4e Pendage : mur de Banc de mur niveau 15.

Eperons : S 96/E1 : Toit de Rolland - 47/A2 : toit d'un banc au mur de Trois Bancs niveau 15. 62/A2 mur de banc au mur de Trois-Bancs.

Devay : B/C 20 toit de Banc Repère.

Prunières-Aval : B 161. Mur de Banc de Mur.

Remarques sur les échantillons étudiés :

L'échantillon provenant du 5è Pendage montre des pinnules perpendiculaires au rachis, dont le limbe est couvert d'une fine ponctuation qui représente le reste d'une villosité originelle abondante. Les rachis sont larges et ornés (fig. 21 a).

Les restes de l'échantillon 47/A2 m'ont montré que le limbe des pinnules est très épais, il est ici presqu'ondulé, les nervures médianes assez épaisses sont soulignées par une ponctuation très nette (fig. 21 b).

Seules les pinnules d'un fragment de penne de dernier ordre de *P. villosa* récolté au niveau 15 dans le toit d'un banc du mur de Trois-Bancs du pendage Eperons m'ont permis de distinguer nettement le système nervuraire ; il correspond en tous points à celui décrit dans la diagnose de l'espèce.

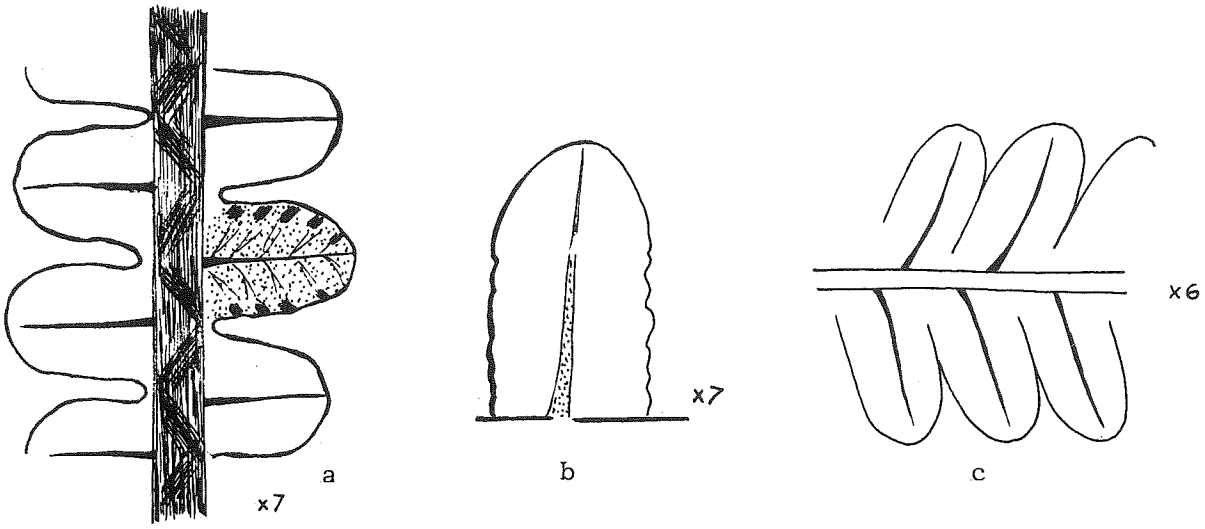


Figure 21 - Pecopteris villosa *Brongniart* : a) éch. du Mur de Trois Bancs (5ème Pendage), b) éch. du Mur de Trois Bancs, Eperons, c) pinnules adhérentes.

Conclusion :

De façon générale, cette espèce n'est pas propre à l'observation de sa structure, par suite de la villosité du limbe qui masque le système nervuraire dans sa plus grande partie. Malgré ça, j'ai pu remarquer que la forme des pinnules et leurs dimensions suffisent pour distinguer cette espèce de tout autre *Pecopteris* ; ainsi des fragments de fronde très réduits et normalement indéterminables peuvent l'être du fait de ces caractères tout à fait spécifiques.

Pecopteris micromiltoni P. BERTRAND
Fig. 22 a et b - Fig. 23 a et b - Pl. I

1951 - *Pecopteris micromiltoni* Corsin Bass. houill. Sarre-Lorraine, p. 298, pl. CLX, fig. 75.

Echantillon	4/N 22
l	1,5 mm
L	2 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{3}{4}$

Diagnose :

Les *pinnules*, petites, n'ont que 1,5 mm de largeur et 2 mm de longueur ; le rapport $\frac{l}{L}$ est donc supérieur à 1/2 ; elles sont adhérentes entre elles, à base décurrente sur le bord inférieur et légèrement contracté sur le bord supérieur. Le limbe entier, à extrémité libre très arrondie, donne à la pinnule une forme presqu'exactement semi-circulaire, malgré leur position inclinée sur le rachis-support (fig. 22 a et b).

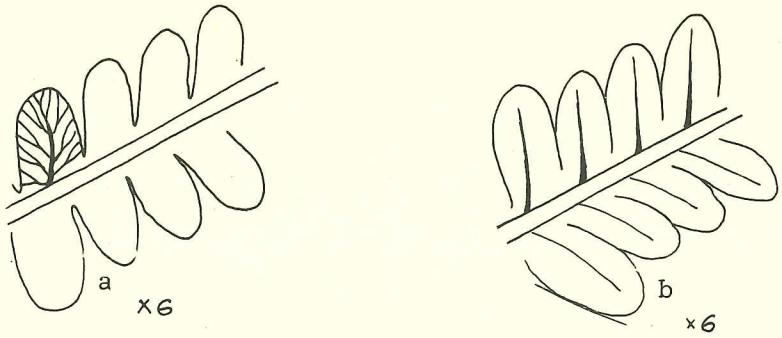


Figure 22 - Pecopteris micromiltoni *Bertrand* : a) et b) disposition et forme des pinnules.

La *nervation* est très peu marquée, cependant il est possible de distinguer :

- la *nervure médiane* assez nette dans la partie basale de chaque pinnule, où elle est décurrente sur le rachis support ;
- les *nervures latérales*, très obliques par rapport à la nervure médiane et aux bords du limbe ; elles sont peu serrées, en général rectilignes, simples ou une fois bifurquées. La nervure principale n'étant pas toujours très visible, le système nervuraire latéral semble former un faisceau partant en éventail depuis la base de chaque pinnule.

Les *rachis* de dernier ordre sont nettement représentés sur la face supérieure, par une étroite et profonde dépression située entre les pinnules des pennes de dernier ordre qui sont longues et étroites. Les bords latéraux des pennes de dernier ordre sont parallèles et convergent progressivement vers une pinnule terminale de grande taille.

Les fragments de pennes fructifiées portent des synanges de très petite taille au nombre de six à huit par pinnule : ce sont des Asterotheca.

Rapports et différences :

Le caractère très particulier que donne à *Pecopteris micromiltoni* la petite taille de ses pinnules ne permet pas de le confondre avec d'autres espèces pourtant très voisines de celle-ci par leur mode de nervation.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 4/N 22 : toit de Grande Couche, niveau 12, pl. 29.

Sondage de Crouillonne 4 : à 361,40 m - à 361,60 m.

Sondage de Cognet n° 2 : à 506 m.

Remarques sur les échantillons :

Il est regrettable que l'ensemble des échantillons récoltés dans les niveaux cités n'apporte que des renseignements très fragmentaires étant donné les petites portions de pennes qu'ils offrent à l'étude et à l'observation.

Le fragment de penne de dernier ordre observable sur l'échantillon provenant des Béthoux montre particulièrement bien la nervation : elle est conforme à la diagnose et j'ai pu la schématiser (fig. 23 a et b).

Ces divers fragments ne permettent pas de reconstituer la fronde originelle hypothétique, mais il faut supposer que, vu les dimensions et la régularité de forme des pinnules dans les différentes parties d'une penne, la fronde devait présenter une grande envergure.

Conclusion :

Le faible développement du limbe des pinnules de cette espèce laisserait supposer que *Pecopteris micromiltoni* représente une forme jeune qui n'aurait pas atteint sa taille définitive. Mais la découverte de pennes fructifiées appartenant à cette espèce montre qu'il s'agit bien de "stades adultes" et la valeur de l'espèce *micromiltoni* ne peut être contestée.

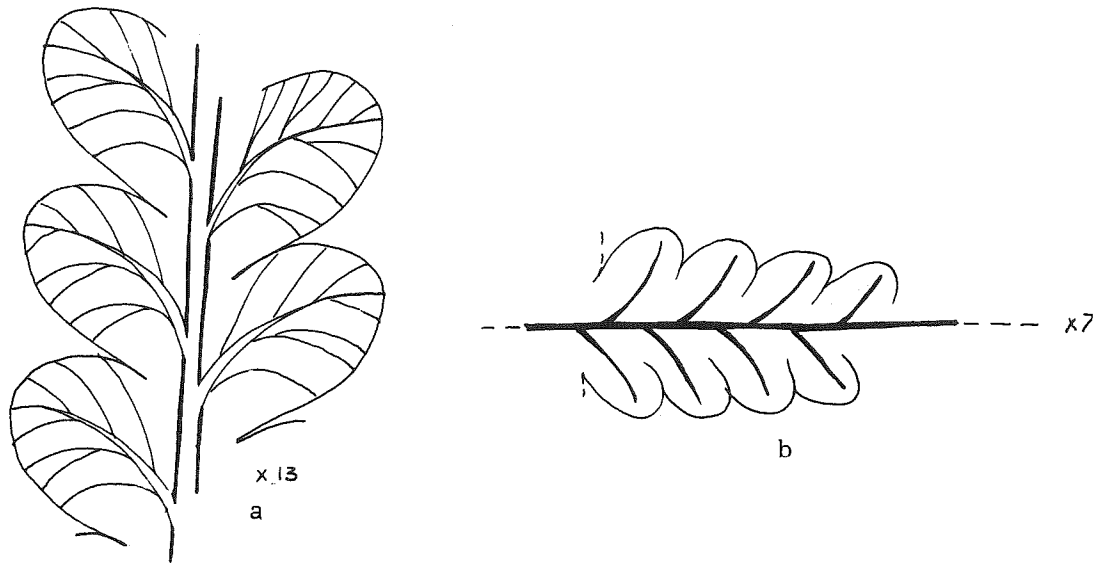


Figure 23 - Pecopteris micromiltoni *Bertrand* : a) et b) détails d'un échantillon du Toit de Grande Couche des Béthoux.

Pecopteris pinnatifida GUTBIER (sp.)
Fig. 24 a et b - Fig. 25 - Pl. J

1835 - *Neuropteris pinnatifida* Gutbier, Abdr. U. Verst. d. Zwick schwarzkohl., p. 61, pl. VIII, fig. 1-3. Verst. d. Rothlieg in Sechs, p. 13, pl. V, fig. 1-4.

1892 - *Pecopteris pinnatifida* Zeiller, Flore foss. Bassin Brive, Pl. VI, fig. 1-2.

Pecopteri integra Potonié, Der Flora des Rothliegenden von Thuringen, p. 89-91.

1951 - *Pecopteris Waltoni* P. Corsin, Flore foss. Bass. houiller de Sarre-Lorraine, dasc. 4, p. 301, fig. 76, pl. CLXI.

Echantillons	50/A 19	50/A 19	S 244
l	2,5 mm	4 mm	5 mm
L	4,5 mm	8 mm	10 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Diagnose :

Les *pinnules* de la base d'une penne sont de petite taille, leurs dimensions varient entre 2 à 6 mm de largeur et 4 à 5 mm de longueur, le rapport $\frac{l}{L}$ restant sensiblement voisin de 1/2. Plus ou moins inclinées sur le rachis support, ces pinnules sont adhérentes entre elles, et décurrentes, le bord supérieur peut parfois se contracter tandis que le bord inférieur est très peu décurrent ; leur extrémité libre est largement arrondie (fig. 24 b).

Les pinnules de la région supérieure des pennes sont de grande taille et résultant en réalité de la coalescence des petites pinnules de la base ; elles correspondent à des pennes de dernier ordre, malgré leurs grandes dimensions, le rapport $\frac{l}{L}$ reste voisin de 1/2 car la longueur peut atteindre 8 à 10 mm et la largeur 4 mm en général. Le limbe a des bords latéraux ondulés et parfois

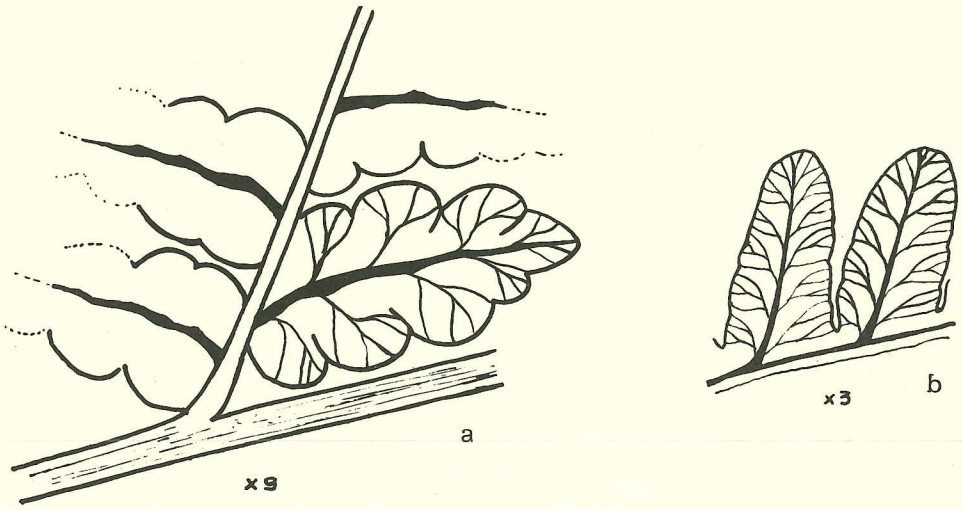


Figure 24 - Pecopteris pinnatifida *Gutbier* sp : a) pinnules et nervation, b) pinnules sub-terminales.

même lobés ; ils sont légèrement contractés à leur base au niveau de l'insertion de la pinnule sur le rachis-support, leur extrémité libre dessine une ogive. Sensiblement perpendiculaires au rachis, ces pinnules sont assez voisines les unes des autres sans être contiguës.

La *nervation*, bien nette, est différente suivant les pinnules considérées.

- Les pinnules de petite taille ont une *nervure médiane* bien marquée, faiblement décurrente, des *nervures latérales fortes*, obliques, simples ou une fois divisées.
- Les pinnules de l'extrémité des pennes sont pourvues d'une *nervure principale* plus forte et bien nette jusqu'à l'extrémité du limbe, de *nervures latérales espacées* et divisées en un ensemble nervuraire qui dessine un éventail dans chaque lobe du limbe.

Les *rachis* des pennes de dernier ordre sont assez étroits et plats dans la partie supérieure de la fronde ; les rachis d'avant-dernier ordre sont larges et présentent une striation longitudinale irrégulière où des traces de ponctuation étirées dans le sens de la longueur.

Rapports et différences :

L'espèce *Waltoni* créée par P. CORSIN, est identique à *Pecopteris pinnatifida* que ZEILLER a décrit dans la flore fossile du Bassin houiller de Brive. POTONIE considère comme synonyme les *P. pinnatifida* et *P. integra* ; mais, alors que chez *P. integra* la forme des pinnules ne varie guère le long d'une même penne, chez *P. pinnatifida* apparaît un véritable polymorphisme : il n'est donc pas possible d'identifier les deux espèces.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 41/N 27 toit de Trois-Bancs.

4e et 5e Pendage : 50/A 19 - toit de banc de mur à 10 m du charbon dans un grès schisteux.

Eperons : S 244 : toit du banc de toit niveau 14. Toit de la couche du mur de Trois-Bancs.

Les Rioux : Ech. 77 : Toit de Rolland en plein terrain.

Remarques sur les échantillons étudiés :

L'échantillon des Rioux porte un fragment de penne d'avant dernier ordre, certainement secondaire, car il montre la disposition caractéristique de ce niveau de la fronde, à savoir des pennes obliques sur le rachis support. Ces pennes de dernier ordre sont assez allongées, le rapport $\frac{l}{L}$ est égal à 1/4, la longueur étant de 12 mm en moyenne et la largeur de 4 mm. J'ai remarqué aussi sur cette empreinte le réseau nervuraire très lâche (fig. 25).

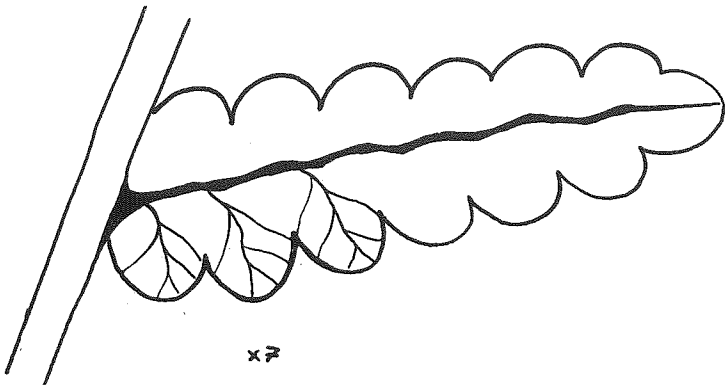


Figure 25 - Pecopteris pinnatifida *Gutbier* sp : pinnule d'un échantillon provenant des Rioux.

Par contre, l'empreinte des Béthoux 41/N 27 me semble se rapporter à une extrémité de fronde par suite de ses pinnules de grande taille, allongées, à bords latéraux ondulés.

Un cas intermédiaire entre les deux précédents est fourni par les pinnules à lobes accusés telles que j'ai pu les observer sur l'échantillon 50/A 19 figuré, fig. 24 a.

Conclusion :

La réalité de cette espèce a été très souvent controversée puisqu'on a pensé en faire successivement un *Neuropteris*, puis un *Sphenopteris*, du fait de ses affinités avec ces genres. De plus, ses fructifications ont donné lieu à des discussions non moins passionnées : après les avoir considérées comme des *Asterotheca*, ZEILLER a montré dans la flore fossile du Bassin houiller et permien de Brive, qu'elles sont en effet comparables au genre *Crossotheca* ; mais jusqu'à la découverte d'échantillons fructifiés très bien conservés qui permettraient une étude de détail précise des fructifications de cette espèce, il n'est pas possible d'assurer à quel genre on doit rapporter les fructifications. J'ai donc maintenu l'espèce pinnatifide dans le groupe du *Pecopteris Miltoni* du fait des pinnules caractéristiques de ce groupe par leur petite taille et leur adhérence entre elles.

Pecopteris lamurensis HEER (sp.)
Fig. 26, 27, 28 et 29. Pl. K

1872 - *Pecopteris Lamuriana* Heer, Monde primitif de la Suisse, p. 15, fig. 12.

1876 - *Alethopteris Lamuriana* Heer, Flora fossilis Helvetiae, p. 32, Pl. 12, fig. 6-7.

1924 - *Asterotheca Lamuriana* Kidston, Fossil Plants Carbon. Rocks of Great Britain, p. 532, pl. CXXVI, fig. 1-2.

1951 - *Pecopteris Lamurensis* P. Corsin, Flore Sarre-Lorraine, 4e fasc., Pecoptéridées p. 312,
Pl. CLXXXVI
Pl. CLXXXVII
Pl. CLXXXVIII.

Echantillons	7/C 22		P 8 bis 0		Mur Couche Henriette		38/A 2
l	2,5 mm	3 mm	2 mm	2,5 mm	2 mm	2,5 mm	2 mm
L	5 mm	8 mm	8 mm	12 mm	4 mm	6 mm	5 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$

Diagnose :

La longueur des *pinnules* de très grande taille varie entre 4 et 16 mm, la largeur entre 2 et 3 mm, le rapport des dimensions n'est pas constant et prend des valeurs allant de 1/2 à 1/4. Dans la région moyenne d'une penne, les pinnules ont un limbe à bords latéraux largement ondulés, leur extrémité libre est en forme d'ogive ; un peu inclinées sur le rachis-support auquel elles sont attachées, les pinnules sont très peu adhérentes entre elles, leur bord supérieur est légèrement con-

tracté à la base tandis que le bord inférieur se montre décurrent. "En général rétrécies et aiguës à l'extrémité libre, elles sont découpées avec des lobes tout à fait émoussés et arrondis. Chez la plupart des pinnules, les échancrures sont superficielles et dans le tiers supérieur elles sont seulement crénelées ou tout à fait entières..." Telle est la description que donne HEER des pinnules de cette espèce (fig. 26).

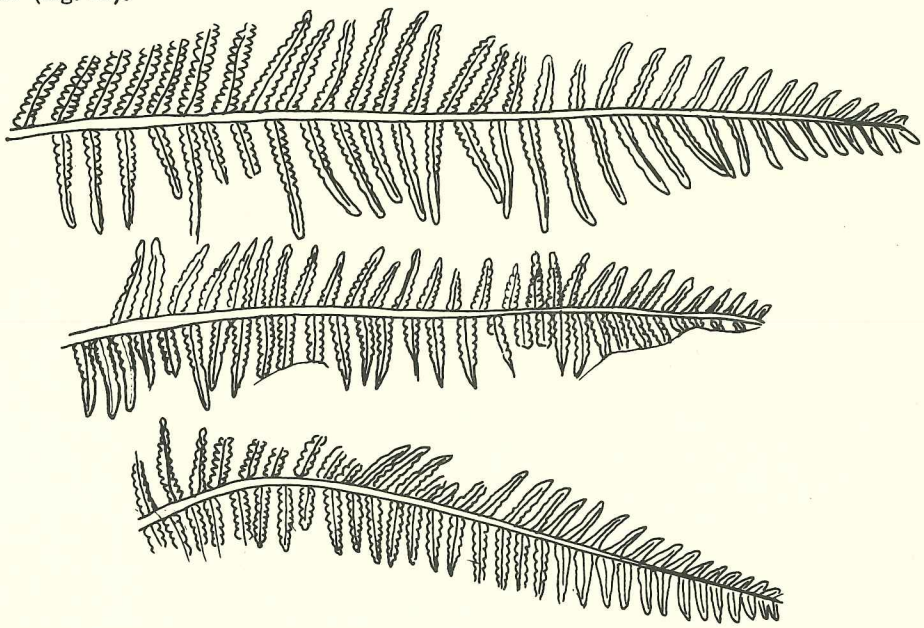


Figure 26 - Pecopteris lamurensis *Heer* : fragments de pennes de dernier ordre.

Dans la partie supérieure de la fronde, les pinnules sont plus courtes et en partie à bords continus : le limbe est donc entier, leur extrémité libre a une forme arrondie ou parfois plus ou moins ovale.

La *nervation*, bien marquée, est en général assez fine :

- la *nervure principale*, un peu décurrente au départ est large, épaisse et plus ou moins striée longitudinalement ; elle s'amincit peu à peu et se prolonge jusqu'à l'extrémité du limbe.
- les *nervures secondaires* se détachent très obliquement de la nervure médiane, puis s'incurvent de telle façon qu'elles sont bien moins inclinées sur le bord du limbe. Une seule nervure latérale peut se ramifier successivement deux ou trois fois de manière dichotomique formant un faisceau de nervules à l'intérieur de chaque lobe ou de chaque ondulation. On peut considérer chacun de ces lobes comme une pinnule dont la nervure principale serait la nervure latérale primitive et les nervures secondaires : le réseau des nervules.

Les *rachis* de dernier ordre sont larges et saillants sur la face inférieure, très finement striés longitudinalement ils sont hérissés de petites épines.

Les pennes de dernier ordre, constituées par les éléments précédemment décrits, sont longues de 12 cm et larges de 4 cm en général ; disposées obliquement sur le rachis support, elles ont une forme lancéolée qui est due à la convergence lente des bords latéraux formant une pointe longue et effilée, soulignée par une pinnule terminale de petite taille, étroite et allongée.

Les rachis d'avant-dernier ordre, très larges (1 cm à 1,5 cm) sont munis de ponctuations plus ou moins étirées, représentant la cicatrice d'appendices spiniformes qui devaient recouvrir le rachis.

Une fronde complète devait atteindre 4 à 5 m de long et 2 m de large à la base. Allégée par les multiples ramifications des rachis et les découpures des pinnules, son port en était d'autant plus gracieux. La feuille était donc au moins tripinnée, parfois même quadripinnatifide. La structure de la cuticule du limbe, dans certains cas bien conservée, montre un réseau polygonal très fin et régulier.

Les sporanges de grosse taille, placés par groupe de cinq en position rayonnante dans un synange représentent des fructifications du genre *Asterotheca*.

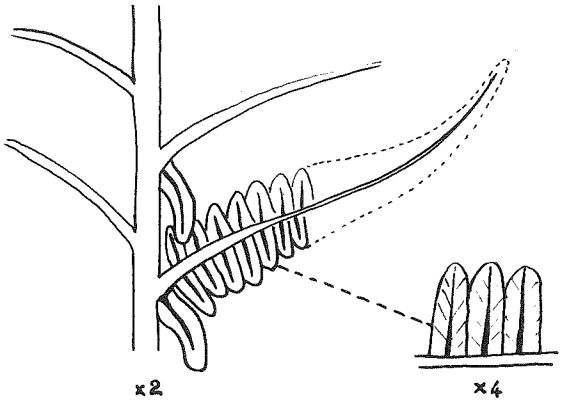


Figure 27 - Pecopteris lamurensis *Heer* : détail d'un échantillon du mur de Grande Couche, 5ème pendage .

Synonymie.

Une liste synonymique complète de cette espèce est donnée par KIDSTON dans "Fossil Plants of Carboniferous Rocks of Great Britain", elle fournit les diverses analogies de cette espèce.

Rapports et différences.

Pecopteris Lamurensis offre certaines affinités avec *Pecopteris Volkmanni Sauveur* ; ce sont surtout les dimensions peu ordinaires des pinnules qui permettent de faire un rapprochement entre ces deux espèces. Mais *Pecopteris Lamurensis* a, de plus, des pinnules beaucoup moins serrées possédant des caractères spécifiques propres : les pinnules rétrécies vers l'extrémité sont ovales et à nervation lâche, s'opposant ainsi à celles de *Pecopteris Volkmanni* plus massives, dont l'extrémité libre est largement arrondie et l'appareil nervuraire bien plus dense. La similitude apparente de ces deux espèces a été parfois à l'origine de désignations différentes de certains échantillons, entraînant des anomalies dans le mode de répartition. Des empreintes de *P. Volkmanni* prenaient ainsi le nom de *P. Lamurensis* ; or, les aires de répartition de ces deux espèces sont différentes : si *P. Volkmanni* est spécifiquement Westphalien B (assise d'Anzin, du Bassin houiller franco-belge), on sait par contre que *P. Lamurensis* est très abondant à la base du Stéphanien A. Une confusion de ces deux espèces peut aboutir à de regrettables erreurs.

Echantillons étudiés.

Les Béthoux : 6/N 23. Mur de Rolland. 4/N 22, toit de Grande Couche.

Saint-Arey : 25/C 21 à 1434 m toit d'un filet de 20 cm.

Devay : 1/C 20 toit de banc au mur de Trois-Bancs. 7/C 22 toit de Banc du toit.

5e Pendage : Mur de banc au mur de Trois-Bancs. P 8 bis 0 mur de Grande Couche.

Synclinal 4e et 5e Pendages : 2/A 3 mur de Grande Couche. 50/19 toit de banc de mur - mur de banc de mur.

Eperons : 54/A 2 : mur de Trois-Bancs. 46/A 2 mur de Trois-Bancs. 40/A 2 mur de banc du mur d'Henriette. S 98/E 4 : toit de banc de toit. S 96/E 6 toit de Rolland.

Bois Freynet : 24/Ao Toit du banc au mur de Trois-Bancs. 20/Ao Mur d'un filet à 20 m du mur de Trois-Bancs.

Villaret : 14/Ao Toit de banc au mur de Trois Bancs. 15/Ao Mur de banc au mur de Trois Bancs.

Sondage de Cognet n° 2 : à 490, 7 m.

Sondage de Crouillonne 4 : S/630 à 343 m - à 361, 4 m - à 361, 80 m - à 366, 8 m.

Remarques sur les échantillons étudiés :

Relativement de petite taille, à bords latéraux ondulés sur le tiers inférieur du limbe, les pinnules que porte l'échantillon 7/C 22 montrent qu'il s'agit probablement de la partie supérieure d'une penne de dernier ordre. Elles sont à disposition alterne à la base et peu à peu opposée à la partie supérieure ; ce caractère ne peut être considéré comme un critère valable de reconnaissance :

je l'interprête comme étant le résultat d'une déformation locale survenue au cours des phénomènes de fossilisation. J'ai observé sur cet échantillon que le limbe des pinnules, ondulé ou gaufré, présente des échancrures paraissant chacune retenue par l'extrémité des nervures secondaires extérieures de chaque faisceau.

L'échantillon 38/A 2 permet d'observer des pinnules de la base d'une penne de dernier ordre dont le bord du limbe est régulièrement lobé sur les deux tiers inférieurs, l'extrémité libre étant formée par la convergence des bords latéraux entiers et continus du tiers supérieur. La nervation des pinnules est particulièrement bien marquée, aussi j'ai pu la figurer (fig. 28).

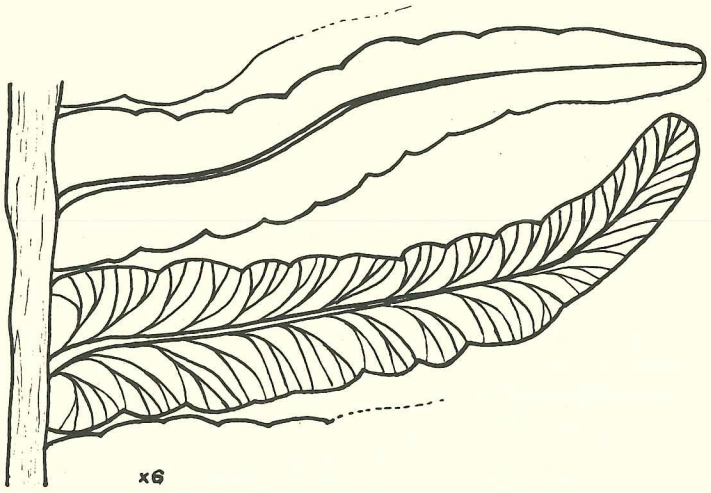


Figure 28 - Pecopteris lamurensis *Heer* : détails des nervures des pinnules d'un échantillon du mur d'Henriette Eperons, 38/A2.

Les pinnules de l'empreinte 15/Ao ont un port spécialement élancé ; chacune est très effilée du fait que sa longueur peut atteindre 16 mm, tandis que sa largeur ne dépasse pas 5 mm ; le rapport $\frac{l}{L}$ est ici voisin de 1/5 ; l'extrémité libre de ces pinnules est longue et pointue.

J'ai pu remarquer, sur la partie supérieure d'une penne d'ordre trois, portée par l'échantillon 38/A 2, les ornementations caractéristiques du rachis support : des traces d'insertion d'épines formant des ponctuations cicatricielles au niveau de la base de chaque pinnule.

Sur la partie terminale d'une penne d'ordre deux, que présente l'échantillon 25/C 21, il m'a été possible d'observer tous les termes de passage de la forme du limbe ; ainsi j'ai pu figurer (fig. 29), des limbes à bords latéraux entiers, ondulés, lobés et contractés.

L'échantillon de grande taille 50/A 13 qui a été récolté dans la charnière du synclinal 4e et 5e Pendages au toit du banc de mur nous donne une idée de l'ampleur d'une fronde de *P. Lamurensis* et aussi de la finesse des découpures du feuillage de cette espèce. Nous voyons ici la largeur, inhabituelle pour une Pécoptéridée, du rachis d'avant-dernier ordre, il mesure de 15 à 20 mm de large ; ceux de dernier ordre atteignent, eux aussi, des dimensions exceptionnelles, ayant 3 à 5 mm de large : ces rachis avaient donc un important rôle de soutien dans cette fronde de grande envergure. J'ai pu étudier en détail leur ornementation dont les dépressions lenticulaires relativement rapprochées laissent supposer que le rachis de *P. lamurensis* était hérissé de belles épines.

Conclusion :

La description de *P. lamurensis* met en relief l'ensemble des caractères tout à fait particuliers à cette espèce. Les échantillons étudiés dans ce travail proviennent des mêmes niveaux que ceux qui ont fourni les empreintes à partir desquelles HEER a décrit l'espèce. Puisque le *Pecopteris lamurensis* est aujourd'hui redécrit dans son gisement d'origine, le Bassin houiller de La Mure, il faut rappeler que HEER, dès 1872, avait reconnu en cette espèce un type spécial qu'il définissait ainsi : "C'est une belle espèce qui se trouve fréquemment à La Mure et qui se distingue par ses pinnes d'une longueur peu communes et délicatement découpées"...

Depuis l'époque où HEER a mis en lumière toutes les particularités de l'espèce lamurienne, elle a été récoltée très abondamment dans les niveaux et chaque échantillon se révèle comme une confirmation de la diagnose du célèbre paléobotaniste.

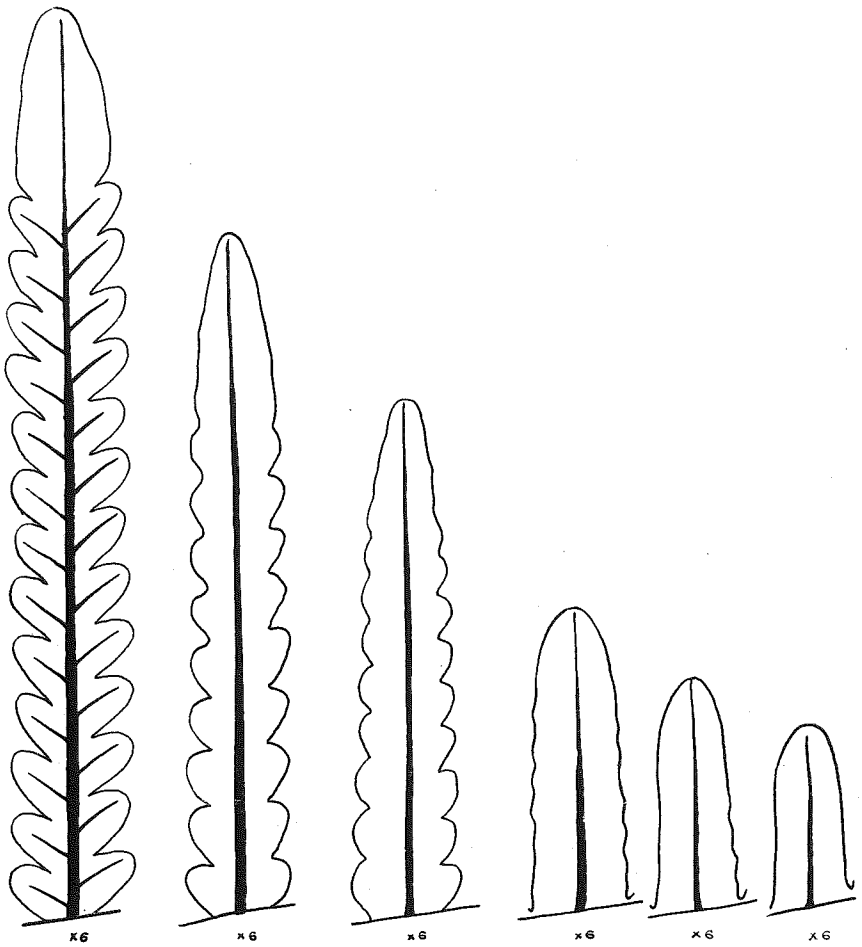


Figure 29 - Pecopteris lamurensis *Heer* : modes de découpure du limbe.

Pecopteris (Asterotheca) oreopteridia SCHLOTHEIM (sp).
Fig. 30 a et b - Fig. 31 - Fig. 32 - Pl. L

1804 - Schlotheim, Flora der Worwelt, pl. VI, fig. 9.

1820 - *Filicites oreopteridius* Schlotheim, Petrefactenkunde p. 407.

1826 - *Pecopteris oreopteridis* Sternberg Ess. Fl. monde pim. I, fasc. 4, p. XIX. Lesquereux, Coal Flore, p. 238, pl. XLI, fig. 8.

1828 - *Pecopteris oreopteridius* Brongniart, Prodr. p. 56.

1834 - *Pecopteris oreopteridia* Brongniart, Hist. Végét. foss., pl. 104, fig. 2, I. Zeiller, B. S. G. F., 3e s., XIII, p. 138.

1836 - *Gatheites oreopteridis* Goeppert Syst. Fil. foss., p. 323.

1838 - *Alethopteris oreopteridis* Presl. in Sternberg, Ess. Fl. mondi. prim. II, fasc. 7-8, p. 145.

1855 - *Gatheites oreopteroides* Geinitz, Werst. d. Steink. in Sechs, p. 25, pl. XXVIII, fig. 14.

1906 - *Pecopteris oreopteridia* Zeiller, Flore bass. houil. Blanzy, et Creusot, p. 39.

1842 - *Pecopteris oreopteridia* Zeiller, Flore foss. Bassin houiller permien de Brive, fasc. II, p. 17.

Echantillons	7/A 4	B 161	P/9 niv. 14
l	3 mm	1, 5 mm	3 mm
L	4 mm	2 mm	5 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules* , de petite taille, longues de 2 à 8 mm, larges de 1, 5 à 3 mm, sont en général une fois et demie à trois fois plus longues que larges. Elles sont attachées par toute leur base au rachis support, les bords latéraux restent presque parallèles, très légèrement convergents, et l'extrémité libre s'arrondit au sommet. Les pinnules se disposent de façon alterne le long du rachis, souvent elles se soudent légèrement entre elles ; parfois contiguës ou un peu élargies à la base, elles sont faiblement décurrentes du côté inférieur (fig. 30 a et 30 b).

La *nervation* est assez nette :

- la *nervure médiane*, bien marquée, n'est pas décurrente ou faiblement décurrente à la base, puis droite et visible jusqu'au sommet des pinnules.
- les *nervures latérales*, assez espacées, naissant sous des angles plus ou moins ouverts, sont une fois dichotomes près de la nervure médiane ; les deux branches issues de cette bifurcation sont généralement simples, mais la branche supérieure peut être à son tour bifurquée.

Les *rachis* lisses, sans ornementation particulière, peuvent être très larges : certains rachis primaires dépassent même 3 cm de largeur et les rachis secondaires 3 à 8 mm.

A l'extrémité des frondes, les pinnules de pennes secondaires se soudent peu à peu et l'ensemble devient pinnatifide (fig. 31).

Les pennes secondaires alternes s'espacent légèrement les unes des autres, leurs contours linéaires, lancéolés, sont dus à un rétrécissement sommital en une pointe obtuse ou obtusément

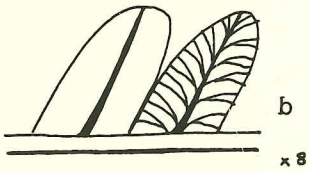


Figure 30 - Pecopteris oreopteridia *Schlotheim* a) et b) pinnules et nervation.

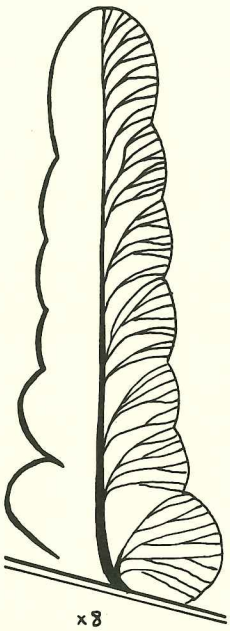


Figure 31 - Pecopteris oreopteridia *Schlotheim* : penne secondaire pinnatifide.

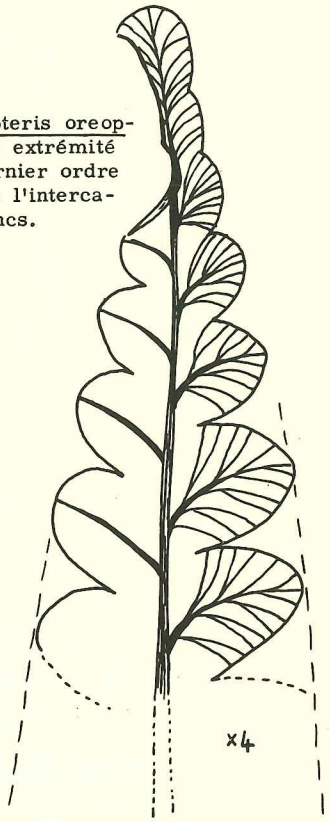


Figure 32 - Pecopteris oreopteridia *Schlotheim* : extrémité d'une penne de dernier ordre d'un échantillon de l'intercalaire de Trois Bancs.

aiguë. Elles sont en général longues de 2 à 10 cm sur 6 à 15 mm de largeur, suivant la région de la fronde considérée.

Les frondes de très grande taille seraient au moins tripinnées ou parfois même quadripinnées à leur base.

Les fructifications sont des sporanges ovoïdes groupés par 4 ou par 5 en synanges présentant tous les caractères du genre Asterotheca.

Synonymie.

La liste synonymique de cette espèce montre qu'un très grand nombre d'échantillons ont été décrits sous des noms différents avant que l'on puisse établir définitivement le type *oreopteridia*.

Rapports et différences.

Le *Pecopteris oreopteridia* offre d'étroites analogies avec le *Pecopteris Platoni*, ce dernier s'en distinguant toutefois par ses pinnules de grande taille, plus espacées les unes des autres et bien plus étroites. Quand ces deux espèces se présentent l'une et l'autre avec des pennes garnies seulement de petites pinnules, elles peuvent être facilement confondues.

Le *Pecopteris polymorpha* a aussi quelque ressemblance avec le *Pecopteris oreopteridia*, pourtant il en diffère par ses nervures secondaires deux fois bifurquées.

Echantillons étudiés.

Les Béthoux: Toit de Grande Couche.

5e Pendage : Pl. 3, niv. 14 : Mur de Trois-Bancs.

Eperons : 7/A 4 : intercalaire de Trois-Bancs.

Les Rioux: 7/C 22 : niv. 12 à 20 m au Mur de Rolland.

Villaret : 15/Ao Mur de banc au Mur de Trois-Bancs.

Prunières : 3/C 20 Toit de banc au mur de Trois-Bancs. B 161 Mur de Banc de Mur.

Remarques sur les échantillons étudiés :

Les empreintes récoltées dans les niveaux du 5e Pendage, cités précédemment, représentent des fragments de pennes de dernier ordre.

Sur l'échantillon 7/A 4, les caractères de l'espèce sont particulièrement bien reconnaissables ; il s'agit probablement d'une extrémité de penne de dernier ordre ou de la partie terminale d'une penne de deuxième ordre placée à la base de la fronde. J'ai pu observer la soudure progressive des pinnules donnant à cette penne une allure pinnatifide bien nette. Cette penne a 32 mm de long sur 8 mm de large ; elle correspond donc vraisemblablement à une penne secondaire portant 9 pinnules distinctes. La nervation des pinnules est très bien conservée et se prête admirablement à une étude de détail : la nervure médiane est ici décurrente à la base, le système de nervures latérales est régulier, formé par les branches espacées et fines des nervures secondaires ; celles-ci sont très obliques par rapport à la nervure principale mais sensiblement perpendiculaire aux bords du limbe (fig. 32).

Conclusion :

Les frondes de cette espèce devaient atteindre une taille considérable aussi j'en conclus qu'à la base elles étaient quadripinnatifides ou même quadripinnées.

Il n'a pas été recueilli d'échantillons fertiles, toutefois les empreintes stériles que j'ai eues à étudier présentent un intérêt particulier car elles montrent comment, à l'extrémité des pennes primaires de *P. oreopteridia* les pinnules se soudent graduellement les unes les autres pour donner des pennes secondaires pinnatifides, puis tout à fait entières.

5 - GROUPE DU PECOPTERIS POLYMORPHA.

Les espèces polymorpha et pseudobucklandi sont les seules représentantes du *groupe* de Pecopteris polymorpha dans le Bassin houiller de La Mure.

Ce groupe est caractérisé par ses pinnules ordinairement de grande taille, plus ou moins nettement rétrécies à la base, elles ont un aspect de *Neuropteris*. Je qualifierai donc leur port de "neuropteroïde". La nervation latérale, plusieurs fois dichotome, est sub parallèle et très serrée.

Pecopteris polymorpha BRONGNIART

Fig. 33 - Fig. 34 a, b, c - Fig. 35 - Pl. M

1834 - *Pecopteris polymorpha* Brongniart, Hist. Végét. Foss. I, p. 331.

1834 - *Pecopteris Miltoni* Brongniart (*non Artis sp.*) Hist. Végét. foss., I, p. 333.

1876 - *Cyatheites Miltoni* Heer, Fl. foss. Helvet., p. 28, pl. VIII, fig. 5.

1879 - *Aritheca polymorpha* Schimper Handl. Paläeont. p. 91, fig. 66.

1883 - *Scolecopteris polymorpha* Zeiller, Fl. foss. B. Valenciennes p. 39, fig. 25 B.

1883 - *Hawlea Bosquetensis* Stur, Zur Morph. u Syst. d. u. Carb. Farne, p. 54. Carbon. Flora I, p. III.

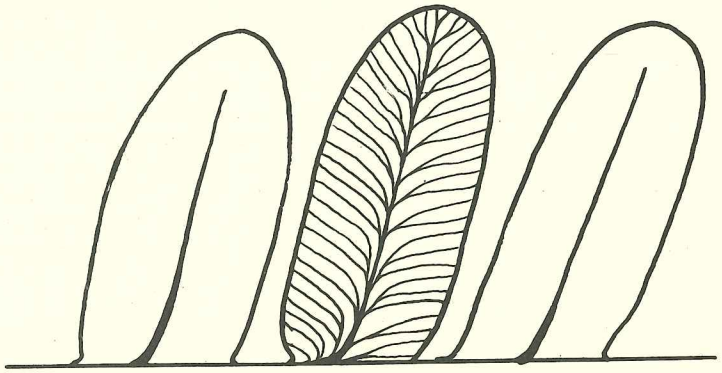
1924 - *Acitheca polymorpha* Kidston, Fossil Plants Carb. Rocks Great Britain, p. 539, fig. 1-4, pl. CXXIX.

1951 - *Pecopteris polymorpha* Corsin Bas. Sarre Lorraine, p. 319, pl. CLXVIII.

Echantillons	38/A 2	S 607-57	Aoo	46/A 2
l	4 mm	4 mm	4 mm	3 mm
L	10 mm	7 mm	8 mm	6 à 7 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Diangose :

Les *pinnules* de grande taille à surface bombée sont une fois et demie à trois fois plus longues que larges ; les dimensions d'une pinnule de la région moyenne d'une penne sont de 3 à 4 mm pour la largeur et de 8 à 12 mm pour la longueur. Disposées obliquement par rapport au rachis, elles ont les bords parallèles mais non contigus, leur extrémité libre est largement arrondie. Les pinnules les plus grandes sont contractées à leur base en avant et en arrière, les plus petites attachées par toute leur base se soudent les unes aux autres (fig. 33).



x6

Figure 33 - Pecopteris polymorpha *Brongniart* : détails du réseau nervuraire.

La *nervation*, en général nette, comprend :

- la *nervure médiane* bien marquée, assez forte au fond d'une dépression longitudinale dans le limbe, très bombé. Elle ne s'étend pas jusqu'à l'extrémité du limbe et reste peu décurrente à la base ;
- les *nervures latérales* naissent de la nervure médiane sous des angles assez ouverts, se bifurquent à très peu de distance de leur base en deux branches habituellement dichotomes. Simples sur les petites pinnules, elles se divisent par contre sur les grandes : elles s'infléchissent brusquement après leurs ramifications pour former un système de nervules très serrées, parallèles entre elles sur une grande longueur, et qui arrivent sensiblement perpendiculaires au bord du limbe.

Les *rachis*, lisses ou marqués seulement par quelques stries longitudinales très espacées, sont en général assez larges.

Les pennes secondaires à contour linéaire, lancéolé, sont rétrécies au sommet en une pointe obtuse. Inclinées sur le rachis support elles sont disposées bord à bord à leur base et se terminent par une pinnule de très petite taille.

Les fructifications, disposées sous chaque pinnule fertile en deux séries parallèles de part et d'autre de la nervure médiane, sont du type Acitheca.

Synonymie.

Les échantillons de *Pecopteris Miltoni* figurés par BRONGNIART en 1834 et désignés par STUR sous le nom de *Hawlea Bosquetensis* ont été examinés par ZEILLER qui les a fait entrer en synonymie avec *Pecopteris polymorpha* dont ils représentent des portions provenant de la région inférieure de la fronde, cette identification ne semble donc pas contestable.

Rapports et différences.

Par ses pinnules contractées à leur base, *Pecopteris polymorpha* ressemble au *Pecopteris densifolia* dont il diffère par ses nervures secondaires qui, étant plus divisées, sont très fines et très serrées. Il présente aussi quelques analogies avec le *Pecopteris macronervosa* de P. CORSIN, mais ce dernier possède une nervation irrégulière qui permet de distinguer facilement les deux espèces. Les parties voisines du sommet de la fronde de *P. polymorpha* sont parfois très semblables à celles de *P. oreopteridia* mais si on observe les pennes du bas de la fronde, on peut remarquer que les pinnules plus grandes contractées à la base, à nervures secondaires bifurquées, sont faciles à distinguer de celles de *P. oreopteridia* ; de plus, leurs modes de fructification sont différents.

Echantillons étudiés.

Les Béthoux: 23 M 27 Toit de Trois-Bancs - 16 M 24 Toit de l'Inférieure.

Saint-Arey : 25/C 21 à 1434 m - 12/C 21 à 1308 m.

Devay : 16/C 20 Toit de Banc de Mur - 1/C 24 Mur de Rolland.

5e Pendage : S/93 Mur de Banc au Mur de Trois-Bancs. 1290 : Mur de Trois-Bancs - P 12 Toit de Trois-Bancs S 207. 57 m Toit d'Henriette - Pl 9 niv. 13, Toit de Banc de mur.

Eperons : 62/A 2 filet au Mur de Banc au Mur de Trois Bancs. 50/A 2 toit de Banc au Mur de Trois Bancs. 46/A 2 Mur de Trois Bancs. Aoo Mur de Trois Bancs. 38/A 2 Mur d'Henriette - 37/A 2 Toit d'Henriette. S 164/B 15 Toit de Rolland.

Bois-Freynet : 24/Ao et 21/Ao : Mur de Trois Bancs.

Villaret : 14/Ao : Toit de Banc au Mur de Trois Bancs. 15/Ao : Mur de Banc au Mur de Trois Bancs.

Prunières : B 11 Toit du Banc-Repère - B 161 Mur de Banc de Mur. B 1631 Toit de Banc de Mur.

Remarques sur les échantillons étudiés.

Sur l'échantillon 46/A 2, j'ai remarqué une belle penne de dernier ordre à pinnules nettement "neuroptéroïdes" à bords latéraux parallèles et non jointifs (fig. 34 a). Sur le même échantillon, une penne à pinnules fructifiées est également attribuée à un fragment de fronde de *P. polymorpha* où chaque pinnule, sur sa face supérieure, possède une double rangée de 6 masses ovoïdes, de part et d'autre de la nervure médiane : elles représentent les synanges.

Sur l'extrémité de penne tertiaire schématisée, fig. 34 c, la nervation est très marquée par une nervure médiane légèrement décurrente à la base, les pinnules de cet exemplaire sont obliques à 60° sur le rachis support.

Le limbe de *P. polymorpha* semble avoir été épais et charnu, laissant après la diagénèse une pellicule charbonneuse importante telle qu'on peut l'observer sur l'échantillon du Pl. 9 niv. 14 dans le mur d'un petit banc à 16 m de la Recette (fig. 35). Cette couche charbonneuse, si elle est bien conservée à la face supérieure des pinnules, permet de distinguer l'épiderme très cutinisé qui montre avec précision son organisation cellulaire.

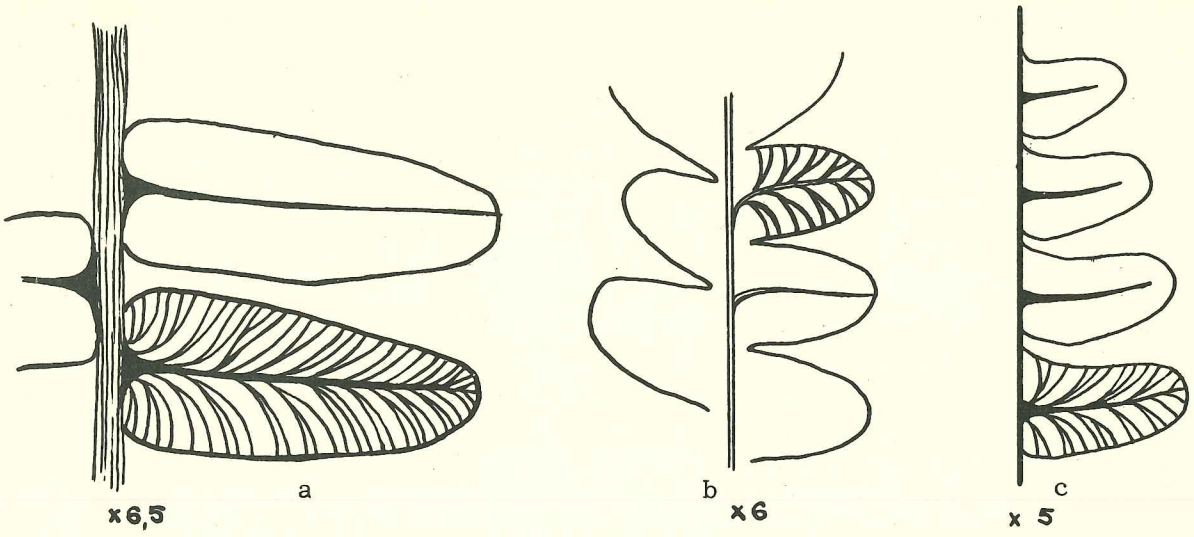


Figure 34 - Pecopteris polymorpha *Brongniart* : a), b), c) modes d'insertion des pinnules.

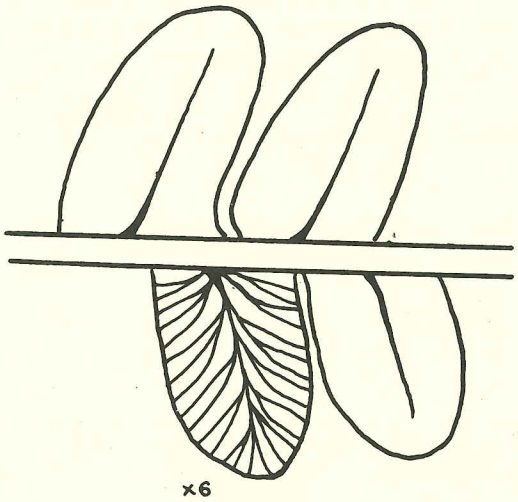


Figure 35 - Pecopteris polymorpha *Brongniart* :

Conclusion :

Cette espèce, abondamment répandue dans les sédiments houillers du Bassin de La Mure, est connue d'une façon très complète grâce : d'une part à des échantillons appartenant à diverses régions de la fronde, d'autre part à des fragments de pennes fertiles qui ont pu être étudiés dans le plus fin détail. Mais le caractère que je considère comme essentiel pour cette espèce et qui lui donne son individualité est bien la double contracture supérieure et inférieure de ses pinnules plus ou moins rétrécies à la base et arrondies au sommet.

Pecopteris polymorpha forme minor P. CORSIN

Pl. T

1834 - *Pecopteris polymorpha* Brongniart Hist. Végét. foss., fig. 1-6, Pl. CVIII.

1834 - *Pecopteris Miltoni* Brongniart, *Ibid.*, Pl. CXIV, fig. 6.

1935 - *Pecopteris polymorpha* W. J. Jongmanns - W. Gotham - Paläobotanischen. Ergebnisse der Djambiexp. 1925. Pl. 33, fig. 3 ; Pl. 34, fig. 1.

1951 - *Pecopteris polymorpha minor* Corsin, Gis. foss. Sarre Lorraine p. 316, Pl. CLXVI.

Echantillons	47/A 2	9 bis N 24
l	2 mm	2 mm
L	3 à 4 mm	2,5 à 3 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules* de petite taille n'adhèrent pas entre elles et sont plus ou moins rétrécies à leur base. Leurs dimensions sont de 2 mm de largeur sur 3 mm de longueur ; leur rapport largeur sur longueur est environ égal à 2/3. Disposés un peu obliquement sur le rachis support, leur limbe à bords latéraux entiers se termine par une extrémité libre ovalaire.

La *nervation* est peu distincte en général.

- la *nervure médiane*, très légèrement décurrente à la base, se prolonge presque jusqu'à l'extrémité de la pinnule et n'est pas toujours bien marquée.
- les *nervures latérales* sont très serrées, presque perpendiculairement à la nervure médiane au bord du limbe. Elles se divisent au moins une fois sous un angle très aigu.

Les *rachis* de dernier ordre, larges, soutiennent des pennes courtes, à bords latéraux sensiblement parallèles, convergeant à l'extrémité en une pinnule terminale courte et trapue.

On suppose que la *fronde* devait être pour le moins quadripinnée.

Synonymie :

Cette forme *minor* de *P. polymorpha* a été rapprochée par CORSIN des échantillons figurés sous le nom de *P. polymorpha* et *P.Miltoni* par BRONGNIART, de même il a jugé sa nouvelle espèce tout à fait comparable au *P. polymorpha* décrit par JONGMANNS et GOTHAN dans leurs travaux de l'expédition de Djambi de 1925.

Rapports et Différences.

Les pinnules, de petite taille, de cette forme *minor*, la rapprochent de *P. villosa* car, dans les deux cas, on ne distingue pas avec une grande netteté les caractères du système nervuraire. P. CORSIN signale aussi une grande possibilité de confusion entre *P. polymorpha* forme *minor* et certains *Neuropteris Schlethani* à petites pinnules dont la base cordiforme ne serait pas évidente. ZEILLER, étudiant cette espèce, lui attribuait des pennes primaires à pinnules terminales lobées, tout à fait semblables à celle de *Pecopteris oreopteridia*.

Echantillons étudiés.

9 bis/N 24 : Toit d'un filet à 20 m au mur de Grande Couche, niv. 4, pl. 39.

Eperons : 47/A 2 : Toit du Banc au Mur de Trois-Bancs.

Remarques sur les échantillons étudiés.

Sur les nombreux échantillons récoltés dans les niveaux précédents, j'ai remarqué la largeur des rachis de dernier ordre et la petite taille des pinnules.

Les pennes de dernier ordre de l'échantillon 9 bis/N 24 sont parallèles et semblent assez obliques par rapport au rachis support. Enfin la petitesse des pinnules fait qu'elles semblent être toutes réunies entre elles à la base.

Conclusion :

Pour établir l'identité de cette forme, P. CORSIN suppose que les petits éléments limbaires sont des pinnules de très petite taille dans l'ensemble d'une penne. Je pense qu'ils pourraient aussi représenter la partie basilaire d'une fronde qui aurait dans sa partie supérieure des pinnules normales de grande taille ; on assisterait ainsi, comme dans la fronde de *P. unita*, à une soudure progressive de la base de la fronde.

CORSIN montre l'authenticité de cette forme en remarquant que les pinnules de la base d'une penne sont de même taille que celles de l'extrémité ; la soudure de celles-ci ne donnerait donc pas une pinnule effilée dans la partie supérieure de la fronde d'un *Pecopteris polymorpha* typique.

Enfin, il ne serait pas faux de penser que les empreintes rapportées à cette forme sont des fragments de fronde n'ayant pas atteint leur complet développement. La croissance de ces pinnules se faisant par toute la surface du limbe, on connaît au stade jeune une image réduite de la forme adulte de *P. polymorpha* : c'est donc bien la forme *minor* de *Pecopteris polymorpha*.

Pecopteris pseudobucklandi ANDRAE

Fig. 36 - Pl. N

1853 - *Pecopteris pseudobucklandi* Andrae in Germar : Wettin undlöbejün, p. 106, 107, taf. XXXVII.

1869 - *Pecopteris (Cyatheites) pseudo-Bucklandi* Schimper. Traité I, p. 504.

1951 - *Pecopteris macronervosa* Corsin, *Pecopteridis*. Gîte Sarre Lorraine I, fasc. 4, p. 321-322, pl. CXCII-CXCIII, fig. 2-3.

1958 - *Pecopteris pseudobucklandi* Wagner, Mededelingen Van de Geol. stichting. Nierve serie n° 12, p. 25-30, pl. 14-16, fig. 1-6.

Specimen exclus par WAGNER :

1892 - *Pecopteris pseudobucklandi* Zeiller - Brive II, p. 21, pl. V, fig. 5.

1906 - *Pecopteris pseudobucklandi* Zeiller, Blanzy-Creusot II, p. 47-49, pl. XIV, fig. 1-1 a.

1956 - *Pecopteris pseudobucklandi Doubinger*, Flores automn stéphaniennes. Mém. Soc. Géol. France, (NS), 75, p. 92.

Echantillons	14/A o
l	3 à 4 mm
L	12 à 14 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{4}$

Diagnose :

Les *pinnules* sont en général trois fois plus longues que larges, leurs dimensions varient considérablement surtout dans les parties terminales des pennes primaires où elles sont rapidement transformées par une lobation graduelle en petites pennes de dernier ou d'avant-dernier ordre. (fig. 36 a, b, c, d, e).

Les pinnules de petite taille sont fusionnées latéralement près de leur base, les bords latéraux convergeant au sommet en une pointe obtuse.

La *nervation* est caractérisée par :

- la *nervure médiane* assez forte qui n'est décurrente que dans les pinnules embryonnaires des pennes lobées ; elle se prolonge jusqu'au sommet de la pinnule ;
- les *nervures latérales*, régulièrement bifides par dichotomies successives, sont différentes suivant les pinnules observées. Dans les petites, elles sont divisées seulement une fois ou montrent un troisième prolongement surmontant la branche supérieure de la première dichotomie qui se divise ainsi une fois de plus. Dans les pinnules allongées et lobées, la nervation plus compliquée résulte de bifurcations successives des deux premières dichotomies.

Les *rachis* de dernier ordre sont saillants et arrondis, irrégulièrement striés dans le sens de la longueur.

Les *fructifications* de cette espèce ne sont pas encore connues, mais on pense qu'elles appartiendraient au genre Acitheca.

Synonymie :

WAGNER, redécrivant cette espèce en 1958, a nettement exclu de sa liste synonymique les espèces que ZEILLER et DOUBINGER avaient dénommées *P. pseudobucklandi*.

Rapports et différences :

La large adhérence et la fusion latérale des pinnules de *P. pseudobucklandi* suffisent pour distinguer cette espèce de *P. polymorpha* Brongniart, qui a des pinnules de même allure générale et de même nervation, mais une base contractée. Ce même caractère distinctif permet de séparer *P. pseudobucklandi* de la plupart des espèces du groupe de *P. polymorpha*.

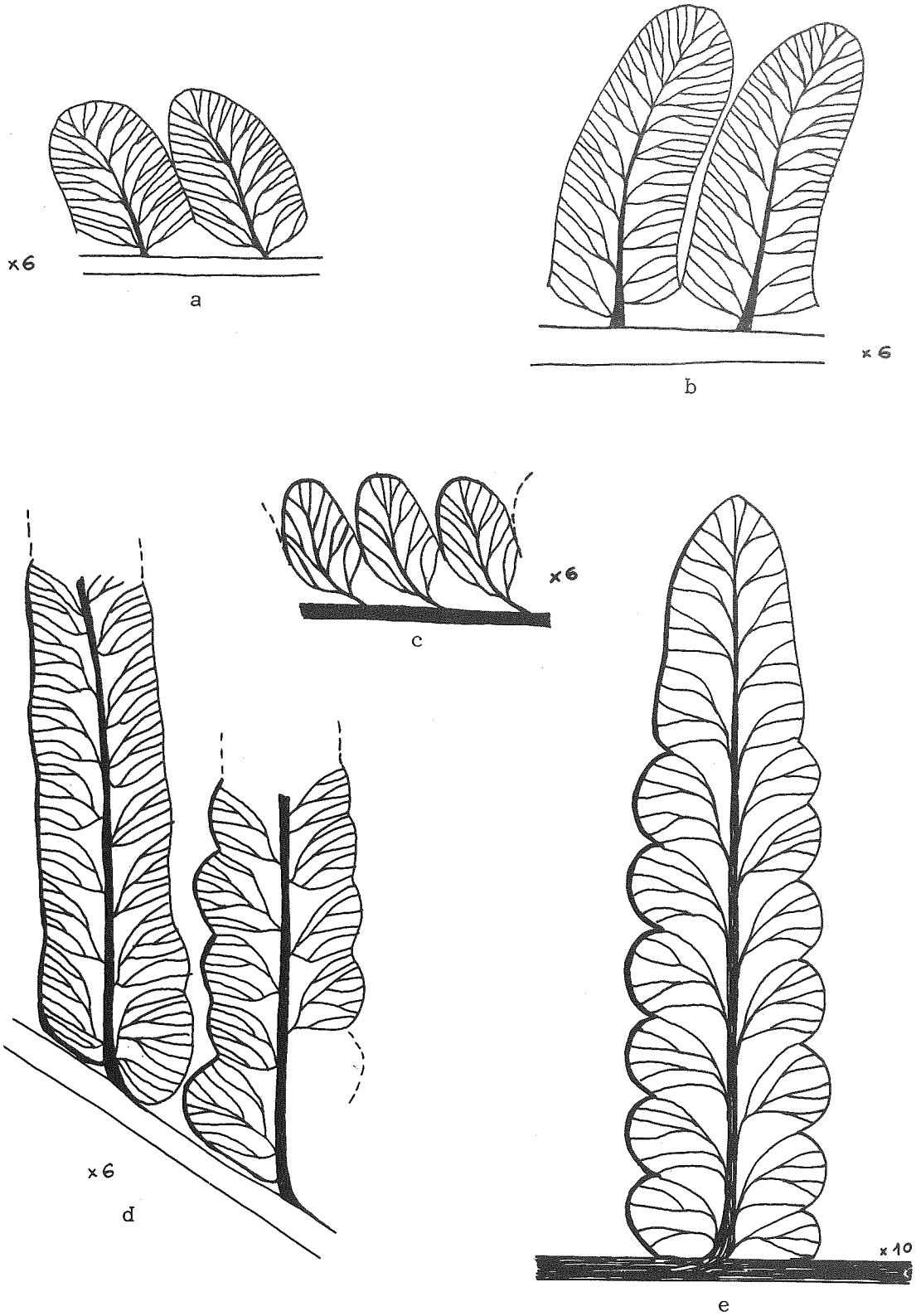


Figure 36 - Pecopteris pseudobucklandi *Andrae* : a, b, c, d, e, variations des contours des pinnules.

WAGNER signale une certaine coïncidence de caractères avec *Pecopteris Cisti* BRONGNIART qui a aussi des pinnules fusionnées à leur base ; mais cette espèce montre une nervation plus distante qu'on ne l'observe chez *P. pseudobucklandi*.

ANDRAE comparait la *P. pseudobucklandi* et le *P. Bucklandi* BRONGNIART, mais cette dernière espèce appartient à un groupe de *Pecopteris* tout à fait différent du premier, si bien qu'une comparaison des deux espèces est en réalité superflue.

Echantillon étudié.

Villaret : 14/Ao. Traction niv. 12. Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs.

Remarques sur l'échantillon étudié :

Le fragment de penne que j'ai observé appartient certainement à l'extrémité d'une penne primaire du fait de ses pinnules de grande taille aux lobes latéraux très accusés sur les deux tiers de leur longueur. Cet échantillon avait été déterminé tout d'abord comme un *P. lamurensis*, mais l'examen de la forme des pinnules, plus larges que chez *P. lamurensis*, et des bords latéraux découpés, sont les raisons pour lesquelles j'ai modifié cette détermination.

La nervation bien marquée a pu être reproduite fig. 36 e; elle montre nettement les faisceaux nervuraires de chaque lobe se détachant très obliquement de la nervure médiane large et saillante. Ces pinnules, anormalement larges, peuvent donc être une forme particulière de penne pinnatifide.

Sur une partie de cet échantillon, j'ai découvert deux à trois pinnules adjacentes sur un petit fragment de rachis ; ces éléments de feuille de taille réduite sont analogues à ceux que je figure fig. 36 b, et appartiendraient à la région moyenne d'une penne de deuxième ordre de *P. pseudobucklandi*.

Conclusion :

Le *Pecopteris pseudobucklandi* est intéressant puisqu'il nous montre divers degrés de transformation des feuilles qu'on a tendance à interpréter comme étant des formes d'espèces différentes. Je pense qu'il est plus rationnel de s'attacher à reconstituer la plante entière avec toutes ses particularités quand cela est possible, que d'attribuer de façon plus ou moins arbitraire des fragments de fronde à des espèces multiples.

6 - GROUPE DU PECOPTERIS ARBORESCENS

Ce groupe rassemble un *grand nombre d'espèces* dont les pinnules sont de petite taille ; si en général elles sont courtes et étroites, de forme trapue, elles s'allongent parfois tout en restant étroites.

Le limbe, peu orné, à bords entiers parallèles, donne aux pinnules une simplicité de forme caractéristique de ce groupe. Disposées perpendiculairement au rachis, les pinnules sont serrées les unes contre les autres : ce groupe possède des pennes très denses. Le réseau de nervures est simple, les nervules sont parallèles et rectilignes, très rarement bifurquées plus d'une fois.

Abondamment représentée dans les assises de La Mure, les espèces de ce groupe figurent parmi les plus communes.

Pecopteris (asterotheca) arborescens SCHLOTHEIM

Fig. 37 a, b, c - Pl. O

1804 - Schlotheim, Flora der Vorwelt pl. VIII fig. B, p. 41.

1820 - *Filicites arborescens* Schlotheim, Petrefactenkrunde p. 404.

1826 - *Pecopteris arborea* Sternberg, Ess. Fl. mond. prim., I, fasc. 4, pl. XVIII.

1828 - *Pecopteris arborescens* Brongniart, Prodr., p. 56.

1833 - *Pccopteris arborescens* Brongniart, Hist. végét. foss. I, p. 310, pl. 102, fig. 1-2.

Sternberg, Ess. Fl. mond. prim. II, fasc. 7-8, p. 147.

Gutbier, Verst. Rothbieg. in Sachs p. 16, pl. II, fig. 9.

Germar, Verst. d. Steink. v. Wettin. Löbejun p. 97, pl. XXXIV, fig. 1-3.

Heer - Urw. d. Schweiz, p. 13, pl. I, fig. 8.

Roemer, Leth. Geogn. I, p. 176, pl. LVIII, fig. 3.

Grand'Eury, Flore carb. de Loire p. 68, pl. VIII, fig. 6.

Zeiller, Expl. Carte géol. Fr., IV, p. 81, pl. CLXIX, fig. 4.

Schimper, Handb. der Paläont. II, p. 127, fig. 103.

Renault, Cours bo. foss. III, p. 108, pl. 17, fig. 1-3.

1836 - *Cyatheites arborescens* Goeppert, Syst. foss. p. 321. Heer, Fl. foss. Helvet., p. 27, pl. VIII, fig. 1-4.

1869 - *Cyathocarpus arborescens* Weiss, Foss. Fl. d. jüngst. Steinkhol p. 84.

1883 - *Scolecopteris arborescens* Stur, Carbon. Flora I, p. 196, fig. 24, p. 204.

1888 - *Pecopteris (Asterotheca) arborescens* Zeiller, Fl. foss. terr. houil. de Commentry, 1ère partie, p. III, pl. XI, fig. 1-2.

1864 - *Cyatheites Schlotheimii* Goeppert, Foss. Fl. perm. Form., p. 120 (pars), pl. XV, fig. 1.

1924 - *Asterotheca arborescens* Kidston, Foss. Plants Carbon. Rocks Great Britain, p. 483, pl. CXIV, fig. 1.

1924 - *Asterotheca cyathea* Kidston, pro parte, loc. cit. Pl. CXV, fig. 1.

1951 - *Pecopteris arborescens* Corsin, Pecopt. Sarre Lorraine, p. 326, pl. CLXX à CLXXIII.

Echantillons	Aoo	46/A 2	B 161
l	1,5 à 2 mm	2 mm	2 mm
L	3 à 4 mm	4 mm	3 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules*, d'assez petite taille, insérées perpendiculairement au rachis support, sont disposées alternativement et sont libres entre elles jusqu'à la base. Les bords latéraux parallèles se touchent bord à bord, l'extrémité libre est presque rectangulaire avec les coins supérieurs arrondis (fig. 37 a).

La *nervation* est en général bien marquée.

- la *nervure médiane* perpendiculaire au rachis support, assez large, s'étend jusqu'au sommet du limbe.
- les *nervures latérales*, très nettes, toujours simples, sont espacées et peu inclinées par rapport à la nervure principale. Elles sont rectilignes et arrivent parfois normalement sur les bords du limbe. La face supérieure des pinnules garde dans certains cas des vestiges d'un réseau cuticulaire masquant la nervation.

Les *rachis* de dernier ordre, larges, sont souvent striés longitudinalement.

Les pennes de dernier ordre, très allongées, à bords latéraux parallèles, convergent lentement vers une pinnule terminale de très petite taille (fig. 37 c).

Les *fructifications* de *P. arborescens* sont du genre Asterotheca.

Synonymie.

KIDSTON et HEMEJC donnent une longue liste synonymique et bibliographique de *P. arborescens*. P. CORSIN ne groupe sous le nom de *P. arborescens* que les plantes provenant du Stéphanien moyen et du Permien.

Rapports et différences.

Cette espèce présente beaucoup d'affinités avec *P. Cyathea* qui fait partie du même groupe. La nervation simple et rectiligne de *P. arborescens* se retrouve dans les pinnules des extrémités de

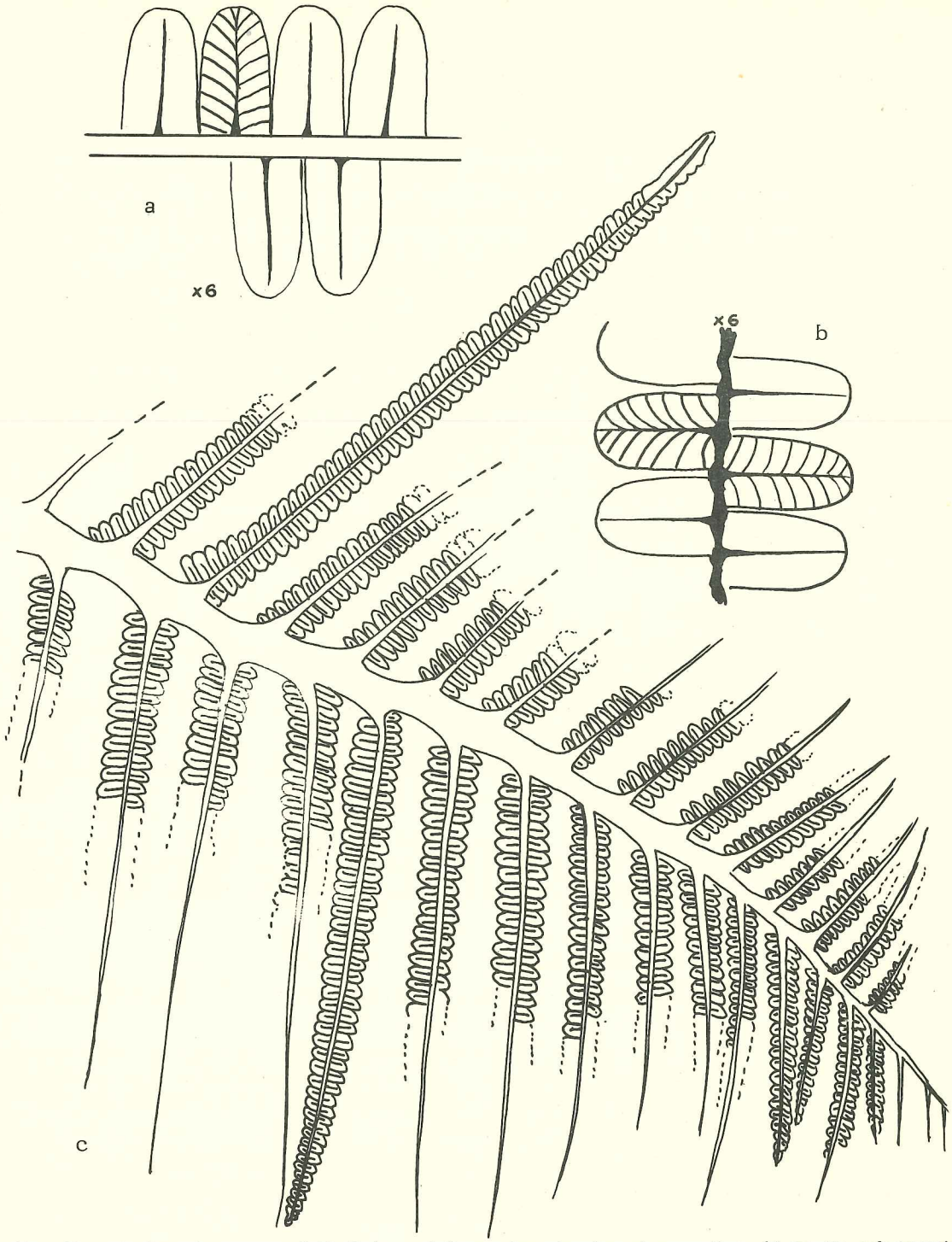


Figure 37 - Pecopteris arborescens *Schlotheim* : a) forme des pinnules et nervation, b) partie sub-terminale d'une fronde, c) détails d'un fragment d'un échantillon du mur de Trois Bancs Eperons.

pennes de *P. cyathea* mais il est possible de faire la distinction en observant l'inclinaison des nervures latérales sur la nervure médiane : les nervures de *P. arborescens* sont très peu inclinées, celles de *P. cyathea* sont obliques et incurvées. On peut donc les considérer comme deux espèces nettement distinctes et il n'est pas possible de penser qu'il s'agisse de deux espèces identiques devant être réunies sous le même nom.

Echantillons étudiés.

4e Pendage : 4/A 3.

5e Pendage : N 12. Pl. 8 bis 0. Mur de Grande Couche.

Devay : 16/C 20 Toit de Banc de Mur. 14/C 20 Mur d'un filet du Toit de Banc-Repère. 5/C 20 à 8 m dans le Toit de Trois-Bancs. 2/C 20 à 10 m au Mur de Trois-Bancs.

La Motte : 1/M 1 Mur d'Henriette.

Eperons : 46/A 2 - A/0 : Mur de Trois Bancs. 54/A 2 Mur d'un troisième filet au Mur de Trois-Bancs.

Bois-Freynet : 24/Ao Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs.

Villaret : 15/Ao Mur de Banc au Mur de Trois Bancs.

Prunières : B 161 Mur de Banc de Mur.

Remarques sur les échantillons étudiés.

On se rend compte de la grande netteté de la nervation sur l'échantillon recueilli dans le pendage Eperons, Toit de la couche au Mur de Trois-Bancs. La figure 37 b montre cette nervation et le contour des pinnules, elle a été reproduite d'après cet échantillon.

L'empreinte observée en B 161 est très intéressante, en plus des caractéristiques de *P. arborescens*, elle présente des pinnules à bords plus ou moins ondulés du fait de la présence de fructifications ; la nervation est masquée par un réseau réticulé couvrant la surface limbaire. Le rachis de cette penne, large et lisse, se prolonge jusqu'à l'extrémité de la penne pointue et s'amincit brusquement sur le bord.

La fronde de *P. arborescens* devait être de grande taille, au moins tripinnée : cette constatation résulte de l'observation de l'empreinte conservée sur l'échantillon N 12 P. 8 bis 0.

Conclusion.

Le *P. arborescens* doit se distinguer d'autres espèces par sa nervation toujours rectiligne mais surtout par le port des pennes, absolument caractéristique. Il se traduit par des pinnules petites, trapues, contiguës, ornant des pennes simples et régulières.

Pecopteris (asterotheca) cyathea SCHLOTHEIM sp.
Fig. 38 - Fig. 39 - Fig. 40 - Fig. 41 a et b - Pl. P

1804 - Schlotheim, Flora Vorwelt p. 38, pl. VII, fig. II.

1832 - *Filicites cyatheus* Schlotheim, Verstein. Schlotheim's Sammlung Kupfertafeln. p. 6, pl. VII, fig. 12.

1833 - *Pecopteris cyathea* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 307, pl. CI, fig. 1-4.

1888 - *Pecopteris (Asterotheca) cyathea* Zeiller, Fl. foss. houiller de Commentry, p. 119, pl. XVII, fig. 1-5.

1924 - *Asterotheca cyathea* Kidston, Foss. Plants Carboniferous Rocks Great Britain, pl. CXIV, fig. 2-3 ; pl. CXVI, fig. 3-4 ; pl. CXVII, fig. 3, p. 488, *non* fig. 1, pl. CXV.

1951 - *Pecopteris cyathea* Corsin, Pecop. Sarre Lorraine, p. 330, pl. CLXXIV à CLXXVII.

Echantillons	1/N 22	47/A 2	1/C 24	78/C 23
l	1,5 à 2 mm	1,5 mm	1,5 mm	2 mm
L	3 à 4 mm	3 mm	6 mm	7 à 9 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

Diagnose :

Les *pinnules* ont des dimensions très variables comme le montre le tableau précédent, la largeur peut être de 1 à 2 mm, la longueur correspondante de 3 à 10 mm, le rapport l/L prend des valeurs voisines de 1/3. Les pinnules alternes, allongées, légèrement inclinées sur le rachis support, à bords latéraux parallèles, ne sont pas adhérentes mais contiguës ; leur extrémité est arrondie, parfois de forme ogivale (fig. 38). Les pinnules de grande taille sont contractées à la base au niveau de l'insertion sur le rachis.

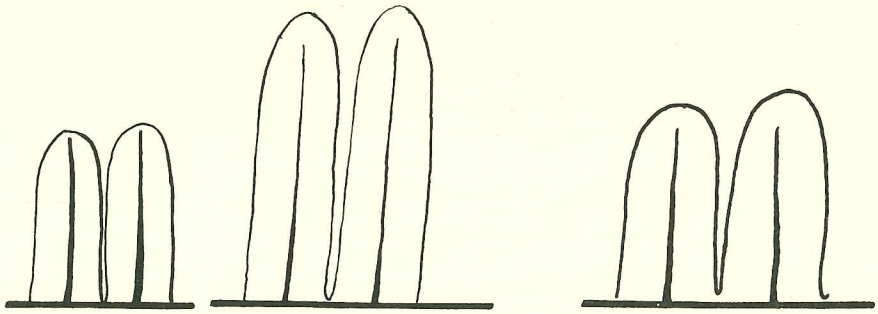


Figure 38 - Pecopteris cyathea *Schlotheim* sp : modes d'insertion des pinnules.

La *nervation* bien marquée présente :

- une *nervure principale* rectiligne se détachant à angle droit du rachis,
- des *nervures secondaires* inclinées par rapport à la médiane et qui arrivent obliquement sur les bords du limbe ; elles sont en général bifurquées une fois, très près de la nervure médiane et sous un angle très aigu. Les pinnules des extrémités des pennes ont des nervures latérales simples et fines.

Les *rachis* de dernier ordre sont étroits, quelquefois cannelés et ponctués, tandis que les rachis d'avant-dernier ordre sont larges et lisses.

Les *fructifications* appartiennent au type Asterotheca.

Rapports et différences.

Les ressemblances qui peuvent exister entre *P. cyathea* et *P. arborescens* ont été énoncées au sujet de *P. arborescens* ; elles affectent essentiellement les parties terminales des pennes primaires . Le *P. cyathea* peut être confondu avec *P. lepidorachis* si on n'observe pas avec attention l'ornementation des rachis, absente chez *P. cyathea* et à caractère spinescent chez *P. lepidorachis*. Le *P. affinis* se rapproche beaucoup de *P. cyathea* par la forme allongée de ses pinnules, la nervation qui présente des caractères analogues, mais les pinnules de *P. affinis* sont très inclinées sur le rachis support et légèrement décurrentes à leur bord inférieur.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 27/N 27 : Mur de Trois Bancs - 2/N 27 : à 2 m au Mur de Trois Bancs - 6/N 27 : Petit filet au mur de Trois Bancs - 14/N 27 : Toit de la Couche inférieure - 8/N 27 : à 3 m au Toit de la Couche inférieure - 1/N 22 : Mur de Grande Couche.

Devay : 78/C 23 : Banc de Toit. 17/C 20 : Mur de Grande Couche. 16/C 20 : Toit de Banc de Mur. 4/C 20 : Mur de Trois Bancs.

5e Pendage : 11/A 1 : Toit de Banc de Mur.

Synclinal 4e-5e pendage : 2/A 3 Mur de Grande Couche.

Eperons : 50/A 2 : Toit d'un 2e filet à 8 m au Mur de Trois-Bancs. - 47/A 2 : Toit de Banc au mur de Trois-Bancs. 46/A 2 : Mur de Couche Henriette - 12/A 4 niv. 11. Mur d'Henriette. Aoo : Mur de Trois Bancs et toit d'une petite couche.

Bois-Freynet : 24/Ao : Toit d'un banc à 6 m au Mur de Trois-Bancs.

Villaret : 15/Ao : Mur de banc au mur de Trois-Bancs.

Prunières : B 161 Mur de Banc de Mur.

Sagnereaux : C 66.

Remarques sur les échantillons étudiés :

L'échantillon 47/A 2 possède des nervures rectilignes de même que le *P. cyathea* trouvé au-dessus des micaschistes et de la brèche de base du Westphalien, dans des schistes gréseux à l'éperon de Ratier (La Motte). Cet échantillon montre quelques anomalies dues aux triturations subies par les schistes au cours des plissements : le rachis de dernier ordre, très large, porte des pinnules espacées à extrémité sub-carrée (fig. 39).

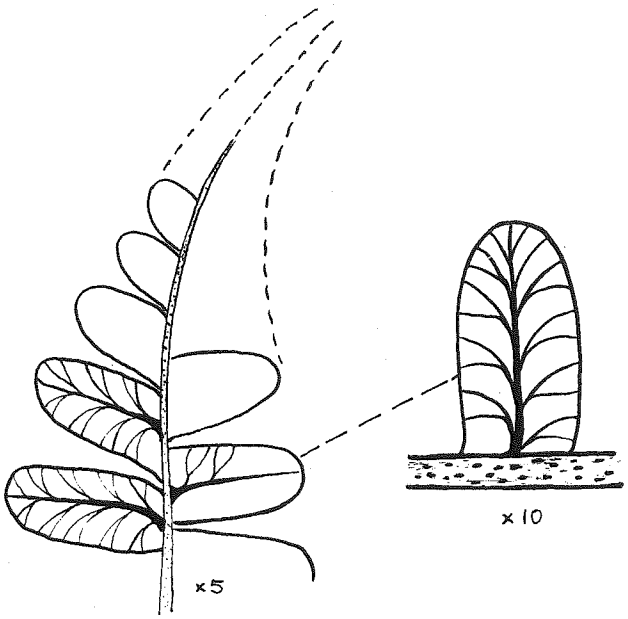


Figure 39 - Pecopteris cyathea *Schlotheim* sp : caractères des nervures et du rachis sur un échantillon du toit de Trois Bancs, Eperons (47/A2).

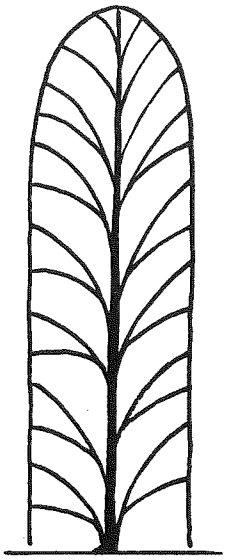


Figure 40 - Pecopteris cyathea *Schlotheim* sp : éch. du mur de Grande Couche, Béthoux (1/N22).

La penne portée par l'échantillon 1/N 22 présente un rachis finement ponctué qui permet de la rapprocher d'une penne de *P. paleacea* Zeiller ; or les nervures de ce dernier sont fortes, rectilignes et presque normales à la nervure médiane, la penne 1/N 22 est donc bien un *P. cyathea* (fig. 40).

Le fragment de *P. cyathea* en 1/C 24 montre des pinnules bien développées avec un système nervuraire plus dense, tandis qu'en 78/C 23 les pinnules ont une nervation caractéristique (fig. 41 a et b).

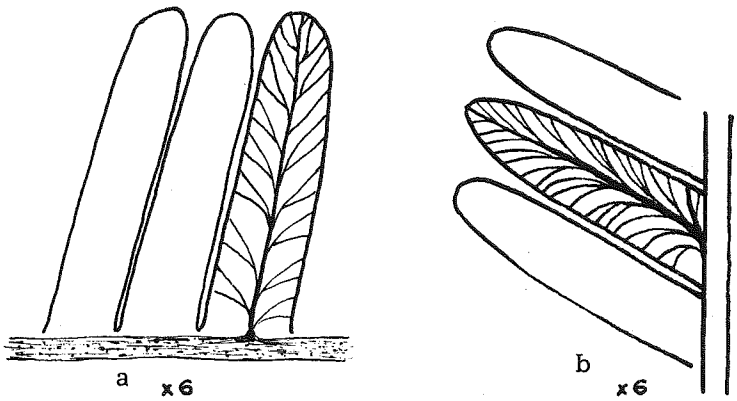


Figure 41 - Pecopteris cyathea *Schlotheim* sp : a) et b) détails des nervures d'un échantillon du banc de Toit du Devay (78/C 23).

Conclusion :

L'observation d'une trentaine d'échantillons m'a permis de constater la grande uniformité des pinnules de cette espèce. Variant simplement dans leurs dimensions, mais gardant toujours le même port, les pinnules sont disposées de façon régulière, normalement sur les rachis qui sont souvent larges avant les derniers stades de ramification.

Pecopteris affinis BRONGNIART

Fig. 42 - Pl. R

1828 - *Pecopteris affinis* Brongniart Hist. Végét. Fos., p. 306, pl. 100, fig. 2-3.

1804 - *cf. Schlotheim* Flora vorwelt, fig. 14, pl. VIII, p. 43.

1820 - *cf. Filicites affinis* Schlotheim, Petrefact. p. 403.

1951 - *Pecopteris affinis* Corsin, Pecopt. Sarre Lorraine, p. 333, pl. CLXXVII.

Echantillons	15/Ao	46/A 2	59/A 2
l	1,5 à 2 mm	2 mm	2 mm
L	4 à 5 mm	6 mm	8 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

Diagnose :

Les *pinnules*, très allongées par rapport à leur largeur, sont telles que le rapport $\frac{l}{L}$ est toujours inférieur à 1/3, les pinnules restant espacées les unes les autres et légèrement inclinées sur le rachis support ; leur base élargie les rend adhérentes entre elles au niveau du rachis. Le limbe entier des pinnules a des bords latéraux parallèles convergeant lentement en une extrémité libre de forme arrondie. L'inclinaison des pinnules sur le rachis accompagne parfois la forme décurrente du bord inférieur.

La *nervation* n'est pas toujours visible par suite de la présence d'une cuticule épaisse.

- la *nervure médiane*, large, donne un système de nervures secondaires peu important.
- les *nervures latérales*, distantes les unes des autres, sont très inclinées par rapport à la nervure principale et aux bords du limbe ; elles se divisent une seule fois très près de la nervure médiane.

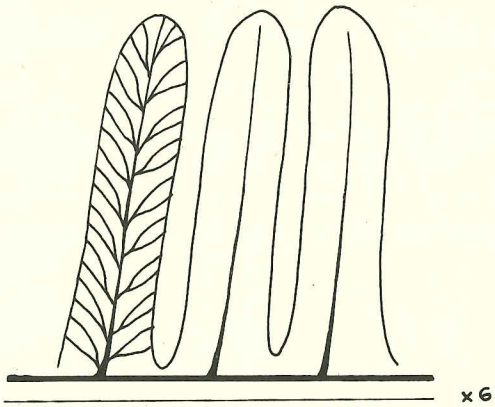


Figure 42 - Pecopteris affinis *Brongniart* : détails des nervures.

Les *rachis* des pennes de dernier ordre sont saillants et arrondis à la face inférieure, par contre ils sont cannelés sur la face supérieure ; les rachis d'avant-dernier ordre sont larges et presque lisses.

Synonymie :

P. CORSIN ne pense pas que *Filicites affinis* décrit par SCHLOTHEIM, puisse représenter le vrai *Pecopteris affinis* qui a été étudié par BRONGNIART en 1828.

Rapports et différences :

C'est sans aucun doute un *Pecopteris* cyathéoïde qu'on doit classer dans le groupe de *P. arborescens*. Il se rapproche de *P. cyathea* dont la nervation est similaire, mais il en diffère par la forme de ses pinnules élargies à la base, espacées les unes des autres et disposées obliquement sur le rachis. Il est aussi très voisin de *P. candollei* avec ses nervures latérales bifurquées, mais chez *P. candollei* elles sont divisées sous un angle très ouvert et restent très écartées les unes des autres.

Echantillons étudiés :

Eperons : 46/A 2 : Mur de Trois-Bancs ; 57/A 2 : Mur de Trois-Bancs.

Villaret : 15/Ao : Mur du Banc au Mur de Trois-Bancs.

5e Pendage : Mur de Trois-Bancs.

Remarques sur les échantillons étudiés :

L'échantillon 15/Ao portant un fragment de penne de dernier ordre a permis de reconstituer la nervation de cette espèce représentée sur la figure 42 ; elle montre une nervure médiane bien marquée.

Conclusion :

L'observation de quelques exemplaires de *P. affinis* trouvés à La Mure montre qu'en général les pinnules sont bien espacées les unes des autres avec des bords latéraux parallèles, et sont conformes à la diagnose donnée par P. CORSIN. J'ai remarqué pourtant que l'extrémité libre des pinnules des empreintes étudiées est beaucoup plus effilée et que le limbe a une forme d'ogive nettement plus accusée que tous les échantillons de Sarre Lorraine. Cependant ce caractère minime ne me semble pas suffisant pour modifier l'identification de mes échantillons avec *P. affinis*.

Pecopteris pilosa CORSIN

Fig. 43 a,b - Pl. T

1899 - *cf Pecopteris vestita* White, Fossil Flora Missouri pl. XXVI, fig. 1.

1913 - *cf Pecopteris* type *pseudovestita* (White) Gotham. Fl. Carbo. Hte Silésie, pl. 34, fig. 2-4 .

1951 - *Pecopteris pilosa* Corsin, Pecopt. Sarre Lorraine, p. 335, pl. CLXXVIII.

Echantillon	Pl. 9 niv. 12
l	1,5 mm
L	2,3 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$

Diagnose :

Les *pinnules* courtes et trapues, serrées les unes contre les autres, sont disposées perpendiculairement au rachis, adhérentes entre elles à la base ; les bords latéraux restent contigus et leur extrémité libre est sub-rectangulaire tandis que le bord inférieur peut être décurrent et le bord supérieur contracté (fig. 43 a).

Masquée par un réseau cuticulaire bien conservé sur la surface épidermique du limbe, la nervation est rarement visible.

La *nervure médiane* large est seule bien marquée, les nervures secondaires semblent assez peu serrées et bifides sous un angle aigu.

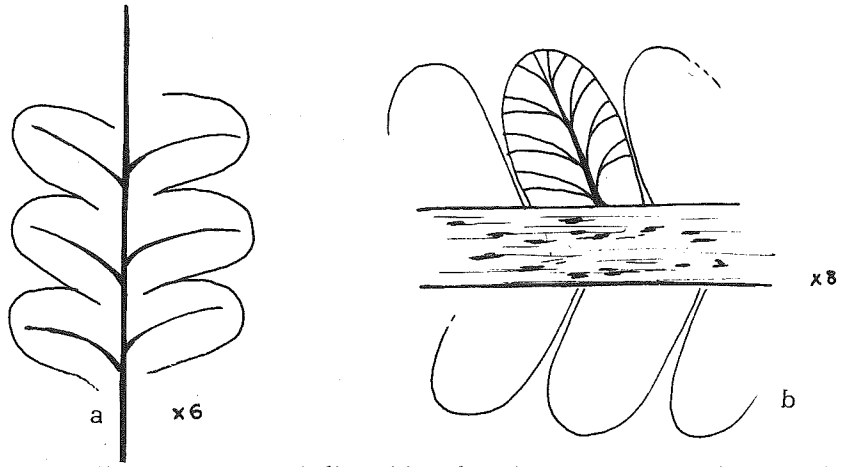


Figure 43 - Pecopteris pilosa *P. Corsin* : a) disposition des pinnules sur le rachis, b) détails des nervures et du rachis.

Les *pennes* de dernier ordre sont courtes et trapues, formées par un rachis large, parfois épineux, portant des pinnules à limbe épais. Les rachis d'avant-dernier ordre, cannelés et crêtés, sont munis d'émergences spiniformes.

Synonymie :

Cette nouvelle espèce, créée en 1951 par P. CORSIN, doit selon cet auteur tomber en synonymie avec le *P. vestita* décrit par WHITE et le *P. pseudo-vestita* décrit par GOTHAN, du fait de leur réseau cuticulaire identique.

Rapports et différences :

Cette espèce est voisine du *P. arborescens* dont elle se distingue par ses pinnules beaucoup plus serrées et par le réseau de nervures pas toujours net ; ces caractères assez peu marquants sont cependant un critère de différenciation.

Echantillon étudié :

5e Pendage : niveau 12, plan 9. Toit du petit banc dans la traverse du niveau 12. Couche au Mur de Trois-Bancs.

Remarques sur l'échantillon étudié :

L'unique échantillon qui a été dénommé *P. pilosa* est une extrémité de fronde bien conservée et l'on peut voir les pinnules très trapues donnant à cette penne d'avant-dernier ordre un port de *P. arborescens*. Les pennes de dernier ordre, certainement tertiaire, sont obliques sur le rachis d'avant-dernier ordre sous un angle assez ouvert. Malgré la petite taille des pinnules, on peut distinguer dans un limbe épais une nervure médiane nette un peu décurrente à la base (fig. 43 b).

Conclusion.

Il est très juste de différencier le *P. pilosa* du *P. arborescens* malgré les nombreux caractères de ressemblance que possèdent ces deux espèces. *P. pilosa* n'est représenté à La Mure que par un seul échantillon, mais il faut souhaiter qu'il ne s'agisse pas d'une forme aberrante et que le hasard des récoltes futures mettra en évidence une certaine fréquence de cette espèce dans le bassin de La Mure.

Pecopteris pectinata P. BERTRAND

Fig. 44 a et b - Fig. 45 - Pl. S

1912 - *Pecopteris arborescens* Arber, Foss. Fl. Dean. Coalfield relation ships. Coalfield West England South Wales, vol. CCII, B pl. XI, fig. 3.

1951 - *Pecopteris pectinata* P. Corsin, Pecopt. Sarre Lorraine, p. 337, pl. CLXXIX.

Echantillons	1265	3/N24
l	1,5 mm	2 mm
L	6 mm	8 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

Diagnose :

Les *pinnules* alternes, très allongées, dont le rapport largeur sur longueur est égal à 1/4 et même parfois plus petit, ont des dimensions variant de 3 à 10 mm pour la longueur et de 1 à 2 mm pour la largeur ; elles sont légèrement adhérentes entre elles, à bords latéraux parallèles insérés perpendiculairement au rachis (fig. 44 a et b).

La *nervation*, bien marquée, est formée par une nervure médiane large et très profonde d'où se détachent les nervures latérales saillantes, obliques par rapport à l'axe de la pinnule, rectilignes ou une fois divisées (fig. 45).

Les *rachis* des pennes de dernier ordre sont larges, souvent recouverts d'émergences spiniformes, ils sont insérés perpendiculairement sur les rachis d'avant-dernier ordre.

Les *pennes* sont longues à bords latéraux parallèles convergeant vers une pinnule terminale étroite et allongée.

Rapports et différences :

Faisant partie du groupe de *P. arborescens*, il se rapproche beaucoup de *P. cyathea* dont il est facile de le distinguer en observant l'allongement caractéristique des pinnules *P. pectinata*

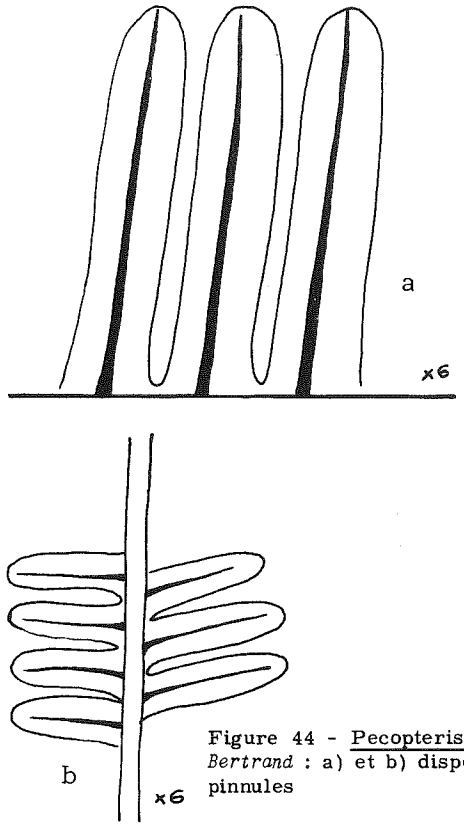


Figure 44 - Pecopteris pectinata *Bertrand* : a) et b) disposition des pinnules

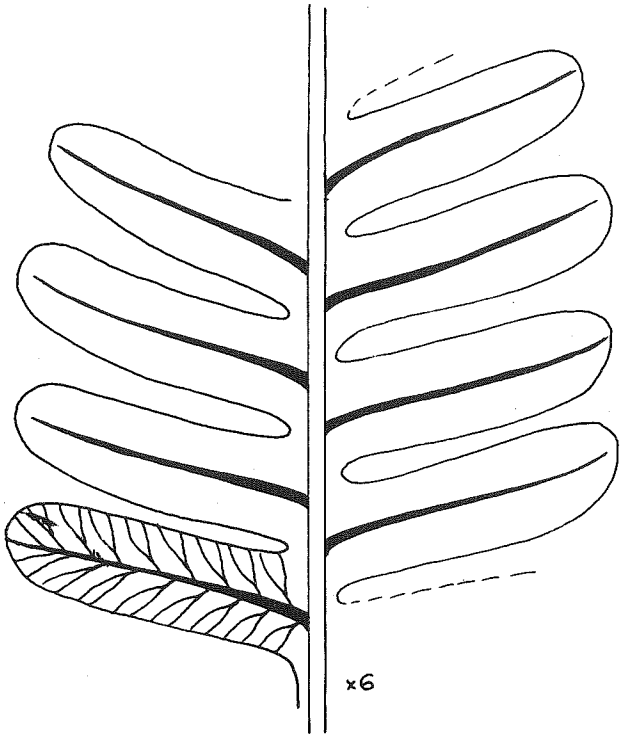


Figure 45 - Pecopteris pectinata *Bertrand* : détails de la nervation.

Echantillons étudiés :

5e Pendage : 1265 m niv. 10 à 30 m du Toit de Rolland.

Les Béthoux : 3/N 24 : Mur de Rolland 4/N 22 Toit de Grande Couche. S 153 à 60 m dans le Toit de Rolland.

Remarques sur les échantillons étudiés :

L'échantillon 1265 m niv. 10 présente des pinnules portant des formations renflées, pointues, fixées isolément sur les nervures ; ce sont des fructifications du type *Dactylotheca*. Les synanges disposées en une rangée de 10 de part et d'autre de la nervure médiane apparaissent en saillie sur le limbe des pinnules, obliquement par rapport à la nervure médiane. Les fructifications portées par la face inférieure du limbe masquent toute nervation latérale, la nervure principale seule visible est large et plus ou moins ponctuée. J'ai remarqué sur les autres échantillons qui ne portent pas d'appareils reproducteurs que la forme des pinnules est plus allongée et leur extrémité libre plus ogivale.

Conclusion :

Le caractère essentiel de la diagnose de *Pecopteris pectinata* est l'allongement typique des pinnules ; il permet de le distinguer infailliblement des espèces qui présentent des ressemblances incontestables avec le *Pecopteris* décrit ci-dessus.

Pecopteris (asterotheca) lepidorachis BRONGNIART

Fig. 46 a, b, c - Fig. 47 - Pl. U

1834 - *Pecopteris lepidorachis* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 313, I, fig. 1.

1836 - *Cyatheites lepidorachis* Goeppert, Syst. Fl. foss., p. 323.

1877 - *Pecopteris Candolleana* Grand'Eury, Fl. carb. Loire, p. 63, Pars.

1925 - *Asterotheca lepidorachis* Kidston, Foss. Pl. Carbon. Rocks Great Britain, p. 525, pl. CXXVII, fig. 1.

1939 - *Pecopteris lepidorachis* Mathieu et Stockmans, Bassin de Kalping, pl. XVI, fig. 1.

1951 - *Pecopteris lepidorachis* Corsin, Pecopt. Sarre Lorraine, p. 340, pl. CLXXX à CLXXXII.

Echantillons	Plan 9, niveau 14		7/C 22
l	1 mm	1,5 mm	1,5 mm
L	4 mm	6 mm	8 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$

Diagnose :

Les *pinnules* alternes, étalées, à bords parallèles, arrondies au sommet, sont attachées par toute leur base au rachis support ; elles sont parfois contractées à la base et terminées à l'extrémité libre par une pointe ogivale. Libres entre elles, les pinnules se disposent un peu obliquement sur le rachis-support. Leur taille varie entre 1 et 2 mm de largeur et 3 à 10 pour la longueur ; le rapport $\frac{l}{L}$ est donc compris entre 1/4 et 1/5 (fig. 46 a, b, c).

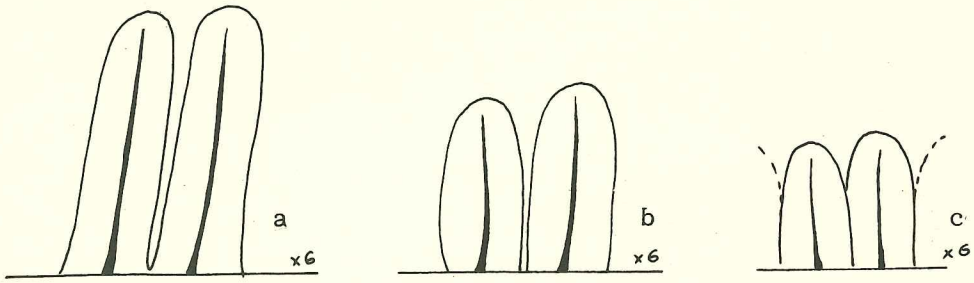


Figure 46 - Pecopteris lepidorachis *Brongniart* : a), b), c) position des pinnules sur le rachis.

La *nervation*, souvent peu nette comprend :

- une *nervure médiane* droite, se prolongeant jusqu'au sommet des pinnules, et qui se détache normalement du rachis-support ;
- les *nervures latérales* naissent sous des angles assez ouverts, légèrement arquées, elles se bifurquent presque dès leur base en deux branches.

Les *rachis* de dernier ordre sont profonds, couverts d'appendices spiniformes, ceux d'avant-dernier ordre larges et plats, ponctués ou écailleux, sont également recouverts de fines aspérités.

Les *frondes*, de grande taille, devaient être pour le moins tripinnées.

Synonymie :

Quelques auteurs ont souvent rapproché *P. lepidorachis* et *P. Candollei* ; mais actuellement, la distinction entre les deux espèces est formelle.

Rapports et différences :

P. lepidorachis se distingue d'emblée de *P. arborescens* par ses pinnules plus allongées et ses nervures presque toujours bifurquées. Il se rapproche davantage de *P. cyathea* dont il ne diffère que par ses rachis épineux et par ses pinnules plus grandes ; elles sont d'autre part plus obliques sur le rachis et de taille plus régulière. Il est parfois comparé au *P. Candollei*, il s'en distingue par ses pinnules exactement contiguës.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 1/N 22 : Toit de Rolland.

Devay : 7/C 22 : Toit de Banc de Toit. 1/C 20 : Toit de Couche Inférieure.

Eperons : 46/A 2 : Mur de Trois-Bancs - 70/A 2 Banc au Mur de Trois-Bancs.

Plan 9, niveau 14 - 5e Pendage : Mur de Trois-Bancs.

Remarques sur les échantillons étudiés :

Les différents fragments de fronde montrent que s'il fallait reconstituer les feuilles de *P. lepidorachis* elles seraient de très grande taille. Il n'est pas toujours facile de distinguer les épines qui recouvraient le rachis, pourtant elles sont assez visibles sur l'échantillon photographié mais dont on n'a malheureusement pas retrouvé le point de prélèvement.

Il faut remarquer que les épines ne sont pas elles-mêmes apparentes sur les rachis, les échantillons étant des négatifs ils ne portent que les cicatrices des épines sous forme de ponctuations.

L'observation de l'échantillon du Pl. 9 niveau 14, m'a permis de mettre en évidence une nervation typique qui paraît simple mais dont l'examen à la loupe binoculaire montre les bifurcations des nervules latérales (fig. 47).

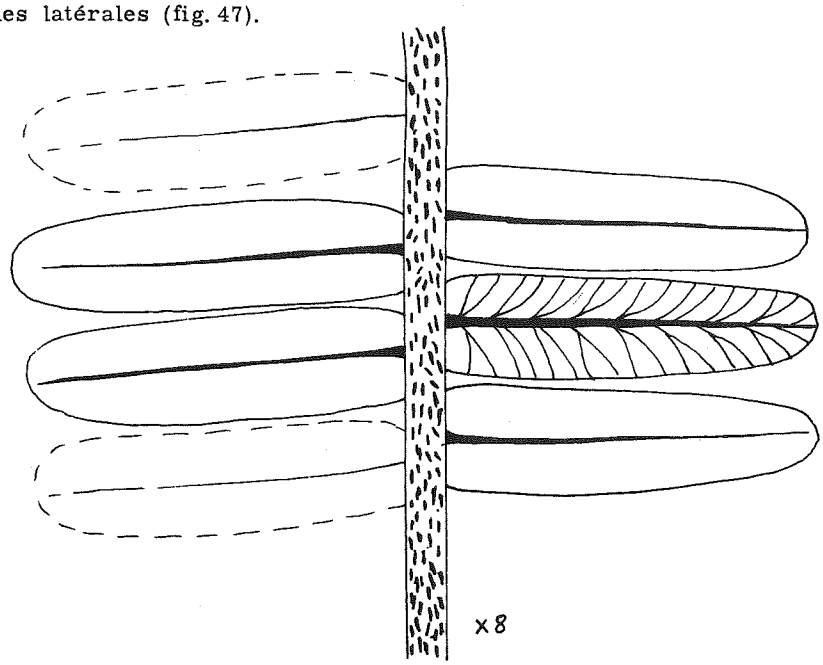


Figure 47 - Pecopteris lepidorachis *Brongniart* : éch. du mur de Trois Bancs, 5ème pendage (Pl. 9 niv. 14).

Conclusion

Si pour les autres espèces de Pecopteris les pinnules apportent le maximum de renseignements permettant la détermination, pour le *P. lepidorachis*, l'examen des pinnules ne suffit pas et, comme l'indique le nom de l'espèce, il faut s'attacher aux détails d'ornementation du rachis pour dénommer l'espèce. Or les écailles qui recouvraient les rachis n'apparaissent pas toujours dans les meilleures conditions sur les échantillons et, masquées par la schistosité, elles peuvent parfois échapper à l'observation. *P. lepidorachis* mérite donc une attention toute particulière quant à sa détermination.

Pecopteris hemiteleoides BRONGNIART

Fig. 48 - 49 - 50 - 51 - Pl. V

1833 - *Pecopteris hemitelioides* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 314, pl. CVIII, fig. 1-2.

1879 - *Asterotheca hemitelioides* Schimper, Handb. der Paläeont. p. 90, fig. 65.

1833 - *Sedecopteris hemitelioides* Stur, Carbon, Flora I, p. 206.

1927 - *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides* Halle, Fl. paléoz. du Shansi Central, pl. 25, fig. 11-14.

1939 - *Pecopteris hemitelioides* Mathieu et Stockmans, Flore paléoz. du Bassin Kaïping, pl. XVIII, fig. 1-3.

1951 - *Pecopteris lepidorachis* P. Corsin, Pecopt. Sarre Lorraine, p. 341, pl. CLXXX.

Echantillons	47/A 2	3/A 15	14/N 27	Pl. 9 niv. 14	
l	1,5 mm	2 mm	1,5 mm	1 à 1,5 mm	2 mm
L	3 à 5 mm	6 mm	5 mm	2,5 à 5 mm	7 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$

Diagnose :

Les *pinnules* de grande taille, de largeur variable comprise entre 1,5 à 2,5 mm et de 5 à 8 mm de longueur sont insérées presque normalement au rachis-support de façon alterne. Elles présentent des bords latéraux parallèles arrondis au sommet, elles sont presque adhérentes entre elles car très rapprochées les unes des autres (fig. 48).

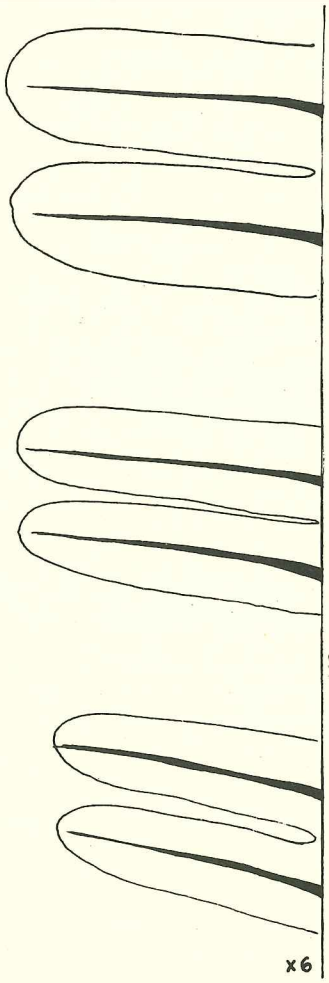


Figure 48 - Pecopteris hemitelioides *Brongniart* :

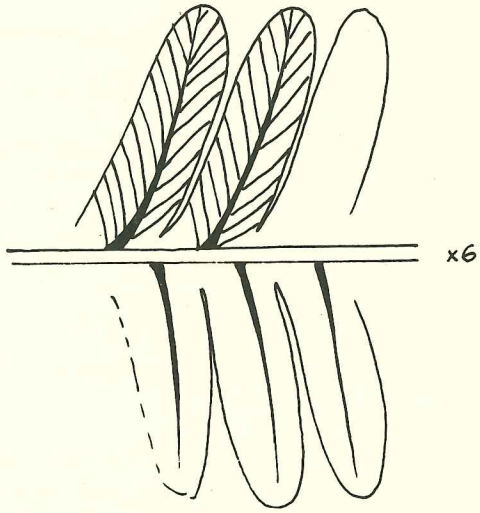


Figure 49 - Pecopteris hemitelioides *Brongniart* : nervation.

La *nervation*, très marquée, montre une nervure médiane large et plate ; parfois légèrement décurrente sur le rachis support, elle s'étend jusqu'à l'extrémité du limbe. Les nervures secondaires, toujours rectilignes sont très fortes et obliques sur la nervure principale (fig. 49).

Les *rachis* de dernier ordre larges et plats peuvent être striés longitudinalement ou ornés de quelques émergences écailleuses.

Les *pennes secondaires* longues de 6 à 15 cm conservent une largeur constante avant de se rétrécir brusquement en une pointe obtuse.

Rapports et différences.

C'est essentiellement la nervation latérale toujours simple et rectiligne qui permet de séparer *P. hemitelioides* des autres Pécoptéris cyatheoïdes tels que *P. cyathea* et *P. lepidorachis* qui ont le même port. Ce caractère des nervures secondaires toujours simples rapprochent aussi *P. hemitelioides* de *P. unita* , mais il diffère de celui-ci par l'indépendance de ses pinnules ainsi que par la faible décurrence de la nervure médiane.

Il est aussi très voisin de *P. paleacea* ZEILLER, avec lequel il peut être confondu du fait que les rachis peuvent porter des épines chez ces deux espèces et que les pinnules présentent la même forme. Mais tandis que *P. hemitelioides* a des nervures latérales toujours simples et rectilignes, *P. paleacea* possède des nervures rectilignes mêlées à quelques nervures bifurquées.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 24/N 27 - 30/N 27 - 14/N 27 : Toit de Couche Inférieure ; 7/N 36 : Toit d'un filet dans le toit de Couche Inférieure.

La Motte : 24/M 1: Toit de Couche Inférieure.

5e Pendage : Pl. 9, niv. 13.

4e Pendage : 3/A 15.

Eperons : 7/A 4 : Intercalaire de Trois-Bancs - 47/A 2 : Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs.

Bois-Freynet : 24/Ao Mur de Trois-Bancs.

Remarques sur les échantillons étudiés :

L'échantillon provenant du 5e Pendage, à 300 m de la Couche Inférieure présente une empreinte à pinnules contiguës et opposées sur le rachis ; ce caractère est dû à une simple déformation au cours de la fossilisation. Le rachis-support s'épaissit au niveau de l'insertion des pinnules dont les nervures secondaires obliques à 45° sont épaisses et rectilignes ; disposées face à face elles forment des chevrons réguliers dans l'ensemble d'une penne de dernier ordre (fig. 50) dont le rachis porte une côte médiane.

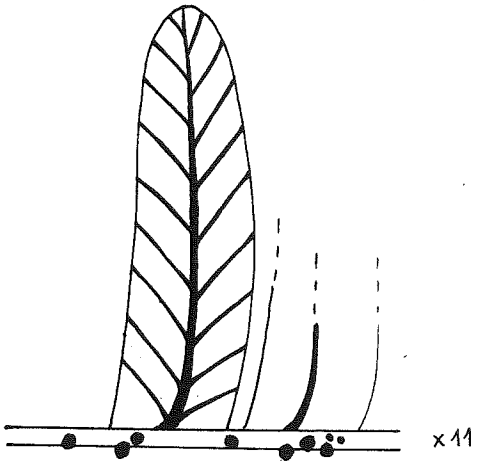


Figure 51 - Pecopteris hemitelioides *Brongniart* parasité par Excipulites.

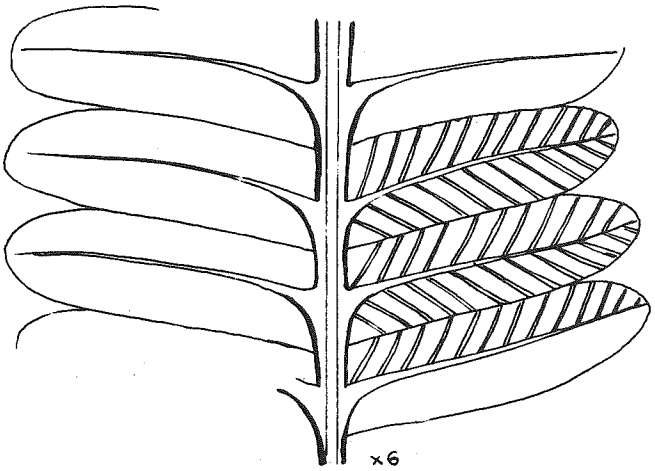


Figure 50 - Pecopteris hemitelioides *Brongniart* : éch. du 5ème pendage.

L'empreinte provenant des Eperons 47/A 2 montre des pinnules à bords latéraux crénelés, cet effet est une conséquence de la schistosité et non un caractère nouveau de l'espèce. Les nervules sont espacées, au nombre de 7 par pinnule de part et d'autre de la nervure principale.

Le *P. hemitelioides* porté par l'échantillon 14/N 27 a des pinnules terminées en ogive (fig. 51), comme les rachis, elles présentent par place des nodosités dues à *un champignon parasite :*

Excipulites Nessi *Goeppert*. Ces nodules noirs, très brillants, plus ou moins verruqueux font penser à des fructifications. Leur diamètre peut atteindre 0,2 à 0,5 mm pour les plus gros. On peut les détacher de la roche, ils entraînent avec eux une certaine surface du végétal carbonisé ce qui prouve qu'il était inclus dans les tissus de la plante. Il me semble, en effet, que ces champi-

gnons parasites devaient se développer à la manière du Mildiew dans les feuilles de vigne, actuellement. Ces petites verrues sphéroïdales étant réparties irrégulièrement soit sur les nervures soit sur le limbe ou même le rachis, elles ne peuvent pas être considérées comme des fructifications appartenant à la feuille de fougère. RENAULT et ZEILLER ont observé des formations semblables sur *Pecopteris Sterzeli* et sur *Sphenepteris Decorps* : il s'agit bien de champignons parasites qui se développaient à l'intérieur du parenchyme de la feuille, car ils font saillie sur l'une ou l'autre face du limbe ; ils rappellent donc ceux que GOEPPERT a décrits sous le nom d' *Excipulites Neesi* , toutefois ils ne montrent pas la petite dépression centrale correspondant sans doute à une ostiole.

Conclusion.

P. hemitelioides ne se trouve qu'à l'état de fragments de pennes secondaires éparses à la surface des schistes, je ne les ai observés que très rarement attachés au rachis ; il me semble vraisemblable que les frondes de cette espèce, comme celles de la plupart des espèces de Pécoptéris cyathéoïdes, soient des frondes tripinnées.

Pecopteris Candollei BRONGNIART

Fig. 52 a et b - Fig. 53 a et b - Fig. 54 a et b - Pl. W

1833 - *Pecopteris Candollei* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 305, pl. C, fig. 1.

1935 - *Pecopteris Candollei* Jongmans et Gotham, Djambi Expedition pl. 31-32, fig. 1-3.

1924 - *Pecopteris Candollei* Kidston, Fossil Plants Carbo. Rocks Great Britain, p. 493.

1924 - *non Pecopteris Candolleana* Kidston Fossil Plants p. 493, pl. CXVI.

1924 - *non Pecopteris affinis* Brongniart, Hist. Végét. foss., pl. C, fig. 2-3.

Echantillons	4/N 22	5e Pend. niv. 15	5e Pend. niv. 15	La Motte cote 1020	La Motte cote 1020	29/N 24
l	2,5 à 3 mm	2 mm	1,5 à 2 mm	1,5 à 2 mm	2 mm	3 mm
L	7 mm	6 mm	4 à 6 mm	4 à 5 mm	7 mm	6 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

Diagnose :

Les *pinnules* de grande taille, de 5 à 10 mm de longueur et 1,5 à 3 mm de largeur sont alternes et insérées perpendiculairement ou un peu obliquement sur le rachis support.

Le bord supérieur est contracté à la base, au contraire les pinnules sont souvent un peu décurrentes vers le bas ; séparées les unes des autres, elles restent cependant très peu écartées. Les bords latéraux parallèles convergent en une extrémité libre largement arrondie (fig. 52 a).

La *nervation* bien marquée est assez forte :

- la *nervure médiane*, droite, se prolonge jusqu'au sommet de la pinnule,
- les *nervures latérales* étalées se détachent de la nervure principale sous un angle très ouvert et se divisent en deux branches à mi-distance entre la nervure principale et le bord du limbe où elles arrivent presque normalement (fig. 52 b).

Les *rachis* de dernier ordre, striés longitudinalement ou garnis de grandes épines espacées sont assez larges tandis que les rachis d'avant-dernier ordre sont grêles.

Les *pinnules*, de grande taille régulière, donnent aux pennes de dernier ordre des bords latéraux parallèles ; la fronde est probablement tripinnée.

Synonymie.

De nombreux auteurs considéraient *P. Candollei* comme synonyme de *P. affinis* BRONGNIART . Actuellement, ces deux types sont distincts et représentent chacun une espèce bien définie par ses pinnules.

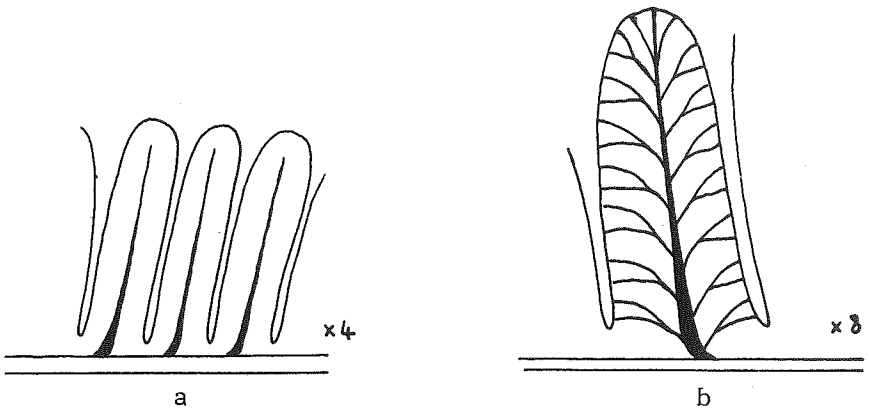


Figure 52 - Pecopteris Candollei *Brongniart* : a) contours limbaires, b) nervures secondaires.

Rapports et différences.

Comme on l'a signalé plus haut, *P. Candollei* et *P. lepidorachis* sont très voisins, si bien qu'ils ont souvent été réunis, mais *P. Candollei* a des pinnules plus écartées et même contractées à la base du côté antérieur.

Il a été rapproché de *P. affinis* avec lequel on peut le confondre, mais les pinnules de *P. Candollei* ont une nervation beaucoup plus marquée, de même ses rachis secondaires ou tertiaires sont beaucoup plus étroits.

Echantillons étudiés.

Les Béthoux : 3/N 24 : Toit de Banc de Toit. 4/N 22 : Toit de Grande Couche. 8/N 24 : Mur de Grande Couche. 29/N 24 Mur de la Couche inférieure.

Devay : 13/C 20 : Toit du Banc Repère.

5e Pendage : Mur de Trois-Bancs. Mur de Banc au Mur de Trois-Bancs.

Eperons : Mur de Banc au Mur de Trois-Bancs. 46/A 2 Mur de Trois-Bancs. Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs.

Villaret : 8/Ao : Toit de Banc au Toit de Trois-Bancs. 15/Ao : Mur de Banc au Mur de Trois Bancs.

Remarques sur les échantillons étudiés.

Les pinnules de *P. Candollei* 29/N 24 sont parasitées par le même champignon que *P. hemitelioides*, c'est-à-dire :

Excipulites Neesi Goeppert (Fig. 53 a et b)

L'échantillon récolté à l'Eperon de Ratier cote 1020 offre une belle penne où il est possible d'observer, sur un rachis large, plat et sans ornementation, des pinnules à nervures médianes décurrentes et nervures secondaires divisées par dichotomie assez près de la nervure médiane. (fig. 54 a).

La figure 54 b schématise la nervation des pinnules de l'exemplaire provenant du 5e Pendage ; j'ai pu remarquer une certaine irrégularité dans la division des nervures latérales : elles ne sont pas toutes bifurquées contrairement au type normal de nervation de l'espèce.

Conclusion :

Pecopteris Candollei a des pinnules cyatheoïdes à bords latéraux parallèles, mais j'ai pu noter que très souvent des pinnules de la région moyenne d'une penne, donc normalement développées, révèlent des contours un peu sinueux. Ce caractère étant malgré tout assez fréquent, il serait bon d'en tenir compte dans la diagnose de cette espèce.

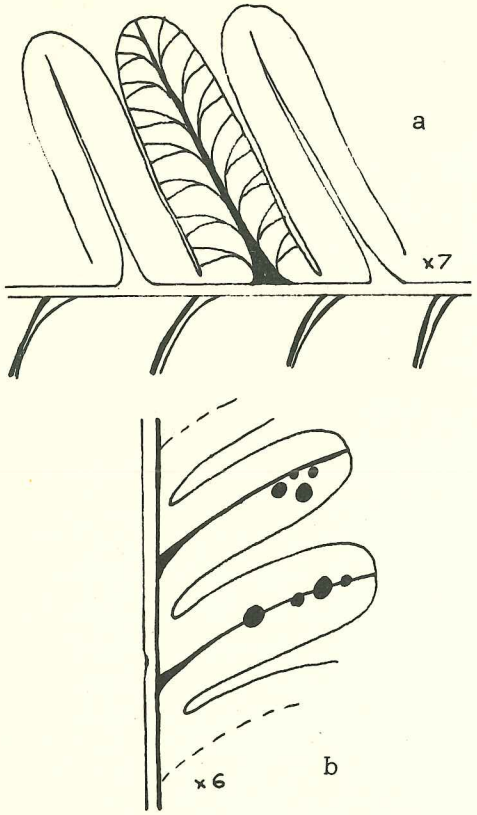


Figure 53 - Pecopteris Candollei *Brongniart* : a) réseau nervuraire, b) pinnules parasitées.

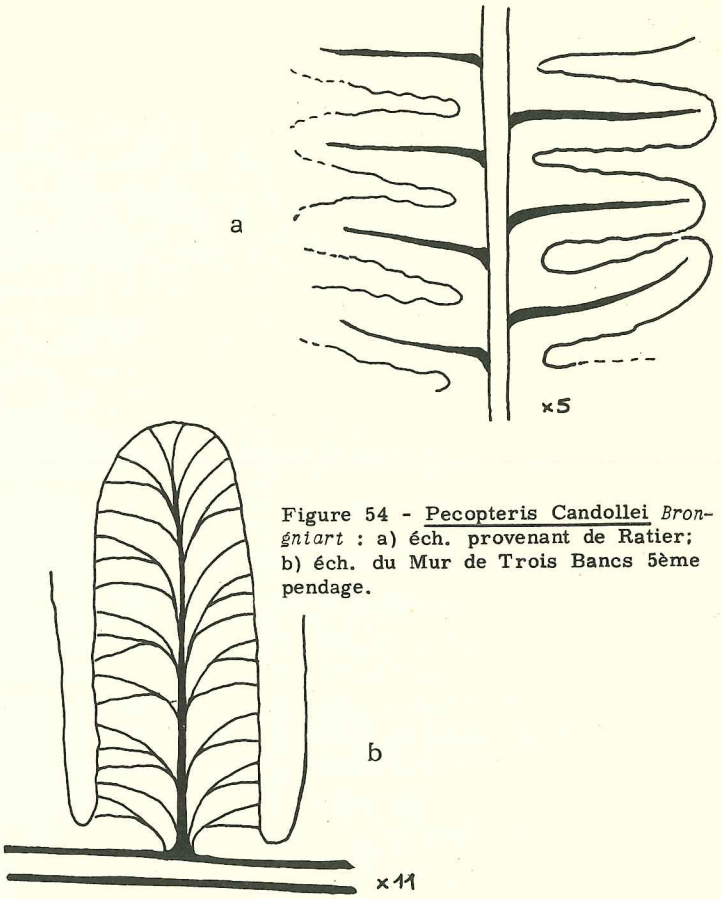


Figure 54 - Pecopteris Candollei *Brongniart* : a) éch. provenant de Ratier; b) éch. du Mur de Trois Bancs 5ème pendage.

7 - GROUPE DU PECOPTERIS UNITA

Les *Pecopteris* du Bassin de La Mure ne m'ont fourni qu'une espèce de ce groupe ; il est caractérisé par la soudure progressive des pinnules et par la nervation simple : ces deux particularités permettent d'en faire un groupe distinct des précédents. Les fructifications sont des Ptychocarpus.

Pecopteris (Ptychocarpus) unita BRONGNIART.

Fig. 55, 56, 57, 58, 59 - Pl. X

1836 - *Pecopteris unita* Brongniart, Hist. Végét. foss., p. 342, pl. CXVI, fig. 1-5.

1848 - *Cyatheites unitus* Goeppert, in Brown ind. pal., I, p. 365.

1879 - *Stichopteris unita* Schimper, Handb. der Paleönt. p. 90, fig. 65.

1888 - *Ptychocarpus unitus* Zeiller, Foss. Bassin houiller Valenciennes, p. 40, fig. 2-6.

1926 - *Ptychocarpus unitus* Kidston, Foss. Plants Carbo. Rocks Great Britain, p. 458, pl. CXXXI, fig. 1-9.

1935 - *Pecopteris unita* Jongmans et Gotham, Djambi Expedition, pl. 24, fig. 4-9 ; pl. 25, fig. 1-4 .

1951 - *Pecopteris unita* Corsin, Pecopt. Sarre Lorraine, p. 350, pl. CXC-CXCI, fig. 1 à 3.

Echantillons	B 161	M 18	niv. 17 Devay
l	2 mm	1 mm	3 mm
L	5 mm	2,5 mm	10 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$

Diagnose :

Les *pinnules*, longues de 3 à 10 mm et larges de 1,5 à 3 mm, ont des bords latéraux parallèles, l'extrémité libre arrondie. Disposées en général normalement sur le rachis, mais un peu inclinées dans la partie moyenne d'une penne, elles sont exactement contiguës, légèrement décurrentes à la base et soudées les unes aux autres sur une hauteur variable.

La reconstitution de la fronde permet de distinguer plusieurs types de pinnules :

- à la base, les pinnules secondaires moyennes sont soudées sur 1/4 à 1/6 de leur longueur, elles sont à bords parallèles ;
- à l'extrémité des pennes secondaires supérieures, les pinnules se soudent de plus en plus complètement en donnant ainsi des pennes pinnatifides dont les échancrures s'atténuent progressivement ;
- enfin, les pinnules des pennes tertiaires, de très grande taille, ont un limbe à lobes arrondis, de moins en moins saillants, puis il devient ondulé et tout à fait entier à l'extrémité de la penne de dernier ordre qui prend alors la forme d'une pinnule géante (fig. 55).

La *nervation* est toujours très apparente :

- la *nervure principale*, forte, est légèrement décurrente sur le rachis support, à la base de chaque pinnule.
- les *nervures latérales*, très marquées, naissent sous des angles plus ou moins ouverts ; simples et distantes les unes des autres, elles s'incurvent vers l'extrémité de la pinnule. A mesure que la soudure des pinnules devient plus complète, le réseau de nervures secondaires conserve une disposition en faisceaux isolés (fig. 56), confirmant la formation de la pinnule géante à partir de pinnules élémentaires de petite taille.

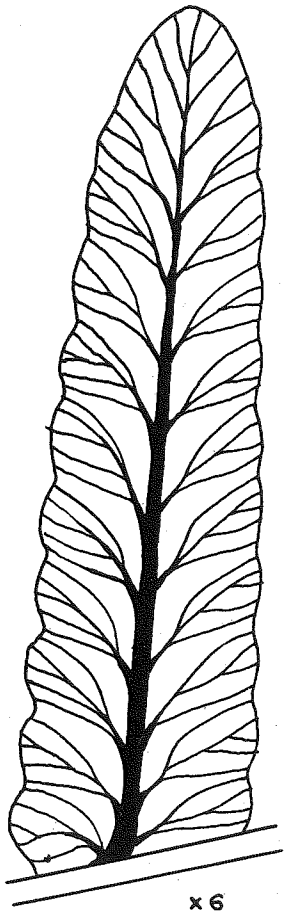


Figure 55 - Pecopteris unita *Brongniart* : pinnule de penne tertiaire.

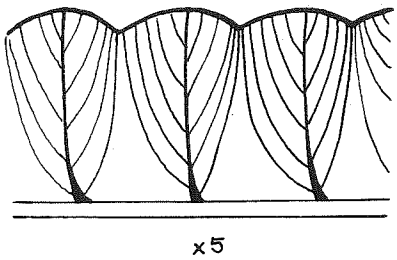


Figure 56 - Pecopteris unita *Brongniart* : réseau de nervures secondaires.

Se détachant le long d'un axe médian, les nervules équidistantes s'incurvent pour atteindre perpendiculairement le bord rectiligne du limbe. Ainsi la nervation de la région basse de la fronde est similaire de celle des parties terminales.

Les *rachis* de dernier ordre sont légèrement striés mais le plus souvent lisses, les rachis secondaires sont plus ou moins ponctués.

Les *frondes* de très grande taille pourraient être divisées au quatrième degré.

Synonymie.

Pendant longtemps la liste synonymique de *P. unita* comportait *P. longifolia* BRONGNIART, nom plus ancien, mais qui est actuellement rapporté à une autre forme. Une liste très complète est fournie par KIDSTON dans "Fossil Plants of the Carboniferous Rocks of Great Britain".

Rapports et différences.

Certains échantillons de *P. unita* présentant des pinnules terminales de grande taille pourraient être confondus avec quelques formes de *P. longifolia*, mais ce dernier a une nervation plus dense ce qui permet de les différencier ; les pennes pinnatifides à contours fortement lobés sont aussi très voisines de celles de *P. Miltoni*, mais leurs nervules incurvées ont un caractère de distinction des deux espèces.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 4/N 27 : Toit de la Couche Inférieure.

La Motte : 24/M 1 : Toit de la Couche inférieure. M/18 Mur de la Couche Henriette.

Devay : A 112 au Mur de l'Assise Productive, niv. 20. Banc Repère niveau 17.

Eperons : 7/A 4 Intercalaire de Trois-Bancs. Aoo Mur de Trois-Bancs. 47/A 2 : Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs.

Bois-Freynet : 24/Ao : Mur de Trois-Bancs.

Prunières : 3/C20 : Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs. B 161 : Mur de Banc de Mur.

Remarques sur les échantillons étudiés :

La figure 57 représente une pinnule terminale de penne latérale dont les nervures peuvent être bifurquées. La nervation représentée figure 58, a été observée sur l'échantillon 7/A 4 ; elle est caractéristique de *P. unita* avec ses nervures latérales rectilignes et ses pinnules soudées sur

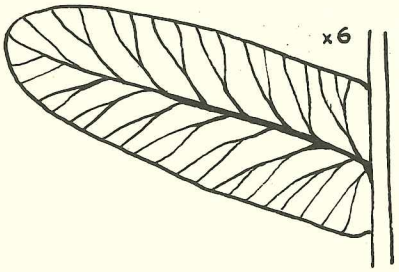


Figure 57 - Pecopteris unita *Brongniart* : échantillon à nervures bifurquées.

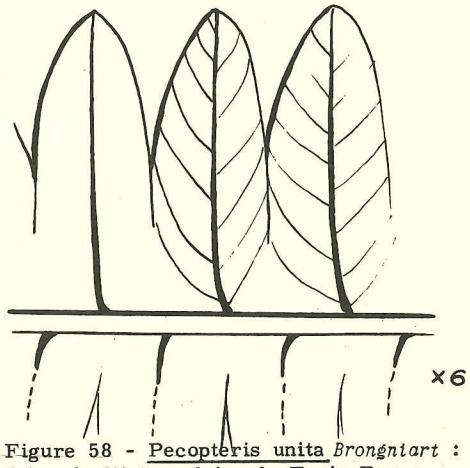


Figure 58 - Pecopteris unita *Brongniart* : éch. de l'intercalaire de Trois Bancs Eperons.

les 2/3 de leur longueur. J'ai remarqué sur l'empreinte 4/N 27 des nervules latérales arquées vers l'extrémité libre de la pinnule et arrivant presque tangente au bord du limbe.

L'aspect d'une penne de dernier ordre nous est donné par l'échantillon B 161, provenant du Mur de Banc de Mur : il faut noter ici que la nervure principale n'est pas décurrente sur le rachis-support, elle est large, bien marquée, mais s'atténue brusquement avant d'arriver à l'extrémité de la pinnule.

La figure 59 schématise une penne pinnatifide à lobes profondément marqués ; sa nervation latérale typique avec des nervules simples arquées en direction du bord libre du limbe lobé, a été observée sur l'échantillon récolté au Devay, Banc Repère.

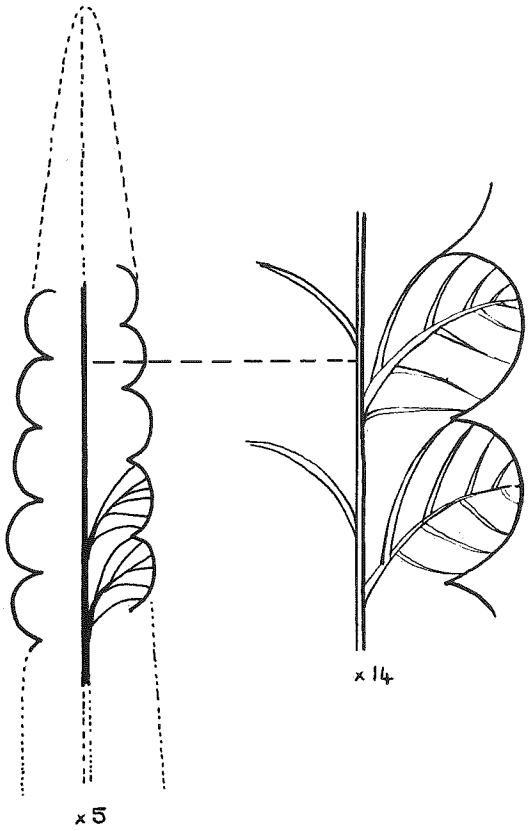


Figure 59 - Pecopteris unita *Brongniart* : penne pinnatifide (Devay Banc Repère).

Conclusion :

Parmi les nombreux échantillons étudiés, il est rare pour cette espèce de rencontrer les pennes secondaires et surtout les pennes primaires encore en place sur les rachis qui les portaient. Le caractère propre et très prononcé de cette espèce est la soudure graduelle des pinnules ; de plus, l'absence de bifurcation des nervules permet de reconnaître facilement une pinnule de *Pecopteris unita*, quelle que soit sa position dans la fronde.

8 - GROUPE DU PECOPTERIS FEMINAEFORMIS.

Les niveaux du Bassin de La Mure ont fourni en de nombreux points Pecopteris feminaeformis qui est le seul représentant de ce groupe, caractérisé par ses pinnules élargies et adhérentes entre elles à la base. Le limbe est denticulé d'une manière curieuse et terminé par une pointe très aiguë. Son réseau nervuraire est particulièrement marqué, avec des nervures latérales très fortes.

Cette forme singulière de Pécoptéridées ne peut, en première approximation, être rapprochée d'un autre type de *Pecopteris* ; on ne sait pas encore s'il s'agit réellement d'une Fougère vraie ou d'une Ptéridospermée.

Pecopteris feminaeformis SCHLOTHEIM (sp.)

Fig. 60, 61, 62 - Pl. Y

1804 - *Schlotheim* , Flora der Vorwett, pl. IX, fig. 16.

1820 - *Filicites feminaeformis* Schlotheim, Prorefactenkunde, p. 407.

1836 - *Polypodides elegans* Goëppert, Syst. fl. foss., p. 344, pl. XV, fig. 10.

1881 - *Pecopteris feminaeformis* Zeiller, Fl. foss. terr. houil. Commentry, 1ère partie, p. 174, pl. XVIII, fig. 6.

1903 - *Pecopteris feminaeformis* M. Potonié, Abbild. Bescher foss. Pflanzen, L-I, 11.

1906 - *Pecopteris feminaeformis* Zeiller, Fl. foss. Bass. houil. Blanzy - Le Creusot, p. 55, pl. XII, fig. 1-3.

1922 -*Pecopteris feminaeformis* Gothan, Leitfossilien, pl. 13, fig. 3.

1935 - *Pecopteris feminaeformis* Jongmans et Gothan, Djambi-Expedition, pl. 24, fig. 1-3.

1939 - *Pecopteris feminaeformis* Mathieu et Stockmans, Bassin de Kaïping, pl. IV, fig. 2.

1951 - *Pecopteris feminaeformis* P. Corsin, Pecopt. Bassin houiller de Sarre Lorraine.

Echantillons	14/C 20	5/N 24
l	2,5 mm	2 mm
L	7 mm	10 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$

Diagnose :

Les *pinnules* de grande taille sont très allongées par rapport à leur longueur, elles ont 7 à 15 mm de long et 2 à 3 mm seulement de large, le rapport $\frac{l}{L}$ est compris entre 1/3 et 1/5. Alternes, presque étalées, à angle droit sur le rachis, elles sont étroitement soudées entre elles à la base de façon constante sur environ 1,5 à 3 mm de longueur. Le contour du limbe est nettement triangulaire, étroitement rétréci vers le sommet où la pinnule se termine en une pointe aiguë et épineuse ; les bords latéraux sont dentelés en scie. Ces dents obliques par rapport à l'axe de la pinnule, longues et aiguës, semblent se terminer par une sorte d'épine, comme l'extrémité de la pinnule.

Le *système nervuraire* est très accentué :

- la *nervure médiane* , non décurrente, très large à la base, s'amincit lentement jusqu'à l'extrémité de la pointe terminale ;
- les *nervures latérales*, régulières, presqu'aussi larges que la nervure médiane, se détachent obliquement de celle-ci sous un angle de 30 à 35°. Elles sont très espacées les unes des autres et à chaque dent latérale correspond une nervule. Presque opposées sur la nervure médiane, leur forme rigide donne un aspect de chevron à l'ensemble de l'architecture nervuraire d'une penne.

Les *rachis* de dernier ordre sont en général assez larges et canaliculés longitudinalement en dessus ; les rachis secondaires et primaires larges et marqués de temps à autre de fines ponctuations peu visibles.

Les *pennes secondaires* alternes, plus ou moins étalées, se touchent par leurs bords, elles sont effilées vers le sommet en une pointe aiguë ; leurs dimensions varient entre 10 et 15 cm pour la longueur et 2 à 3 cm pour la largeur.

Les frondes sont probablement tripinnées.

Synonymie :

Les pinnules de *Filicites feminaeformis* , type décrit par SCHLOTHEIM, paraissaient indépendantes les unes des autres à leur base, en fait il s'agit d'une anomalie de conservation et ce genre doit entrer en synonymie avec *Pecopteris feminaeformis* de même que *Polypodites elegans* que GOEPPERT considérait comme différent de *Filicites feminaeformis*.

Rapports et différences :

La disposition des nervures secondaires montre que les plus basses arrivent au bord du limbe, au niveau de la soudure de deux pinnules adjacentes, sans pourtant se souder entre elles. Ce caractère de la nervation se retrouve dans *Pecopteris unita* et dans d'autres espèces du même groupe ; il serait donc possible de rapprocher *P. feminaeformis* du groupe de *P. unita*, où l'on observe par contre une soudure progressive de plus en plus complète des bords latéraux des pinnules contiguës. La soudure des pinnules de *P. feminaeformis* se fait sur une longueur sensiblement constante, si l'on considère les pinnules d'une même penne ou de pennes voisines. D'autre part, la dentelure accusée

des pinnules est tout à fait typique de *P. feminaeformis*, il n'est donc pas possible de le confondre avec aucune espèce ni de le rapporter à un quelconque groupe de Pecopteris décrit précédemment.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 5/N 24 : Toit d'un deuxième filet au mur de Grande Couche.

Devay : 14/C 20 : Toit du Banc-Repère. S 517 : Toit de Grande Couche.

Les Rioux : S/517/E 127 à 82 au Toit de Grande Couche S3/E 557 Toit de Grande Couche.

Remarques sur les échantillons étudiés.

Un fragment de penne (secondaire ?) porté par l'échantillon provenant du Devay, Banc-Repère, offre très nettement les caractères de *P. feminaeformis* tels que le montrent les fig. 60 et 61, et les photographies. On remarquera une fine ponctuation qui s'étend aux nervures principales et aux nervures secondaires. Le rachis (secondaire ?), plat, atteint 1 mm de large. Le réseau cuticulaire est bien visible.

Les nombreux échantillons récoltés aux Béthoux, dans un filet du mur de Grande Couche, fournissent des fragments de pennes secondaires de grande taille, d'environ 10 cm de longueur. Alternes, plus ou moins étalées à angle droit sur le rachis secondaire, elles se touchent par leurs bords à contours plus ou moins linéaires, les pinnules de petite taille sont très denses sur les rachis tertiaires. Très souvent le trabécule limbaire reliant la base des pinnules n'est pas conservé, comme

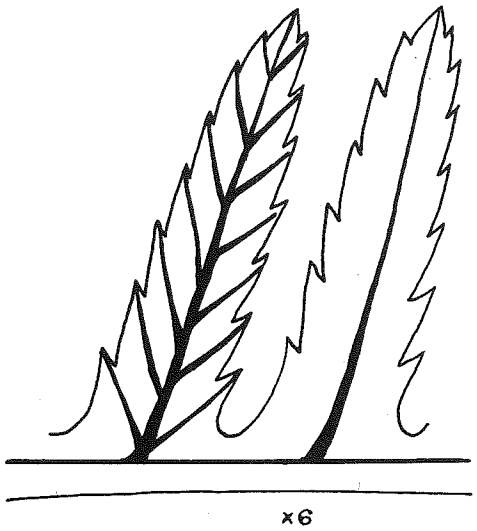


Figure 60 - Pecopteris feminaeformis *Schlotheim* : pinnule et nervation.

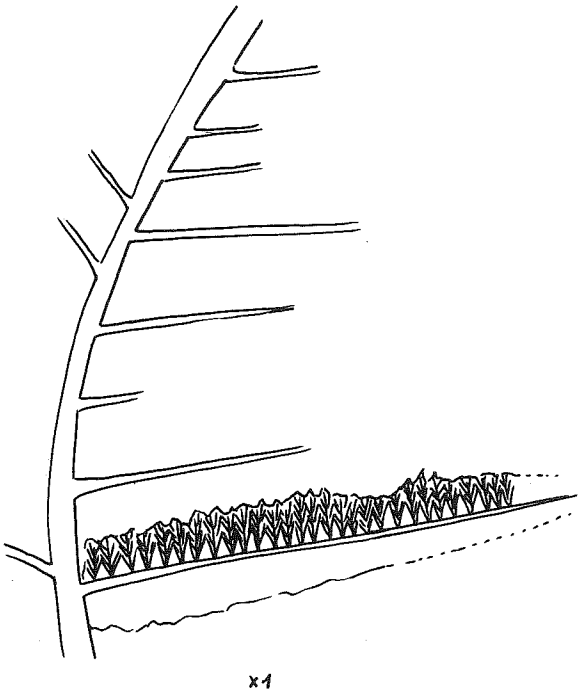


Figure 61 - Pecopteris feminaeformis *Schlotheim*: schéma d'une fronde.

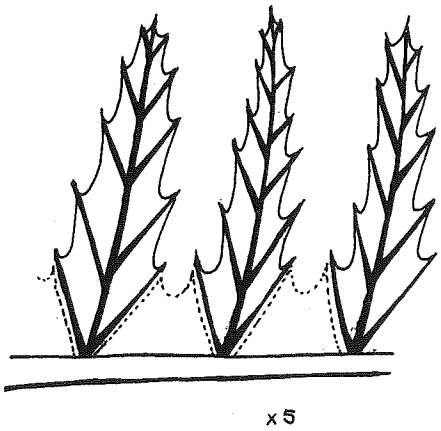


Figure 62 - Pecopteris feminaeformis *Schlotheim* : modifications du limbe.

c'est le cas dans ces différents échantillons ; les pinnules semblent alors indépendantes les unes des autres, leur base prend la forme d'un coin dont le sommet constitue le point d'insertion de la pinnule et de sa nervure médiane sur le rachis-support, mais avec attention on constate plus loin la soudure mutuelle des pinnules (fig. 62).

Toutes les empreintes limbaires sont planes, ce qui laisse supposer que le limbe était très lisse. Les fragments remontés par sondage sont très réduits et ne fournissent pas de renseignements précis.

Conclusion :

Ne connaissant de cette espèce que des portions de pennes primaires, privées de leur extrémité terminale et de leur insertion sur le rachis primaire, la reconstitution d'une fronde entière de *P. feminaeformis* n'a encore pas pu être réalisée complètement. *P. feminaeformis* n'a jamais été observé à l'état fertile, de sorte qu'il est difficile de préciser sa place dans une classification naturelle et ses affinités réelles demeurent encore problématiques.

9 - PTERIDOSPERMEE :

Pecopteris Plückeneti SCHLOTHEIM

Fig. 63 et 64 - Pl. Z

Cette plante a été longtemps considérée comme une Pécoptéridée mais en 1904 GRAND'EURY a eu la chance de trouver dans le Bassin houiller de Saint-Etienne une série d'échantillons de Pecopteris Plückeneti, fructifiés. Ces formations, fixées à la face inférieure des pinnules sont de petites graines ailées du type Samaropsis qui ont permis de classer ce Pecopteris parmi les Gymnospermes : c'est donc une Pléridospermée.

1820 - *Filicites Plückeneti* Schlotheim, Petrefactenkunde p. 410, pl. d. Vorwett., pl. X, fig. 19.

1826 - *Pecopteris Plückeneti* Sternberg, Ess. Fl. monde prim., I, fasc. 4.

Brongniart, Hist. végét. foss., p. 335, pl. 107, fig. 1-3.

1883 - *Dicksoniites Pluckeneti* Sterzel, Ueler Dicks. Plückeneti (Bot. Centralbl. XIII, n° 89, pl. VI, fig. 1-6).

Echantillons	38/A2	4/N 27	24/Ao
l	5 mm	9 mm	5,5 mm
L	9 mm	15 mm	10 mm
$r = \frac{l}{L}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{1}{2}$

Diagnose :

Les *pinnules* de très grande taille, de forme grossièrement triangulaire, longues de 10 à 15 mm, larges de 5 à 9 mm, ont un rapport $\frac{l}{L}$ souvent égal à 1/2 mais parfois supérieur à cette valeur. Disposées de façon alterne, un peu obliques sur le rachis-support auquel elles sont attachées par toute leur base, les pinnules sont parfois un peu soudées entre elles et le plus souvent faiblement contractées et distantes les unes des autres. Le limbe est largement lobé : on compte le plus souvent cinq lobes latéraux par pinnule parfois 3 ou 7 ; ces lobes sont arrondis et convexes à la face supérieure. L'extrémité libre de la pinnule est elle-même largement arrondie, semblable à un lobe sommital.

La *nervation* est en général assez marquée :

- la *nervure médiane*, large, rectiligne en saillie, s'amincit peu à peu pour disparaître complètement à la base du lobe sommital :
- les *nervures latérales* fines, beaucoup moins nettement marquées que la nervure principale, se détachent à 45° de la nervure principale ; chaque nervure secondaire fournit un faisceau de nervules bifurquées disposées en éventail dans chaque lobe.

Les *rachis* de dernier ordre, larges de 1,5 mm, plats et lisses, portent jusqu'à 10 pinnules latéralement, formant des pennes longues de 5 à 6 cm : ce sont certainement des pennes tertiaires fixées à angle droit dont les rachis secondaires nus ont 4 mm de large.

Les rachis d'avant-dernier ordre peuvent avoir 10 à 15 mm de largeur, leur surface est très finement striée longitudinalement, parfois hérissée de quelques aspérités.

Les *pennes* sont bipinnatifides et la fronde au moins tripinnée. Le rachis principal se bifurque à diverses reprises ; ses pennes primaires bipinnées ou tripinnatifides opposées deux à deux portent, dans l'angle formé par leur rachis, tantôt un bourgeon, tantôt un prolongement de rachis principal issu du développement de ce bourgeon.

Synonymie :

Les auteurs se sont souvent demandé si *P. Plückeneti* BRONGNIART était bien la même plante que *Filicites Plückeneti* SCHLOTHEIM, mais POTONIE, après avoir examiné l'échantillon type de SCHLOTHEIM, put constater qu'il y avait bien réellement identité spécifique étant donné leur ressemblance mutuelle. Paul BERTRAND ajoute aussi dans la liste synonymique de cette espèce *Pecopteris Sterzeli* et *Sphenopteris Sterzeli* ZEILLER.

Rapports et différences.

P. Plückeneti offre une évidente ressemblance avec *P. Sterzeli* ZEILLER, tant du point de vue de la forme des pinnules que du mode de découpage de leur limbe. Il est même parfois impossible de faire la distinction si on ne possède que des échantillons restreints. On sait pourtant que les pennes de dernier ordre de *P. Plückeneti* sont moins longues, et ses pinnules ont des lobes moins nombreux (fig. 64).

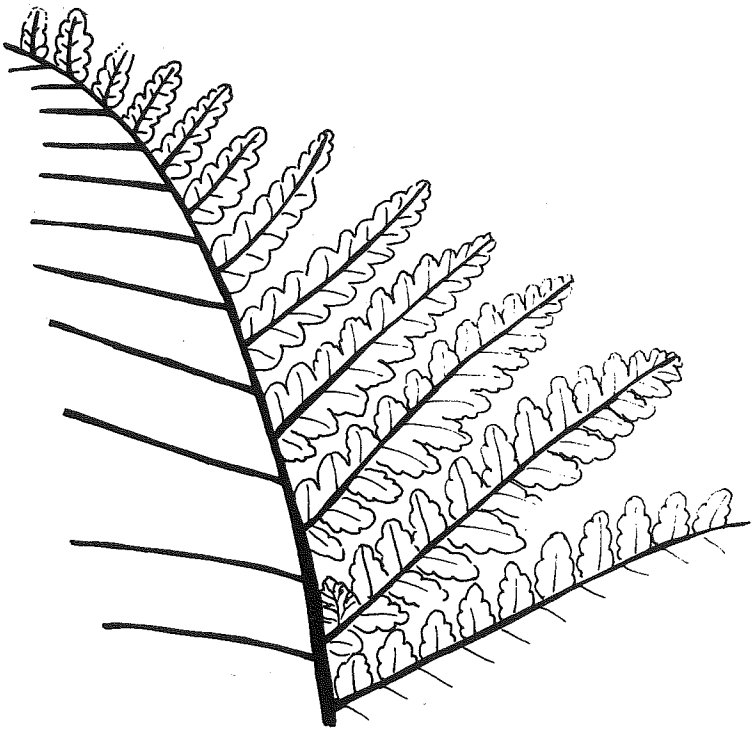


Figure 64 - Pecopteris Plückeneti *Grand'Eury* : zone terminale d'une fronde.

Le mode de ramification des frondes prouve de plus l'existence d'une étroite affinité entre les deux espèces. Cependant pour P. BERTRAND, *Pecopteris Sterzeli* ZEILLER paraît n'être qu'une variété de *P. Plückeneti*. Les lobes plus échancrés de *P. Plückeneti* et les pinnules plus contractées à la base de *P. Sterzeli* ZEILLER permettent de les différencier.

Les pinnules lobées ou découpées le rapprochent beaucoup des Sphénoptéridées et spécialement de *Sphenopteris Sterzeli* ZEILLER que Paul BERTRAND fait tomber en synonymie avec *P. Pluckeneti*. Les pinnules de ce dernier sont fixées au rachis par toute leur base, tandis que celles du *Sphenopteris* sont pédonculées.

Echantillons étudiés :

Les Béthoux : 4/N 27 : Toit de la Couche Inférieure - 4/N 23 Toit de Banc de Mur.

Saint-Arey : 3/C 21 Toit à 1175 m.

Devay : 3/C 20 Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs.

Eperons : 47/A 2 Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs. 7/A 4 : filet dans le toit de Banc au Mur de Trois-Bancs. 46/A 2 : Mur de Trois-Bancs. Aoo : Mur de Banc au Toit de Trois-Bancs. 38/A 2 : Mur d'Henriette. 12/A 4 : Mur d'Henriette.

Bois-Freynet : 24/Ao : Toit de Banc au Mur de Trois-Bancs. 25/Ao : Mur de Trois-Bancs.

Villaret : 11/Ao Mur de Trois-Bancs - 12/Ao Toit de Trois-Bancs.

Sondage de Crouillonne 4 : à 355,8 m.

Remarques sur les échantillons étudiés.

Les nombreux échantillons observés n'offrent que des fragments de pennes de dernier ordre très rudimentaires dans l'ensemble. Cependant, l'échantillon 38/A 2 provenant du Mur d'Henriette dans le pendage Eperons apporte à lui seul le maximum de renseignements sur les caractères de l'espèce, la figure 63 les représente. On remarque sur cette empreinte les différents types de ra-

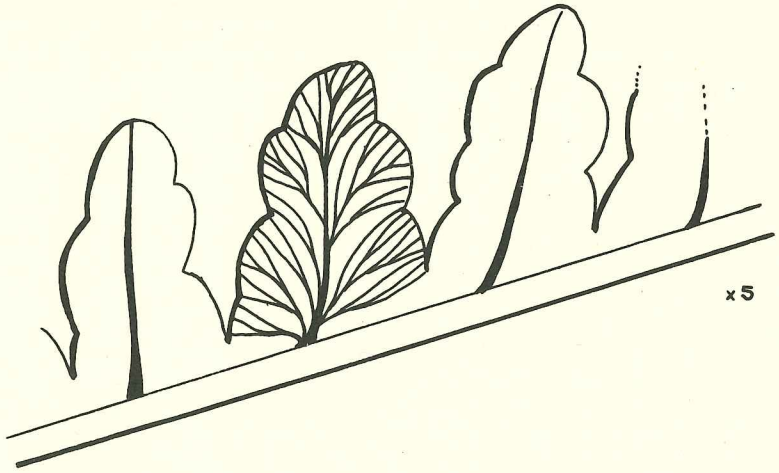


Figure 63 - Pecopteris Plückeneti *Grand'Eury* : forme des pinnules et détails de la nervation.

chis, spécialement une portion de rachis primaire longue de 6 cm environ, les pinnules ont 3 à 5 lobes suivant leur position sur la penne. La nervation de ces pinnules est surtout bien représentée par la nervure médiane saillante sur les empreintes en relief. On peut se faire une idée de l'épaisseur du limbe de ces pinnules d'après la concavité ou la convexité très accusée des deux types d'empreintes.

Conclusion :

Ce pseudo-Pecopteris est donc nettement une forme aberrante si on veut toujours la considérer comme une Pécoptéridée ; la forme caractéristique de ses pinnules en ferait plutôt un *Sphenopteris*. Les petites graines digones ailées à surface granuleuse que GRAND'EURY a trouvées, sont fixées à la face inférieure des pinnules à raison de une par lobe ; elles sont une preuve évidente de sa véritable nature. Les graines mures détachées des feuilles sont connues sous le nom de *Carpolithes granulatus*.

TROISIÈME PARTIE

LA RÉPARTITION DES PÉCOPTÉRIDÉES ET LEUR ROLE STRATIGRAPHIQUE DANS LE BASSIN DE LA MURE

L'étude de la flore fossile du Bassin de La Mure a fourni des données encore fragmentaires dans leur ensemble, toutefois d'un point de vue purement paléontologique, la description des PECOPTERIDEES qui était le but essentiel de ce travail m'a permis d'établir, dans le détail, une liste des espèces du *genre* Pecopteris reconnues dans les niveaux fossilifères du bassin.

Il serait dès lors nécessaire d'essayer de dégager l'intérêt stratigraphique de cette étude : si on se reporte aux listes des provenances qui ont été données successivement au cours de la description des espèces, on constate que les divers gisements sont inégalement représentés.

Il s'impose donc de *définir une aire de répartition verticale et horizontale pour chaque espèce* ; en fonction de sa fréquence relative dans les différentes couches, il sera possible de déduire sa valeur stratigraphique.

Chaque niveau sera ainsi repéré par la présence ou l'absence d'espèces-types dans sa composition floristique ; l'examen des renseignements fournis par les éléments de la flore servira à la détermination des niveaux. Leur comparaison mettra en relief les caractères particuliers de ces horizons à partir desquels un essai de chronologie des diverses assises des sédiments houillers de La Mure pourra être établi.

CHAPITRE I

EXTENSION DES ESPÈCES DANS LE GISEMENT

Pour mettre en lumière l'importance relative des *espèces* de Pecopteris, il m'a semblé nécessaire d'établir avec précision des tableaux de répartition de ces dernières montrant leur distribution verticale et horizontale dans les niveaux du Bassin de La Mure.

Cette étude de la fréquence des espèces fournit un double intérêt qui se traduit par la possibilité de connaître la répartition de chaque espèce dans l'espace et dans le temps.

Si du point de vue paléontologique, deux espèces voisines apportent le même intérêt malgré des caractères différents, du point de vue stratigraphique chaque espèce a une valeur particulière par suite de sa fréquence dans les horizons fossilifères.

Ainsi, comme P. BERTRAND, nous serons conduits à distinguer :

- des espèces-guides fournissant des indications précises, car elles sont limitées dans le temps ;
- des espèces rares qui ne sont qu'exceptionnellement intéressantes ;
- des espèces banales n'apportant aucun renseignement car elles se trouvent partout.

PECOPTERIS PLUMOSA-DENTATA BRONGNIART est extrêmement répandu dans tous les niveaux du bassin ; il me semble toutefois *plus commun* dans la zone inférieure jusqu'aux Trois-Bancs et *moins abondant* au contraire, dans la zone supérieure aux Trois-Bancs ; là, il diminue d'importance et me paraît très voisin de l'extinction. Mais il ne faut pas imposer à cette espèce une limite dans le temps, puisque j'ai pu encore remarquer sa présence au sommet de la formation, dans le Mur de Rolland aux Rioux. Sa répartition horizontale dans les niveaux est assez homogène, cette espèce a dû exister sur toute l'étendue du bassin bien qu'elle n'ait pas encore été récoltée dans les pendages du Bois-Freynet et de La Motte.

PECOPTERIS ACUTA BRONGNIART *fort rare* dans le Bassin de La Mure, n'a été observé que sur un seul échantillon provenant du sondage de Cognet n° 2 à 514, 25 m. Découvert sur un fragment de schiste ardoisier à débris végétaux hachés, ce dernier a été interprété comme le Toit d'une Passée située en dessus de 25 m d'un grès compact sondé entre 527 et 544 m, reposant sur la gratte de base grossière riche en éléments quartzeux. Cette espèce appartient à *l'extrême base de la série* des sédiments houillers de La Mure. Il est souhaitable que des récoltes ultérieures apportent de nouvelles empreintes confirmant la faible extension verticale de cette espèce qui, par suite, deviendrait caractéristique de la base de la série.

PECOPTERIS BIOTI BRONGNIART *rare*, représenté en général par des débris de pennes peu significatifs, a été récolté dans les affleurements du chemin des Sagnereaux, dans le pendage Eperons, dans un deuxième rejet au Mur de la formation et à 633 m dans le sondage de Crouillonne 4. Bien que peu abondant, je considère qu'il est limité à des niveaux de la base de la série situés sous l'assise stérile du mur. Cette espèce-guide peut donc être utilisée pour identifier l'assise de La Faurie.

PECOPTERIS PLATONI GRAND'EURY se rencontre d'Est en Ouest dans toutes les subdivisions du bassin et ne semble pas avoir eu de préférence pour un bord ou pour l'autre de la lagune de sédimentation. Il apparaît brusquement dans le Banc au Mur de Trois-Bancs et son aire de répartition est discontinue : je n'ai pas constaté sa présence entre le Mur de Trois-Bancs et le Mur de Banc de Mur ; je pense que cette courte interruption correspond sans doute à une lacune dans les récoltes systématiques et non à une tendance à l'extinction car il est *fréquent* dans tous les niveaux supérieurs depuis le Banc du Mur jusqu'au Toit de Rolland.

En conséquence, cette espèce bien représentée appartient dans l'ensemble à toute la série supérieure aux Trois-Bancs et caractérise assez bien cette zone.

PECOPTERIS SARAEFOLIA BERTRAND, par sa présence très régulière, caractérise tous les niveaux situés au-dessous du Toit de Couche Henriette qu'il ne dépasse pas. Il est difficile d'établir nettement le moment de son apparition ; cette espèce, *très abondante* dans tous les horizons de la base, peut servir d'espèce-guide puisqu'elle a une faible extension dans le sens vertical.

La variété LOBATA CORSIN du PECOPTERIS SARAEFOLIA n'est représentée que par deux échantillons récoltés dans le Mur de Grande Couche et dans le Sondage de Crouillonne à 361,6 m, cette cote serait interprétée comme le niveau des Trois-Bancs. Cette variété est donc particulièrement *sporadique* et il est juste de lui accorder une importance limitée à sa curiosité paléontologique.

PECOPTERIS BUCKLANDI BRONGNIART a été récolté dans les Epontes des couches de la base de l'assise productive où il est commun, tandis qu'il paraît être toujours *moins fréquent* dans les horizons fossilifères compris entre Grande Couche et Couche Rolland. Entre ces deux zones, il est absent, c'est donc une espèce caractérisant plutôt les assises situées au-dessous des Trois-Bancs sans en être l'espèce-guide, puisqu'on la retrouve plus haut dans la série. Je n'ai jamais pu constater sa présence à l'Est du pendage des Eperons, cette espèce est donc assez bien localisée dans la bordure ouest du bassin.

PECOPTERIS VILLOSA BRONGNIART est *peu fréquent*, les quelques échantillons que j'ai observés provenaient des niveaux fossilifères classiques comme Banc au Mur de Trois-Bancs, Trois-Bancs, Banc-Repère, Banc de Mur, Rolland ; cependant il fait défaut dans toute la base de la série et malgré la discontinuité de son aire de répartition, j'estime que cette espèce ne doit pas apparaître avant le Mur de l'assise productive.

PECOPTERIS MICROMILTONI P. BERTRAND est *très rare* dans le bassin de La Mure ; deux sondages ont mis à jour cette espèce qui semble provenir de niveaux situés bas dans la série et qui ne peuvent être déterminés avec précision. Pourtant, j'ai constaté son existence au niveau de Grande Couche qui est déjà dans la zone supérieure des sédiments houillers ; mais les récoltes sont trop isolées pour donner à cette espèce une signification stratigraphique et il est difficile de conclure avec précision au sujet de l'ampleur de son extension. Toutefois, P. CORSIN étudiant les Pécoptéridées du Bassin de Sarre-Lorraine signale sa présence dans la zone Saint Avold de l'Assise de la Houve où "il prend un grand développement, puis on le voit diminuer d'importance dans le Stéphanien inférieur où il devient très rare". Sans essayer de faire quelques comparaisons entre notre gisement et le bassin de Sarre-Lorraine qui sont beaucoup trop éloignés, nous pouvons dire que Pecopteris micromiltoni a sensiblement la même répartition verticale dans les deux cas.

PECOPTERIS PINNATIFIDA GUTBIER est une espèce-type qui ne se rencontre que dans la partie supérieure de la série productive où elle est régulièrement représentée, mais *peu abondante*. Elle reste pourtant caractéristique des assises stéphaniennes comme dans d'autres bassins tels que Brives ou Valenciennes ; à La Mure, elle ne descend pas au delà du Banc au mur de Trois-Bancs ; elle sera donc utilisée pour repérer les niveaux typiquement stéphaniens.

PECOPTERIS LAMURENSIS HEER *sp.* est *très abondant* dans la plus grande partie du bassin dont il constitue nominalement le représentant classique le mieux connu. Depuis le Toit de la Couche Inférieure jusqu'aux stériles du Toit de la formation, on le rencontre partout en très grand nombre ; toutefois je ne pense pas qu'il soit absent des assises de la base où son existence, bien que très sporadique, semble annoncer le début d'un développement qui atteint son maximum dans les niveaux compris entre les Trois-Bancs et la Couche Rolland.

Ses caractères morphologiques particuliers et son mode d'extension lui confèrent un rôle d'espèce-guide servant à repérer l'assise de base du Stéphanien qu'on retrouve régulièrement dans les bassins houillers, ainsi : l'assise de Sarrelouis dans la *Sarre-Lorraine*, l'assise de Rive-de-Gier dans *le bassin de St-Etienne* et la série de Bessèges, dans *le bassin du Gard* sont caractérisées par une flore très riche en P. lamurensis. Les horizons supérieurs du bassin de La Mure semblent donc être comparables aux assises précédentes.

PECOPTERIS OREOPTERIDIA SCHLOTHEIM, *peu commun*, ne présente pas de maximum dans sa distribution verticale. Je tends à le considérer comme une espèce satellite, sans importance stratigraphique, localisée dans les niveaux les plus récents du Houiller de La Mure.

PECOPTERIS POLYMORPHA BRONGNIART, *très abondant*, a été récolté en grande quantité dans tous les horizons à flore, où il serait très répandu, telle une mauvaise herbe proliférant quelles que soient les conditions écologiques du milieu. Cette espèce banale, qui a envahi la forêt houillère pendant longtemps, et sur de grandes étendues, ne peut pas apporter de renseignements chronologiques précis pour caractériser les divers niveaux de la série, et P. BERTRAND le considère

comme "une plante envahissante qui souvent chasse les espèces-guides intéressantes des horizons où elle s'installe".

J'ai constaté sa présence dans les toits et murs des couches de l'assise productive, depuis la Couche Inférieure jusqu'à la Couche Rolland.

PECOPTERIS POLYMORPHA FORME MINOR reste *assez exceptionnel* dans les stériles du bassin de La Mure. Je ne l'ai observé que sur deux empreintes recueillies au mur de Grande Couche et au toit de Banc au Mur des Trois-Bancs. Ce sont des horizons à flore très riche où de nombreuses espèces étouffent dans leur masse cette forme minor de P. polymorpha à laquelle je porte un intérêt paléontologique et une importance stratigraphique excessive.

PECOPTERIS PSEUDOBUCKLANDI ANDRAE, dont je n'ai eu qu'un échantillon sous les yeux, est une *forme unique* qui a été récoltée en 14/Ao dans le toit de Banc au mur de Trois-Bancs. Il est présent dans d'autres bassins houillers : en Thuringe il a été signalé comme appartenant au Stéphanien B et C, dans l'assise Sarrelouis de la Sarre, CORSIN le décrit sous le nom de P. macronerv limite l'extension de cette espèce au Stéphanien A supérieur, tandis que dans le NW de l'Espagne (Province de Léon), WAGNER le replace dans le Stéphanien B. Le niveau de Villaret où je l'ai observé est assez bas dans la série et ne doit pas appartenir au Stéphénien A supérieur comme dans la Sarre ou à des termes supérieurs de la série stéphanienne. Toutefois, il est assez délicat d'essayer de dégager quelques données stratigraphiques à partir de cet échantillon bien isolé, cependant j'espère que des récoltes ultérieures viendront confirmer cette idée au sujet de P. pseudobucklandi.

PECOPTERIS ARBORESCENS SCHLOTHEIM *sp.* s'est largement répandu dans tout le bassin, mais sans être aussi commun que *P. polymorpha*, il est *très abondant* et de bas en haut de la série j'ai constaté qu'il marquait un maximum dans son développement au niveau des Trois-Bancs. Cette espèce ne peut certes caractériser un niveau précis, mais sa présence constante depuis la Couche Inférieure jusqu'à la Couche Rolland nous permet d'assimiler cette zone à l'assise stéphanienne de Sarrelouis du bassin de la Sarre et de la Lorraine où cette espèce a été signalée avec les mêmes caractères.

PECOPTERIS CYATHEA SCHLOTHEIM a été recueilli en abondance dans toute l'épaisseur des sédiments houillers, depuis ceux affleurant sur le chemin des Sagnereaux et qui reposent sur le brèche de base, jusqu'aux stériles du toit de la formation productive, dans le quartier des Béthoux. C'est une espèce cosmopolite qui a peuplé indifféremment tous les niveaux et s'est perpétuée avec une plus ou moins grande intensité à travers les assises individualisées dans le bassin de La Mure. Bien que très abondant, l'aire de répartition étendue de ce Pecopteris ne me permet pas de lui assigner un rôle stratigraphique particulier dans le gisement.

PECOPTERIS AFFINIS BRONGNIART ne s'est pas manifesté très fréquemment dans les diverses récoltes systématiques qui ont été effectuées : je peux le considérer comme une espèce *peu abondante* ; toutefois, en observant la distribution des points d'où proviennent les échantillons, il est intéressant de remarquer qu'ils sont bien groupés entre le Banc au mur de Trois-Bancs et les Trois-Bancs. Cette espèce, dont la période d'apogée est nette et bien délimitée, présente donc les caractères requis pour être une espèce-repère qui définira le niveau des Trois-Bancs et le Banc au mur des Trois-Bancs.

PECOPTERIS PILOSA P. CORSIN, recueilli en deux points seulement, est une espèce *très rare* dans le bassin de La Mure. Je ne pense pas qu'il soit possible de lui accorder une attention particulière quant à sa signification stratigraphique.

PECOPTERIS PECTINATA P. BERTRAND a été récolté dans les stériles depuis le Toit de la Grande Couche jusqu'au Toit de Rolland. Il est *peu abondant* mais apporte des indications précieuses au sujet de la définition des niveaux où il est localisé. En effet, je n'ai jamais constaté sa présence dans les horizons à flore située sous la Grande Couche et sa distribution verticale de faible durée me laisse croire qu'il s'agit d'une espèce bien caractéristique de la zone supérieure de la série correspondant aux derniers cycles de sédimentation houillère après le dépôt le plus important qui fut à l'origine de la Grande Couche.

PECOPTERIS LEPIDORACHIS BRONGNIART, comme nous l'avons montré dans la partie décrivant les espèces, mérite une attention spéciale pour sa détermination ; il n'en reste pas moins commun dans toute l'assise productive du bassin. Il ne présente pas de maximum de fréquence permettant de le rendre typique dans un niveau donné ; de fait, si on recherche son mode d'extension dans les sédiments houillers d'autres bassins, on s'aperçoit qu'il n'est pas particulièrement attaché à une zone reconnue comme zone-repère : dans la *Sarre Lorraine*, il a été signalé dans *la zone Saint-Avold* comme appartenant au Westphalien D et il s'élève dans tout le Stéphanien avec, semble-

t-il, un maximum au Stéphanien B où il est fréquent, ce qui confirme ses propriétés d'espèce banale poursuivant son développement sur une longue période. Cette espèce se retrouve avec les mêmes caractères dans toute la série de La Mure où elle a proliféré abondamment.

PECOPTERIS HEMITELIOIDES BRONGNIART apporte des renseignements précis quand on étudie son mode de répartition dans le bassin : il est *abondant* et même *commun* dans les niveaux à flore compris entre la brèche de base du houiller et le Mur de Trois-Bancs. Je l'ai recueilli à l'affleurement des Sagnereaux, vers la cote 1020, dans un lit de débris de végétaux flottés où il était associé à de très nombreux Mixoneura alpina. Or on sait que la présence de Mixoneura alpina permet d'affirmer l'existence du Westphalien D. De plus, j'ai remarqué que cette espèce s'élevait jusqu'au Mur des Trois-Bancs, sa distribution verticale peu étendue lui confère des caractères d'espèce-guide. Si dans les niveaux inférieurs elle peut être interprétée comme une espèce d'âge Westphalien D du fait de son association avec les Mixoneura, dans les horizons supérieurs du stérile du mur de l'assise productive, il ne peut pas en être de même. En effet, dans les épontes de la Couche Inférieure, dans celle du Banc au Mur de Trois-Bancs et des Trois-Bancs, il est exceptionnel de rencontrer un *Mixoneura alpina*, or *P. hemitelioides* y est encore abondant : c'est donc une *espèce à affinités westphaliennes* qui a tenté de se maintenir dans les cycles sédimentaires postérieurs au Westphalien D, ceci toutefois sans grand succès, puisqu'elle s'éteint rapidement au niveau des Trois-Bancs.

PECOPTERIS CANDOLLEI BRONGNIART a été récolté en de très nombreux points du gisement. Ces points, assez dispersés de bas en haut et d'Est en Ouest, permettent de jalonner une aire de répartition vaste, où il est difficile de déterminer une période d'apogée. Cette espèce *commune* se retrouve régulièrement à travers la série depuis le Westphalien à *Mixoneura* du quartier de La Motte, jusqu'au banc de Toit et à l'affleurement de surface de Crouillonne. Cette espèce ne peut pas être utile pour repérer un niveau puisque nous pouvons la rencontrer dans toutes les assises.

PECOPTERIS UNITA BRONGNIART nous a montré des caractères évolutifs dans la morphologie des pinnules qui, de bas en haut de la fronde, se différenciaient régulièrement. En étudiant sa répartition stratigraphique, une évolution dans son mode d'extension paraît évidente. J'ai constaté son apparition dans les niveaux de la cote 1020 au chemin des Sagnereaux qui sont assimilés aux termes les plus bas de la série puisqu'ils affleurent au-dessus des micaschistes du socle. Cette espèce fréquente poursuit sa progression dans les horizons à flore de la Couche Inférieure, du banc au Mur de Trois-Bancs, des Trois-Bancs, devient de plus en plus abondante, puis se manifeste plus sporadiquement dans les niveaux suivants jusqu'au banc de Mur : je n'ai jamais eu entre les mains d'échantillons provenant des stériles supérieurs à la Grande Couche et je ne pense pas qu'elle y ait été signalée.

Au moment où elle a été repérée comme étant la plus abondante, cette espèce me semble être à son apogée qu'elle a lentement préparé au cours d'une période qui correspond au dépôt des sédiments antérieurs à la Couche Inférieure. Ce maximum est suivi d'un déclin assez long précédant l'extinction avant la Grande Couche qui a fait barrière à cette espèce-guide.

PECOPTERIS FEMINAEFORMIS SCHLOTHEIM est *rare* dans le bassin de La Mure, cependant les caractères morphologiques si particuliers de son feuillage finement denticulé apportent une note singulière au niveau dans lequel il est récolté. Les quelques échantillons que j'ai observés provenaient du Banc-Repère, Banc de Mur et surtout du Toit de Grande Couche où il a dû être abondant. Cette espèce est donc caractéristique des assises supérieures de la série, à savoir essentiellement les stériles situés au-dessus de Grande Couche. Dans d'autres Bassins, ce Pecopteris est signalé comme étant très commun depuis le Stéphanien moyen jusqu'au Permien ; à La Mure, il peut définir les niveaux houillers les plus récents.

PECOPTERIS PLUCKENETI SCHLOTHEIM *fréquent* dans tous les niveaux de l'assise productive ne présente qu'un intérêt secondaire pour cette étude, puisqu'il s'agit d'un pseudo Pecopteris. Toutefois, cette Ptéridospermée montre déjà un développement important qu'il est intéressant de signaler. Depuis le Toit de la Couche Inférieure où je l'ai mis en évidence, jusqu'au Toit du banc de Toit, cette assise présente un maximum au niveau des Trois-Bancs où elle se répand lentement. Sur le même horizon, des graines ailées ont été recueillies et pourraient lui appartenir. Cependant, au-dessus des Trois-Bancs, Pecopteris Plückeneti semble migrer vers la bordure ouest du bassin ; j'ai eu des échantillons provenant des Béthoux, de St Arey et de Cognet, mais aucun de la zone du Villaret et de Prunières. Dans cette dernière, les graines ailées se sont révélées abondantes dans certains horizons, spécialement au Mur de Banc de Mur, au Mur de Banc du Toit et dans le Toit de Rolland. L'association des feuilles de P. Plückeneti avec les graines ailées n'est donc pas un fait constant pouvant nous fournir des précisions sur le développement de cette espèce à travers la série houillère du bassin de La Mure.

L'étude de la répartition des espèces prises individuellement montre des variations continuelles à chaque niveau à mesure que l'on s'élève dans la série des terrains considérés.

L'*extension verticale* de chaque espèce doit être délimitée avec précision, ce qui ne me semble pas toujours possible. Ainsi, quand une espèce est très abondante dans un horizon donné, ou qu'elle y est strictement cantonnée, ce dernier est considéré comme un niveau-repère où peuvent être associées plusieurs espèces qui formaient les anciens groupements végétaux.

CHAPITRE II

COMPOSITION FLORISTIQUE DES NIVEAUX

Plus qu'une espèce isolée, l'association des espèces de Pecopteris dans un même horizon est significative et permet de définir un niveau d'après sa flore. Aussi les variations des groupements végétaux vont nous permettre de zonéographier la série sédimentaire synthétique du houiller de La Mure dont nous allons retracer l'aspect floristique initial.

L'ensemble stérile affleurant au Sud du Col de la Festinière à l'éperon de Ratier et sur le chemin des Sagnereaux se retrouve avec les mêmes caractères floristiques dans le Travers-Bancs des Merlins, dans la Galerie du Drac, dans la Galerie de La Faurie et dans le sondage de Cognet n° 2. Cette assise a livré une flore riche en *Pecopteris polymorpha*, *P. Cyathea* et *P. arborescens* : échantillons qui ont été déterminés par le Professeur CORSIN. Des récoltes récentes permettent d'ajouter : *P. saraefolia*, *P. Bucklandi*, *P. hemitelioides*, *P. unita*, *P. Candollei*, *P. Bioti* et *P. acuta*. La plupart de ces espèces ont été retrouvées dans les niveaux supérieurs, seuls *P. acuta* et *P. Bioti* y sont bien localisés et peuvent donc définir cette assise dans tous les cas, au même titre que *Mixoneura ovata* var. *alpina*.

Un conglomérat de base annonce une nouvelle zone débutant par une grande épaisseur de grès schisteux zoné où les débris végétaux sont rares, mais dans le Mur et le Toit de la Couche Inférieure je remarque pour la première fois l'apparition de formes nouvelles s'ajoutant aux espèces déjà citées dans l'assise précédente : ce sont *P. lepidorachis*, *P. cyathea*, *P. Plückeneti*, *P. plumosa-dentata* ; *ils* semblent prendre leur essor dans cet horizon. Ainsi la flore s'enrichit, acquiert brutalement une plus grande variété d'espèces de Pecopteris, ce qui me permet de croire que nous entrons dans une phase plus calme de l'histoire du bassin après des mouvements divers qui auraient entravé l'épanouissement de la flore antérieure. Toutefois, il n'y a pas d'espèce particulièrement abondante et localisée pouvant caractériser ce niveau. Il est curieux de constater que l'ensemble des débris végétaux provenant des Béthoux, Toit de la Couche Inférieure, porte des protubérances. Cette anomalie est due à la présence, sur *P. Candollei*, 29/N 24, et sur *P. hemitelioides*, 14/N 27 et 30/N 27, d'un champignon parasite : *Excipulites Neesi* Goeppert. Je pense qu'il s'agit là d'une maladie cryptogamique localement répandue à toutes les espèces végétales qui croissaient dans la région des Béthoux, créant ainsi une véritable épidémie.

Au-dessus, l'ensemble des stériles du Banc au mur de Trois-Bancs et des Trois-Bancs est assez homogène du point de vue de sa flore ; dans ces niveaux j'ai pu établir une liste détaillée d'espèces de Pecopteris, elles s'y présentent toutes en grand nombre et sont vraisemblablement au maximum de leur développement. Il est curieux de noter la similitude de composition de la flore des toits et murs de ces deux couches d'anthracite ; elles nous ont fourni *P. villosa*, *P. unita* (très abondant), *P. saraefolia*, *P. polymorpha* (très abondant), *P. plumosa-dentata*, *P. Platoni*, *P. pinnatifida*, *P. oreopteridia*, *P. lamurensis*, *P. hemitelioides*, *P. lepidorachis*, *P. cyathea* (très abondant), *P. Candollei*, *P. Bucklandi*, *P. arborescens*, *P. affinis*, *P. Plückeneti* (très abondant). Cependant, si cette longue liste comprend des espèces très communes, banales et sans grand intérêt, il en est deux qui me paraissent définir plus spécialement cette zone : ce sont *P. unita* et *P. affinis*. Je les considère comme des espèces-repères de ces horizons florifères, car elles ne se sont pas développées au-delà du toit des Trois-Bancs qu'elles n'ont pas pu franchir.

A cette flore de Pécoptéridées s'est ajoutée une grande variété d'empreintes végétales parmi lesquelles j'ai remarqué plus spécialement : *Odontopteris Reichi*, *Callipteridium pteridium*, *Callipteridium gigas* et *Alepthopteris Grandini*. Je n'ai jamais retrouvé de niveaux possédant une flore aussi abondante et variée que cette zone qui englobe le Banc au Mur de Trois-Bancs. C'est en se référant à ce niveau-repère qui contient pratiquement toutes les espèces que nous pourrons établir des rapports comparatifs entre les niveaux supérieurs.

A partir du banc du Toit de Trois-Bancs, les Pecopteris deviennent moins abondants. Le mur de cette couche est formé d'un schiste zoné avec plages de Calamites et radicelles perforantes, je n'ai rencontré que *P. lamurensis* et *P. Plückeneti* ; le toit a livré *P. Candollei* dans un schiste rubané à écailles de Poisson. De façon générale, ce niveau n'a donc pas été favorable à la fossilisation des débris végétaux quels qu'ils soient ; pourtant à cette époque, *P. lamurensis* et *P. Plückeneti* ont pu laisser trace de leur existence : ce fait prouve donc que ces deux espèces devaient être particulièrement envahissantes.

Avec la Couche Henriette, nous voyons les Pécoptéridées devenir plus importantes et des associations nouvelles se constituent. J'ai pu remarquer que le schiste micacé et le grès dur à radicelles du mur de cette couche contenaient une flore macérée abondante, au contraire le toit, dans son schiste rubané à écailles de Poissons et *Estheria Cebennensis* est totalement dépourvu de végétaux ; seul a été découvert un fragment de penne de *P. polymorpha*. C'est le seul cas où je distingue nettement *une différence floristique entre toit et mur* d'une même couche de charbon.

Si nous examinons les groupements de Pécoptéridées dans le mur de Couche Henriette, nous observons la présence de *P. lamurensis, P. Cyathea, P. polymorpha, P. saraefolia, P. plumosa-dentata* et *P. Plückeneti*. Toutes les espèces, comme nous l'avons montré précédemment, ne sont pas caractéristiques d'un niveau particulier, mais se répandent dans chaque horizon. De ce fait, le mur de Couche Henriette ne me semble donc pas être un repère spécifique, il peut tout au plus nous montrer un nouvel épanouissement de la flore filicéenne avec une prédominance des Pécoptéridées les plus communes du bassin et des *Annularia sphenophylloides* très abondantes qui les accompagnent.

Après le Toit de Couche Henriette, dépourvu de flore, le mur de Banc-Repère semble appartenir au même épisode pauvre. Il n'a fourni que des débris végétaux carbonisés parmi lesquels aucun Pecopteris n'a pu être identifié. Pourtant, si le feuillage des Fougères arborescentes de cette époque n'est pas conservé, les grosses radicelles perforantes et les Stigmaria typiques de cet horizon témoignent de l'existence d'un sol de végétation ; cette flore aurait été rapidement étouffée par des apports terrigènes considérables de sables et d'argiles responsables de la forte épaisseur de grès et schiste du Mur du Banc Repère. Ceci est suffisant pour nous laisser supposer que les Pécoptéridées n'avaient pas déserté le bassin à ce niveau, mais que des conditions locales défavorables avaient seulement empêché leur fossilisation ; ainsi s'explique *cette lacune dans l'extension de la flore*.

Dès le Toit du Banc-Repère, les espèces communes persistent, j'ai constaté la présence de *P. Candollei, P. polymorpha* et *P. villosa*. Des formes plus intéressantes apparaissent pour la première fois, ainsi *P. feminaeformis* se développe à partir de cet horizon qui marque le point de départ d'une nouvelle phase dans l'extension générale des Pécoptéridées ; elle est marquée par des espèces devenant plus abondantes et plus largement répandues.

Au Mur de Banc de Mur, le développement s'intensifie et je remarque à ce niveau *P. arborescens, P. Cyathea* (très abondant), *P. lamurensis, P. oreopteridia, P. Platoni* (abondant), *P. polymorpha, P. Pluckeneti, P. plumosa* et *P. villosa* qui est ici à son apogée.

Bien que jusqu'ici on ait signalé une flore peu abondante dans le Toit de Banc du Mur et dans le Mur de la Grande Couche, j'ai mis en évidence une gamme très étendue d'espèces de Pecopteris qui comporte en abondance : *P. polymorpha, P. plumosa-dentata, P. Platoni, P. lamurensis, P. Cyathea, P. arborescens, P. Plückeneti*. A cette première liste s'ajoutent d'autres formes moins abondantes mais enrichissant les groupements de végétaux de cette zone, ce sont : *P. Candollei* et *P. pinnatifida* ; *P. Bucklandi* est moins fréquent encore.

En observant le tableau de répartition verticale des Pécoptéridées, je constate que, dans l'ensemble, ces espèces présentent à cette époque un maximum de développement comme précédemment dans la zone des Trois Bancs. Les espèces semblent donc avoir retrouvé un équilibre dans leur mode d'association, équilibre semblable à celui qu'elles avaient déjà atteint antérieurement. Mais il est un fait nouveau qui n'existait pas dans les horizons à flore de la zone des Trois-Bancs, c'est que *Pecopteris feminaeformis* par la denticulation extrême de ses éléments limbaires, vient hérisser la forêt houillère. Cependant la similitude des groupements d'espèces de Pecopteris me conduit à interpréter ce niveau comme le symétrique de la zone des Trois-Bancs par rapport à la Couche Henriette. C'est donc une zone intéressante pour le gisement des Pécoptéridées, zone qui, avec les mêmes associations, présente les caractères de celle des Trois-Bancs ; toutefois la présence de *P. feminaeformis* apporte une note nouvelle dans ce niveau auquel j'accorde un intérêt équivalent à celui du groupe des Trois-Bancs.

Au-dessus, nous trouvons la Grande Couche, de 10 à 12 mètres de puissance, qui marque une longue phase de carbonisation au cours de laquelle tous les débris végétaux ont été transformés en charbon ; cet épisode important de l'histoire du bassin montre le rôle considérable d'une flore dont nous n'avons évidemment plus aucun reste concret.

Sur cet épais niveau d'anthracite, la série se poursuit avec le toit schisteux de Grande Couche et le mur schisto-gréseux du Banc du Toit qui m'ont livré une nouvelle association d'espèces d'une flore abondante formée de très nombreux Pecopteris et où dominent aussi les Sphénophyllées. Il faut noter ici la persistance de *P. Bucklandi, P. Cyathea, P. Candollei, P. oreopteridia* , de même que celle de *P. lamurensis* et *P. feminaeformis* qui sont les plus prépondérants. L'association des Pecopteris dans ce niveau est semblable à celle de la zone précédente, mais du fait de l'apparition soudaine de *P. pectinata,* et par contre de la disparition de *P. plumosa-dentata,* cette zone acquiert un caractère spécial. L'étude de ce niveau me permet de déduire que dans chaque horizon le nombre des espèces participant aux associations végétales est sensiblement constant, l'équilibre se maintenant grâce à un peu de substitution des espèces.

Au-dessus du Banc du Toit, les stériles du toit de Banc de Toit et mur de Couche Rolland m'ont révélé une flore riche en Pécoptéridées très variées. Je retrouve dans ces couches les mêmes espèces communes à tous les niveaux, toujours également réparties, tandis que *P. oreopteridia* semble s'éteindre à ce niveau et que *P. feminaeformis* n'apparaît pas. Ces deux espèces défaillantes sont remplacées par *P. arborescens* et *P. lepidorachis* que je ne peux considérer comme des espèces repères mais comme des survivants de formes déjà connues antérieurement.

Je signalerai plutôt le rôle particulier qu'a dû jouer *P. lamurensis* dans ce niveau très favorable où il est extrêmement répandu ; c'est donc "l'horizon à *P. lamurensis*" le plus typique de tout le Bassin, puisque c'est là qu'il a fourni le plus grand nombre d'empreintes déterminables.

Le Toit de la Couche Rolland, formé d'un schiste rubané à nodules carbonatés n'a fourni que quelques espèces parmi lesquelles j'ai remarqué : *P. lepidorachis, P. Platoni, P. polymorpha, P. lamurensis* (toujours très commun), *P. Plückeneti* et *P. villosa* qui gagne en importance. Déjà il faut remarquer une réduction très sensible du nombre des espèces dans le massif de végétation du Toit de Couche Rolland, elle marque un déclin dans leur expansion annonçant leur prochaine disparition. Cette réduction est encore plus accentuée dans l'assise stérile du toit où je n'ai rencontré que trois espèces identifiables : deux d'entre elles ont une origine ancienne, ce sont : *P. Cyathea* et *P. pinnatifida* ; le troisième : *P. pectinata* est caractéristique des horizons les plus récents de la série qu'il permet de déterminer aisément par sa seule présence.

Les différentes zones végétales que je viens de distinguer ont été établies d'après les observations faites en des points assez dispersés de chaque niveau, du fait de la non exploitation de certains quartiers. Aussi une extrapolation a-t-elle été nécessaire afin de rendre les résultats plus homogènes. Cependant, je ne pense pas qu'elle puisse modifier la valeur de la zonation de la série, car elle intéresse essentiellement la répartition horizontale des espèces dans l'espace qui, d'Est en Ouest du bassin, nous a rarement montré de différences sensibles. Cette remarque semble s'accorder avec les conclusions de J. SARROT-REYNAULD sur l'étude de la répartition des manifestations radio-actives dans les sédiments houillers ; elle a prouvé une grande "constance de la radioactivité de chaque stampe et une brusque variation verticale".

CHAPITRE III

CONCLUSIONS GÉNÉRALES RELATIVES A LA CHRONOLOGIE DE LA SÉRIE HOUILLÈRE

"Le houiller du bassin de La Mure étant relativement peu épais, les notions de zone stratigraphique et d'extension verticale des espèces animales ou végétales étaient bien trop peu précises pour donner un résultat...". Telles étaient les idées d'Alexis BOUROZ en 1952 ; aujourd'hui, l'étude systématique des Pécoptéridées a permis d'identifier les faisceaux à caractères floristiques différents à partir desquels nous pouvons préciser l'âge de la série houillère de La Mure par comparaison avec les zones types reconnues dans d'autres bassins. Bien qu'un très grand nombre d'espèces ait des caractères stéphaniens, j'ai remarqué la présence à La Mure de certaines espèces qui, dans la série de Sarre-Lorraine, caractérisent des assises westphaliennes.

Reprenant une coupe moyenne de la série stratigraphique, il m'a été possible de lui faire correspondre une échelle de répartition des espèces de Pecopteris (cf. Tableau).

L'assise de La Faurie reposant sur le conglomérat dit "des Sagnereaux" représente la zone à *P. Bioti* et *P. acuta*. D'après les travaux de P. CORSIN sur le bassin de Sarre-Lorraine, ce sont des espèces westphaliennes de l'assise de la Houve ; cette analogie entre les empreintes fossiles de ces deux assises me conduit à affirmer l'âge *Westphalien D supérieur* de l'assise de La Faurie.

Récemment ces espèces ont été rencontrées dans les carottes du sondage de Crouillonne n°4 qui a recoupé une série qui peut de ce fait être attribuée au Westphalien D supérieur ; par ailleurs, cette série repose sur un socle formé de micashiste.

De même, en révisant les échantillons provenant de la base du sondage plus ancien de Cognet n°2, j'ai trouvé le *P. acuta* associé à *Mixoneura ovata* : ces niveaux sont donc incontestablement d'âge Westphalien.

Depuis plusieurs années, l'existence du Westphalien D dans le bassin de La Mure n'était repérée que par la présence du *Mixoneura ovata*. Hoffmann. On peut actuellement y ajouter *P. Bioti* et *P. acuta*. En outre, du point de vue paléontologique, il est intéressant de signaler que cette assise est caractérisée par deux espèces appartenant à un même groupe, de la famille des Pécoptéridées. Ce groupe du *Pecopteris plumosa-dentata* est, dans cette zone, au maximum de son développement et l'extinction de ses deux représentants, concordant avec celle de *Mixoneura ovata*, semble annoncer le profond remaniement des associations floristiques consécutif aux mouvements asturiens.

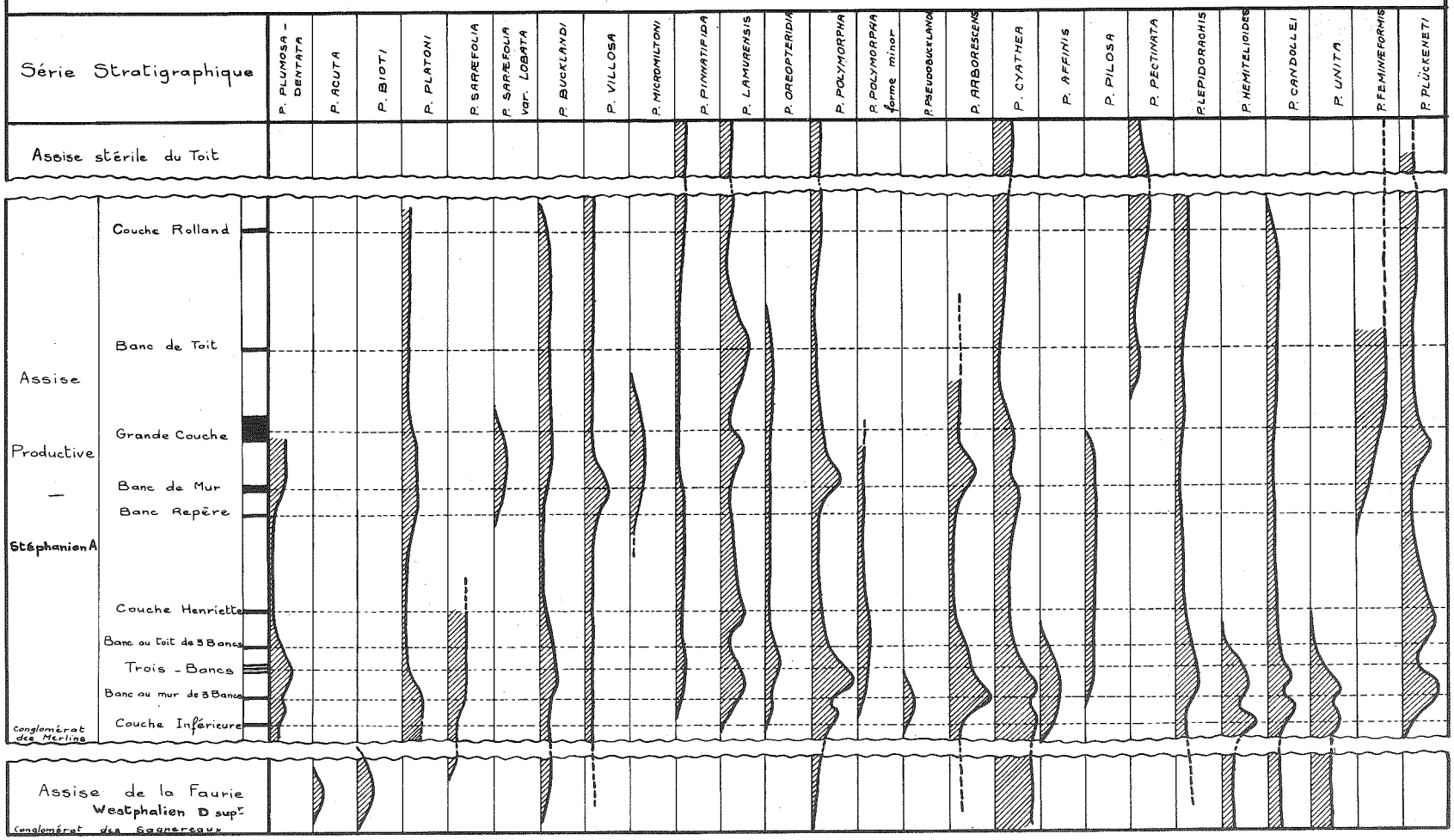
L'ensemble de la flore de la *série productive* présente des caractères nettement stéphaniens et plus précisément appartient au *Stéphanien A*, puisque les espèces rencontrées sont celles de l'assise de Sarrelouis dans le gisement de Sarre-Lorraine.

Cette puissante série débute par le conglomérat des Merlins qui serait, dans le bassin de La Mure, l'homologue du conglomérat de Holz du bassin de Sarre-Lorraine.

Du point de vue paléontologique, elle montre quelques horizons caractéristiques qui permettent de définir différentes périodes dans le développement des Pécoptéridées :

- *une zone de transition* au cours de laquelle se sont développées simultanément des espèces westphaliennes persistantes et des espèces stéphaniennes. Nous les trouvons associées dans les stériles compris entre le conglomérat des Merlins et la Couche Inférieure. Les épontes de la Couche Inférieure ont fourni indifféremment : *P. Hemitelioides*, *P. Candollei*, *P. Bucklandi* qui étaient déjà présents dans les assises westphaliennes, et *P. arborescens*, *P. lepidorachis*, que nous voyons apparaître brusquement ;
- *une zone de stabilisation floristique* groupant les niveaux des Trois-Bancs et la Couche Henriette. Dans cet ensemble, j'ai retrouvé en grande abondance les nombreuses espèces carac-

REPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES PECOPTERIS DANS LE BASSIN HOUILLER DE LA MURE



téristiques du Stéphanien A. On peut toutefois signaler comme plus marquants dans cette zone, *P. pseudobucklandi*, *P. affinis*, *P. saraefolia* et *P. Cyathea*, aux côtés de *P. lamurensis* et *P. polymorpha* ;

- *une zone de renouvellement des espèces* limitée par le Banc Repère et la Grande Couche. Ce niveau marque la fin du développement de *P. plumosa-dentata* et l'apparition de *P. feminaeformis* dont les premières empreintes se révèlent dans la partie supérieure de l'assise de Sarrelouis (zone de Dilsburg). Les caractères plus modernes de la flore de ce niveau lui confèrent un âge Stéphanien A supérieur ;

- *une zone de réduction du nombre des espèces* après l'épisode de forte subsidence qui correspond à la Grande Couche. Une seule espèce débute à ce niveau et le caractérise, c'est P. pectinata qui, dans tout le bassin de La Mure, servira de repère permettant de dater les assises les plus récentes de la série houillère. Cette dernière zone appartient toujours à la partie supérieure du Stéphanien A puisqu'elle a fourni des formes du groupe de *P. arborescens*.

Dans la série productive, les espèces stéphaniennes telles que : *P. lamurensis*, *P. Cyathea* , *P. polymorpha* ne doivent pas être considérées comme caractéristiques d'un horizon ; ce sont des espèces banales qui se sont propagées jusque dans les *morts-terrains* qui sont, eux aussi, d'âge Stéphanien A.

CONCLUSION

De cette étude des Pécoptéridées du bassin houiller de La Mure, il résulte que cette famille de Fougères fossiles a eu une importance et un rôle particuliers dans ce gisement.

Nous avons décrit *vingt-cinq espèces du genre* Pecopteris, bien figurées et susceptibles d'être reconnues et identifiées dans les stériles du Bassin. Parmi celles-ci, nous relevons cinq espèces qui, pour la première fois, ont été mises en évidence dans les niveaux houillers de La Mure, ce sont :

Pecopteris acuta *Brongniart*
Pecopteris saraefolia var. lobata *Corsin*
Pecopteris polymorpha forme minor *Corsin*
Pecopteris pseudo-bucklandi *Andrae*
Pecopteris pilosa *Corsin.*

Par contre, n'ayant pas retrouvé trace d'un échantillon qui avait été déterminé comme étant Pecopteris Folchwillerensis *P. Corsin,* je ne peux assurer de l'existence de cette espèce dans les horizons de La Mure ; cette forme n'a été signalée qu'une seule fois, sans origine précise et, de ce fait, il n'a pas été possible de prospecter systématiquement le niveau dans lequel elle aurait été trouvée.

D'autre part, nous ne pouvons pas savoir si quelques espèces plus ou moins rares ne nous ont pas échappé ; en effet, les empreintes qui nous intéressent se trouvent dans les niveaux stériles, or, les exploitants, cela s'entend, ne s'attachent à explorer que les niveaux fournissant le charbon ; ce n'est donc qu'au hasard de leurs galeries et travers-bancs que les couches fossilifères sont recoupées. Une étude paléontologique méthodique n'est donc pas toujours possible, l'importance et la valeur d'une telle étude étant liées à l'abondance des empreintes récoltées, elle reste subordonnée à l'activité minière.

Si l'étude purement paléontologique des PECOPTERIDEES a offert un intérêt certain en permettant de reconstituer une partie de la flore de l'époque houillère à La Mure, l'étude du mode de répartition des Pécopteris de cette flore à travers toute la série houillère présente plus d'intérêt encore, car elle a un rôle stratigraphique incontestable. Ainsi plusieurs espèces, par leur présence dans certains niveaux, sont caractéristiques de zones bien délimitées.

Les horizons repères ainsi définis par les espèces de Pecopteris sont suffisamment nets pour permettre aux exploitants de situer exactement la couche de charbon qu'ils exploitent dans les assises d'un gisement très complexe et peuvent leur permettre aussi d'en déduire l'importance.

Pourtant les Péricoptéridées, bien que très abondantes, ne peuvent être, à elles seules, des critères universels. Il ne faut pas négliger la multitude des empreintes d'autres Fougères qui se trouvent réunies sur les échantillons à Pecopteris. Elle témoigne d'une flore houillère très variée, dont les Pécoptéridées ne sont qu'une fraction ; au même titre que ces dernières, les autres Fougères pourraient sans doute fournir des zones repères. Il serait donc utile de s'attacher à déchiffrer systématiquement toutes les empreintes que nous mettent à jour les exploitations. Cette étude permettrait de reconstituer les groupements végétaux formés par l'ensemble des espèces qui peuplaient les bords de la lagune houillère, occupant la région de La Mure à cette époque. De plus, il serait possible d'établir des analogies entre les flores des différents gisements carbonifères et de découvrir des similitudes dans la chronologie des séries sédimentaires du houiller.

BIBLIOGRAPHIE

ABREVIATIONS

C.R.A.S. Comptes rendus de l'Académie des Sciences.

B.S.G.F. Bulletin de la Société Géologique de France.

C.R.S.S.G.F. Comptes rendus sommaires de la Société Géologique de France.

M.C.G.F. Mémoires du Service de la Carte Géologique de La France.

C.S.C.H. Congrès de Stratigraphie du Carbonifère de Heerlen.

A.S.G.N. Annales de la Société Géologique du Nord.

T.L.G.G. Travaux du Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble.

o o
o

BADOUREAU - 1903 - *Le passé, le présent, l'avenir de l'Industrie minérale dans l'arrondissement de Chambéry*, 3e partie, Isère.

BERTRAND Paul - 1919 - *Zones végétales des terrains houillers du Nord de la France, C.R.A.S.*, t.168, p.180.

BERTRAND Paul - 1920 - *Succession normale des flores houillères dans le bassin houiller du Gard*, *C.R.A.S.*, t.170, p.331.

BERTRAND Paul - 1922 - *Flore houillère de la Sarre, C.R.A.S.* t.175, p.770.

BERTRAND Paul - 1926 - *Age des charbons gras de la Sarre. A.S.G.N.*,

BERTRAND Paul - 1926 - *Zone à Mixoneura du Westphalien supérieur, C.R.A.S.*, t.583, p.1349.

BERTRAND Paul et PRUVOST Pierre - 1926 - *Le houiller de La Mure et le Westphalien D B.S.G.F.*, [4], p.385.

BERTRAND Paul - 1927 - *Echelle stratigraphique du bassin de Sarre-Lorraine, 1er C.S.C.H.*, p.83.

BERTRAND Paul - 1927 - *Stratigraphie du Westphalien et du Stéphanien dans les différents bassins houillers français, 1er C.S.C.H.*, p.93.

BERTRAND Paul - 1927 - Valeurs des flores pour caractériser les différentes assises du houiller et la synchronisation des bassins. *1er C.S.C.H.*, p.103.

BERTRAND Paul - 1927 - Les gisements à *Mixoneura ovata* dans la région de Saint-Gervais - Chamonix. *B.S.G.F.*, [4], 26.

BERTRAND Paul - 1932 - Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. I - Flore fossile, 2e fasc. Alethoptéridées. Etude des Gîtes minéraux de la France.

BERTRAND Paul - 1934 - Observations sur la classification des vrais *Pecopteris. C.R.A.S.*, t.199, p.438.

BERTRAND Paul et PRUVOST Pierre - 1937 - La question du Westphalien et du Stéphanien en France, *2e C.S.C.H.*, t.1, p.81.

BERTRAND Paul - 1930 - Flore fossile, 1er fasc., Neuroptéridées, Bassin houiller de la Sarre - Lorraine.

BORDET et CORSIN P. - 1951 - Flore stéphanienne dans le Massif des Grandes Rousses (Savoie), p.73.

BOUROZ A. et CORSIN P. - 1950 - Sur l'âge du houiller du Bassin de La Mure (Isère) et de la zone externe des Alpes. *C.R.A.S.*, t.230, p.2035.

BOUROZ A. - 1952 - Données nouvelles sur la stratigraphie et la tectonique du bassin houiller de La Mure. *3e C.S.C.H.*, t.1, p.45.

BRONGNIART Ch. - 1828 - Prodrome d'une Histoire des Végétaux fossiles.

BRONGNIART Ch. - 1849 - Tableau des genres des Végétaux fossiles. "Dictionnaire universel d'Histoire Naturelle".

CORSIN Paul - 1947 - Reconstitution des Pécoptéridées genre *Caulopteris*, Mégaphyton, Hagyophyton, *A.S.G.N.* t. LXVIII, p. 6.
CORSIN Paul - 1948 - Sur le houiller de la Machine Bassin de Decise (Nièvre). *C.R.A.S.* t. 227.
CORSIN Paul - 1950 - Les divisions paléontologiques du Stéphanien du Bassin de La Loire. *C.R.A.S.*, t. 230.
CORSIN Paul - 1951 - Les Pécoptéridées du Bassin de la Sarre et de la Lorraine. Etude des gîtes minéraux de la France, fasc. 4, Atlas et texte.
CORSIN Paul - 1952 - Sur la limite entre le Westphalien et le Stéphanien et sur la flore du Westphalien D et du Stéphanien A. *3e C.S.C.H.*, t. 1, p. 93.
CORSIN Paul - 1954 - Position systématique des *Pecopteris*. *C.R.A.S.* t. 240, p. 661 à 663.
DOUBINGER J. et VETTER P. - 1952 - Contribution à l'étude du Stéphanien supérieur dans le Massif Central français. *3e C.S.C.H.*, p. 149, t. I.
FEYS R. et GREBER Ch. - 1946 - Observations sur les gisements carbonifères d'Oris-en-Ratier et Entraigues (Isère), Rapport *Bureau des Recherches géologiques et Géophysiques*, Paris.
GIGNOUX Maurice - 1950 - Géologie stratigraphique, Masson, Paris.
GIGNOUX M. et MORET L. - 1952 - Géologie dauphinoise. Initiation à la Géologie par l'étude des environs de Grenoble. Masson, Paris.
GOTHAN Rémy - 1957 - Steinkohlenpflanzen. Veragglückauf Essem.
GRAND'EURY C. - 1877 - Flore carbonifère du bassin de la Loire et du Centre de la France.
GRAND'EURY C. - 1890 - Géologie et paléontologie du bassin houiller du Gard.
GUEYMARD Emile - 1844 - Statistique générale du département de l'Isère.
HAUDOUR J., SARROT-REYNAULD J., VERNET J. - 1958 - Observations nouvelles sur le houiller de la Mollièresite dans le Massif du Mercantour et comparaison avec le houiller du Dôme de La Mure (Isère). *C.R.A.S.* t. 247, p. 716 à 719.
HEER G. - 1872 - Le monde primitif de la Suisse, traduit de l'allemand par DEMOLE. B.S.G.F., 1880, 3e série VIII.
HEER G. - 1877 - Flora Fossilis Helvetiae Die vor Weltliche Flora der Schweiz. *B.S.G.F.* 1880, 3e s. VIII.
JONGMANS W.J. - 1952 - Some problems on Carboniferous Stratgraphy. *CSCH*, p. 295, t. I.
KILIAN W. et REVIL J. - 1908 - Les Alpes occidentales, t. 2, fasc. 1, *M.C.G.F.*
LORY Charles - 1860 - Description géologique du Dauphiné.
LORY Pierre - 1901 - Quelques observations dans la Chaîne méridionale de Belledonne. B.S.G.F., 4. I, p. 179.
LORY P. et DEBELMAS J. - 1952 - Le Carbonifère des environs d'Entraigues-en-Valbonnais. C.R.S.S.G.F., p. 278.
MARTIN S. - 1960 - Répartition stratigraphique des Pécoptéridées dans le Bassin houiller de La Mure. C.R.A.S., t. 250, p. 2598.
MENENDEZ et JONGMANS W.J. - 1952 - Contribution à la connaissance de la flore carbonifère des Asturies. 3e C.S.C.H., p. 459.
MORET Léon - 1945 - Précisions sur la nature et l'âge des chapeaux houillers formant quelques sommets du Massif de Belledonne. *C.R.S.S.G.F.*, p. 58.
MORET Léon - 1949 - Manuel de Paléontologie végétale, 2e éd. Masson, Paris.
MORET Léon, HAUDOUR J. et SARROT-REYNAULD J. - 1959 - Observations nouvelles sur la présence du Westphalien dans le Massif cristallin externe des Alpes françaises *C.R.A.S.*, t. 248, p. 165 à 169.
PRUVOST P. - 1922 - Divisions paléontologiques des terrains houillers d'Europe occidentale. *3e Congrès géol. internat.* Bruxelles.
PRUVOST P. - 1923 - C.R. du Congrès géol. Internat. Bruxelles.
PRUVOST P. - 1934 - Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine, III, Description géologique. Etude des Gîtes minéraux de la France.
PRUVOST P. - 1949 - Westphalien supérieur et Westphalien inférieur. *C.R.A.S.*, t. 229, p. 1284.
PRUVOST P. - 1960 - Géologie et mise en valeur du houiller. Rev. de l'Enseignement supérieur. 1er trimestre.
RENAULT B. - 1888 - Plantes fossiles.
RENAULT B. et ZEILLER R. - 1888 - Flore fossile (étude sur le terrain houiller de Commentry, livre 2e).
RENEVIER F. - - Notices géologiques et paléontologiques sur les Alpes vaudoises. VIe Gisement fossilifère houiller du Bas-Valais. Bull. Soc. vaudoise de Sc. nat., XVI, 82.
RENIER A. - 1910 - Paléontologie du terrain houiller.
SARROT-REYNAULD J. - 1952 - Etude des propriétés radioactives du Houiller alpin. T.L.G.G., t. 30, p. 43.

SARROT-REYNAULD J. - 1954-1955 - Nouveaux essais de corrélation stratigraphique dans le bassin houiller de La Mure par mesures de radioactivité. T.L.G.G. t.32, p.195.
SARROT-REYNAULD J. et HAUDOUR J. - 1956 - Sur l'âge et l'extension des terrains houillers dans la terminaison sud de Belledonne (Dôme de La Mure et Régions annexes) *B.S.G.F.*, 6e s., t.VI, p.335.
SARROT-REYNAULD J. - 1956 - Répartition de la radioactivité des sédiments houillers, permiens et triasiques dans le Dôme de La Mure, Isère. *81e Congrès des Soc. Sav.* p.9 à 16.
SARROT-REYNAULD J. - 1957 - Précisions sur les déformations tectoniques dans le Sud du Dôme de La Mure (Isère). *B.S.G.F.* 6e s. t. VII, p.476.
SARROT-REYNAULD J. et HAUDOUR J. - 1958 - Manifestations de la tectonique antésénonienne dans le Dôme de La Mure (Isère) - Influence sur les exploitations houillères. *T.L.G.G.*, t.54, p.193 à 205.
SARROT-REYNAULD J. - 1958 - Manifestations d'un métamorphisme post-stéphanien dans le Dôme de La Mure (Isère). *85e Congrès des Soc. Sav.*, p.223
SARROT-REYNAULD J. et HAUDOUR J. - 1958 - Rapport du Westphalien supérieur et du Stéphanien dans les Massifs cristallins des Alpes occidentales.
SARROT-REYNAULD J. et HAUDOUR J. - 1959 - Le Gisement houiller de La Mure. *Rev.de l'Industrie minérale*, vol.41, n° 3.
SARROT-REYNAULD J. et HAUDOUR J. - 1959 - Les Phyllopodes du bassin houiller de La Mure, (Isère). Leur signification stratigraphique. T.L.G.G., t.35, p.15.
SARROT-REYNAULD J. et HAUDOUR J. - 1960 - Sur l'extension des assises supérieures du Westphalien dans le SE de la France. *C.R.A.S.*, t.250, p.2590.
WAGNER R.H. - 1958 - Some Stephanien Pecopterid NW Spain, p.5-23. *Overdruk Nit : Mededelinger Van de Geol. Stichting*, N. Serie n° 12.
WAGNER R.H. - 1958 - *Pecopteris pseudo-bucklandi* Andrae and its generical affinities, p.25-30, *Ibid.*, N. serie n° 12.
WAGNER R.H. - 1959 - Flora fossil y Estratigrafia del Carbonifere des España NW y Potugal N. Publicado en *Etudies geologicos* Vol. XV.
WAGNER R.H. - 1959 - Sur la présence d'une nouvelle phase tectonique "léonienne" d'âge Westphalien D dans le NW de l'Espagne. *C.R.A.S.* t.249, p.2804-2806.
ZEILLER R. - 1903 - Gîtes des charbons du Tonkin. Flore fossile. Atlas - Texte.
ZEILLER R. - 1878-79 - Végétaux fossiles du terrain houiller. *Expl. carte géol. France*, t.4.
ZEILLER R. - 1880 - Notes sur quelques plantes fossiles du terrain permien de la Corrèze, B.S.G.F., 3e s. VIII, p.198.
ZEILLER R. - 1885 - Flore de la Grand'Combe. B.S.G.F., t.XIII.
ZEILLER R. - 1888 - Bassin houiller de Valenciennes. Description de la flore fossile. Etude des Gîtes minéraux de la France.
ZEILLER R. - 1890 - Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinal. Fasc. 2, Flore fossile. Etude des Gîtes minéraux de la France.
ZEILLER R. - 1892 - Bassin houiller et permien de Brive, fasc. 2 - Flore fossile. Etude des Gîtes minéraux de la France.
ZEILLER R. - 1898 - Rev. des Trav. de Paléontologie végétale publiés au cours des années 1893-96.
ZEILLER R. - 1900 - Eléments de Paléobotanique, Carré et Naud, Paris.
ZEILLER R. - 1906 - Bassin houiller et permien de Blanzy et du Creusot. Fasc. 2, Flore fossile : Gîtes minéraux de la France.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Situation géographique du bassin houiller de La Mure.

Figure 2 - Plan des exploitations des Houillères du bassin du Dauphiné.

Figure 3 - Fronde schématique de Pécoptéridées.

Figure 4 - Type de pennes : a) penne pinnée, b) penne pinnatifide.

Figure 5 - Modes d'insertion des pinnules sur le rachis.

Figure 6 - Formes des limbes.

Figure 7 - Nervures secondaires.

Figure 8 - Pecopteris plumosa-dentata *Artis* : a) Contours des pinnules, b) Nervures secondaires, c) Nervures secondaires.

Figure 9 - Pecopteris plumosa-dentata *Artis* : a) Toit du Banc du Mur St-Arey, b) pennes tertiaires.

Figure 10 - Pecopteris acuta *Brongniart* : a) pinnules et nervures secondaires, b) fragment de pennes tertiaires.

Figure 11 - Pecopteris Bioti *Brongniart* :

Figure 12 - Pecopteris Platoni *Grand'Eury* : a) disposition des pinnules, b) et c) réseaux de nernures.

Figure 13 - Pecopteris Platoni *Grand'Eury* : échantillon du Mur de Grande Couche à pinnules sub-opposées.

Figure 14 - Pecopteris saraefolia *Bertrand* : a), b), c) : Modes d'insertion des pinnules, d) réseau nervuraire d'une pinnule.

Figure 15 - Pecopteris saraefolia *Bertrand* : caractères des pinnules et du rachis.

Figure 16 - Pecopteris saraefolia var. lobata, *P. Corsin* : a, b, c) contours limbaires.

Figure 17 - Pecopteris saraefolia var. lobata, *P. Corsin* : contours et nervation des pinnules (échantillon du sondage de la Crouillonne).

Figure 18 - Pecopteris Bucklandi *Brongniart* : a) pinnules moyennes et nervation, b) région terminale d'une penne, c) disposition des sporanges.

Figure 19 - Pecopteris Bucklandi *Brongniart* : éch. du Mur de Rolland, a) rachis écailleux, b) détail d'une pinnule de penne tertiaire.

Figure 20 - Pecopteris villosa *Brongniart* : pinnules et nervation.

Figure 21 - Pecopteris villosa *Brongniart* : a) éch. du Mur de Trois Bancs (5ème Pendage), b) éch. du Mur de Trois Bancs, Eperons, c) pinnules adhérentes.

Figure 22 - Pecopteris micromiltoni *Bertrand* : a) et b) disposition et forme des pinnules.

Figure 23 - Pecopteris micromiltoni *Bertrand* : a) et b) détails d'un échantillon du Toit de Grande Couche des Béthoux.

Figure 24 - Pecopteris pinnatifida *Gutbier* sp : a) pinnules et nervation, b) pinnules sub-terminales.

Figure 25 - Pecopteris pinnatifida *Gutbier* sp : pinnule d'un échantillon provenant des Rioux.

Figure 26 - Pecopteris lamurensis *Heer* : fragments de pennes de dernier ordre.

Figure 27 - Pecopteris lamurensis *Heer* : détail d'un échantillon du mur de Grande Couche, 5ème pendage .

Figure 28 - Pecopteris lamurensis *Heer* : détails des nervures des pinnules d'un échantillon du mur d'Henriette Eperons, 38/A2.

Figure 29 - Pecopteris lamurensis *Heer* : modes de découpure du limbe.

Figure 30 - Pecopteris oreopteridia *Schlotheim* : a) et b) pinnules et nervation.

Figure 31 - Pecopteris oreopteridia *Schlotheim* : penne secondaire pinnatifide.

Figure 32 - Pecopteris oreopteridia *Schlotheim* : extrémité d'une penne de dernier ordre d'un échantillon de l'intercalaire de Trois Bancs.

Figure 33 - Pecopteris polymorpha *Brongniart* : détails du réseau nervuraire.

Figure 34 - Pecopteris polymorpha *Brongniart* : a), b), c) modes d'insertion des pinnules.

Figure 35 - Pecopteris polymorpha *Brongniart* :

Figure 36 - Pecopteris pseudobucklandi *Andrae* : a, b, c, d, e, variations des contours des pinnules.

Figure 37 - Pecopteris arborescens *Schlotheim* : a) forme des pinnules et nervation, b) partie sub-terminale d'une fronde, c) détails d'un fragment d'un échantillon du mur de Trois Bancs Eperons.

Figure 38 - Pecopteris cyathea *Schlotheim* sp : modes d'insertion des pinnules.

Figure 39 - Pecopteris cyathea *Schlotheim* sp : caractères des nervures et du rachis sur un échantillon du toit de Trois Bancs, Eperons (47/A2).

Figure 40 - Pecopteris cyathea *Schlotheim* sp : éch. du mur de Grande Couche, Béthoux (1/N22).

Figure 41 - Pecopteris cyathea *Schlotheim* sp : a) et b) détails des nervures d'un échantillon du banc de Toit du Devay (78/C 23).

Figure 42 - Pecopteris affinis *Brongniart* : détails des nervures.

Figure 43 - Pecopteris pilosa *P. Corsin* : a) disposition des pinnules sur le rachis, b) détails des nervures et du rachis.

Figure 44 - Pecopteris pectinata *Bertrand* : a) et b) disposition des pinnules.

Figure 45 - Pecopteris pectinata *Bertrand* : détails de la nervation.

Figure 46 - Pecopteris lepidorachis *Brongniart* : a), b), c) position des pinnules sur le rachis.

Figure 47 - Pecopteris lepidorachis *Brongniart* : éch. du mur de Trois Bancs, 5ème pendage (Pl. 9 niv. 14).

Figure 48 - Pecopteris hemitelioides *Brongniart* :

Figure 49 - Pecopteris hemitelioides *Brongniart* : nervation.

Figure 50 - Pecopteris hemitelioides *Brongniart* : éch. du 5ème pendage.

Figure 51 - Pecopteris hemitelioides *Brongniart* parasité par Excipulites.

Figure 52 - Pecopteris Candollei *Brongniart* : a) contours limbaires, b) nervures secondaires.

Figure 53 - Pecopteris Candollei *Brongniart* : a) réseau nervuraire, b) pinnules parasitées.

Figure 54 - Pecopteris Candollei *Brongniart* : a) éch. provenant de Ratier, b) éch. du Mur de Trois Bancs 5ème pendage.

Figure 55 - Pecopteris unita *Brongniart* : pinnule de penne tertiaire.

Figure 56 - Pecopteris unita *Brongniart* : réseau de nervures secondaires.

Figure 57 - Pecopteris unita *Brongniart* : échantillon à nervures bifurquées.

Figure 58 - Pecopteris unita *Brongniart* : éch. de l'intercalaire de Trois Bancs Eperons.

Figure 59 - Pecopteris unita *Brongniart* : penne pinnatifide (Devay Banc Repère).

Figure 60 - Pecopteris feminaeformis *Schlotheim* : pinnule et nervation.

Figure 61 - Pecopteris feminaeformis *Schlotheim* : schéma d'une fronde.

Figure 62 - Pecopteris feminaeformis *Schlotheim* : modifications du limbe.

Figure 63 - Pecopteris Plückeneti *Grand'Eury* : forme des pinnules et détails de la nervation.

Figure 64 - Pecopteris Plückeneti *Grand'Eury* : zone terminale d'une fronde.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES ESPÈCES

PECOPTERIS		Texte page	Atlas Planche
-	acuta	23	C
-	affinis	61	R
-	arborescens	56	O
-	Bioti	24	B
-	Bücklandi	34	G
-	Candollei	70	W
-	Cyathea	59	P
-	feminaeformis	75	Y
-	hemitelioides	67	V
-	lamurensis	43	K
-	lepidorachis	65	U
-	micromiltoni	39	I
-	oreopteridia	47	L
-	pectinata	64	S
-	pilosa	63	T
-	pinnatifida	41	J
-	Platoni	26	D
-	Plückeneti	78	Z
-	plumosa-dentata	19	A
-	polymorpha	50	M
-	polymorpha forme minor	52	T
-	pseudo bucklandi	54	N
-	saraefolia	30	E
-	saraefolia var. lobata	32	F
-	unita	72	X
-	villosa	37	H

050 033479 2

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION 3

PREMIERE PARTIE - GENERALITES SUR LE BASSIN DE LA MURE 4

I. Les grandes étapes des recherches paléobotaniques sur le Houiller de La Mure et de ses régions annexes 4

II. Répartition de la flore dans les assises carbonifères du Bassin houiller de La Mure 6

DEUXIEME PARTIE - LES PECOPTERIDEES DES ASSISES DE LA MURE 11

I. Fossilisation et nature des empreintes 12

II. Caractères morphologiques de la famille des Pécoptéridées 13
1) Caractères de la fronde 13
2) Caractères des pinnules 14
3) Caractères des nervures 16

III. Bases de classification de la famille des Pécoptéridées 17

IV. Description des espèces 19
1) Groupe du *Pecopteris plumosa-dentata* 19
Pecopteris plumosa-dentata 19
Pecopteris acuta 23
Pecopteris Bioti 24
2) Groupe du *Pecopteris longifolia* 26
Pecopteris Platoni 26
3) Groupe du *Pecopteris saraefolia* 29
Pecopteris saraefolia 30
Pecopteris saraefolia var. lobata 32
Pecopteris Bucklandi 34
4) Groupe du *Pecopteris Miltoni* 37
Pecopteris villosa 37
Pecopteris micromiltoni 39
Pecopteris pinnatifida 41
Pecopteris lamurensis 43
Pecopteris oreopteridia 47
5) Groupe du *Pecopteris polymorpha* 49
Pecopteris polymorpha 50
Pecopteris polymorpha forme *minor* 52
Pecopteris pseudobucklandi 54
6) Groupe du *Pecopteris arborescens* 56
Pecopteris arborescens 56
Pecopteris cyathea 59
Pecopteris affinis 61
Pecopteris pilosa 63
Pecopteris pectinata 64
Pecopteris lepidorachis 65

Pages

Pecopteris hemitelioides 67
Pecopteris Candollei 70
7) Groupe du *Pecopteris unita* 72
Pecopteris unita 72
8) Groupe du *Pecopteris feminaeformis* 75
Pecopteris feminaeformis 75
9) Ptéridospermée 78
Pecopteris Plückeneti 78

TROISIEME PARTIE - LA REPARTITION DES PECOPTERIDEES ET LEUR ROLE STRATIGRAPHIQUE DANS LE BASSIN DE LA MURE 81

I. Extension des espèces dans le gisement 82

II. Composition floristique des niveaux 87

III. Conclusions générales relatives à la chronologie de la série houillère 90

CONCLUSION 93

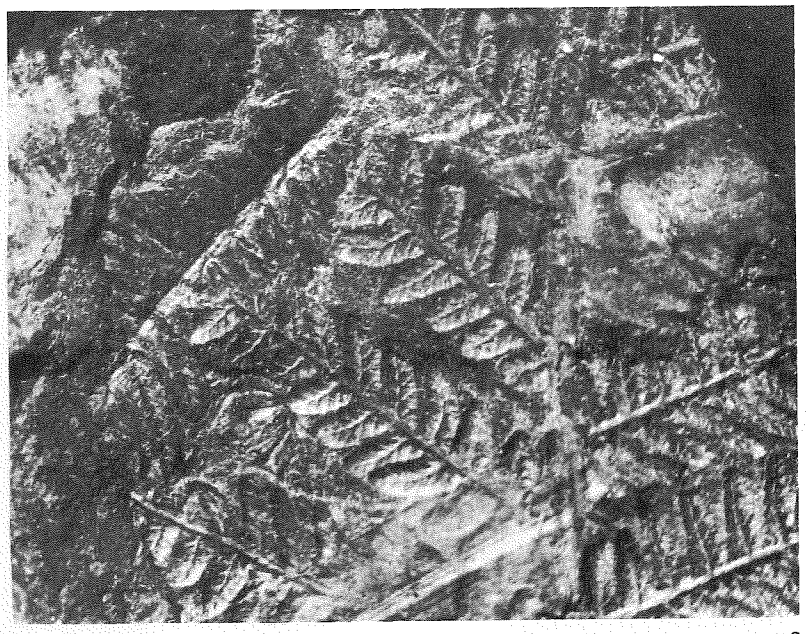
BIBLIOGRAPHIE 94

LISTE DES FIGURES 97

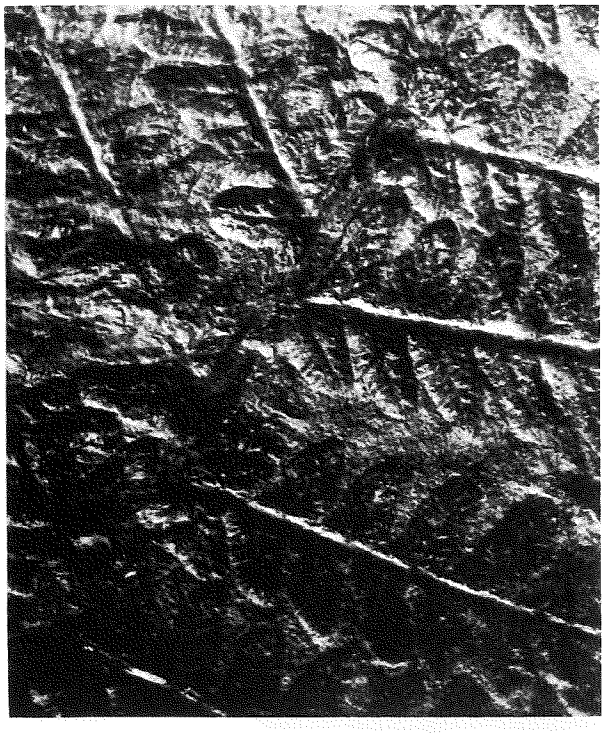
TABLE ALPHABETIQUE DES ESPECES 99

TABLE DES MATIERES 100

PECOPTERIS PLUMOSA-DENTATA Artis



A00 ×3

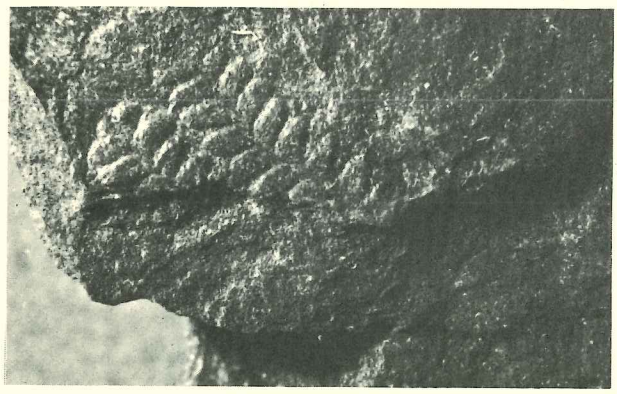


Pl. 9 niv. 13 ×4

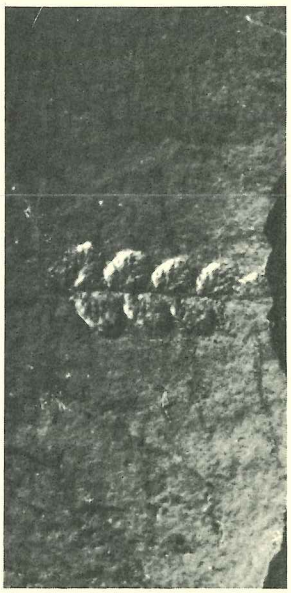
16/C20 ×2

PLANCHE B

PECOPTERIS BIOTI Brongniart



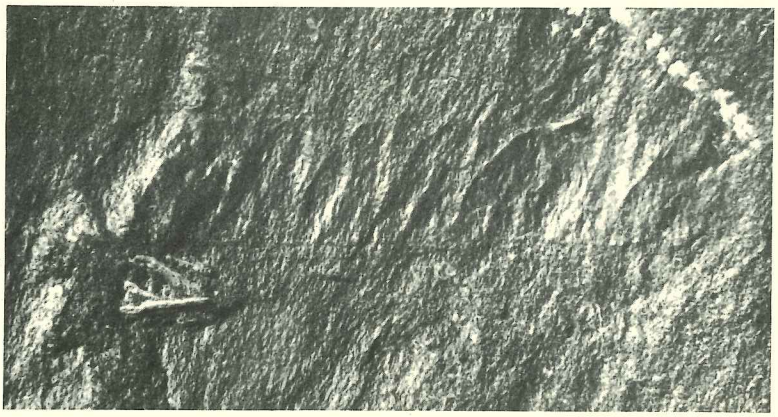
57/A2 ×3



C66 ×2

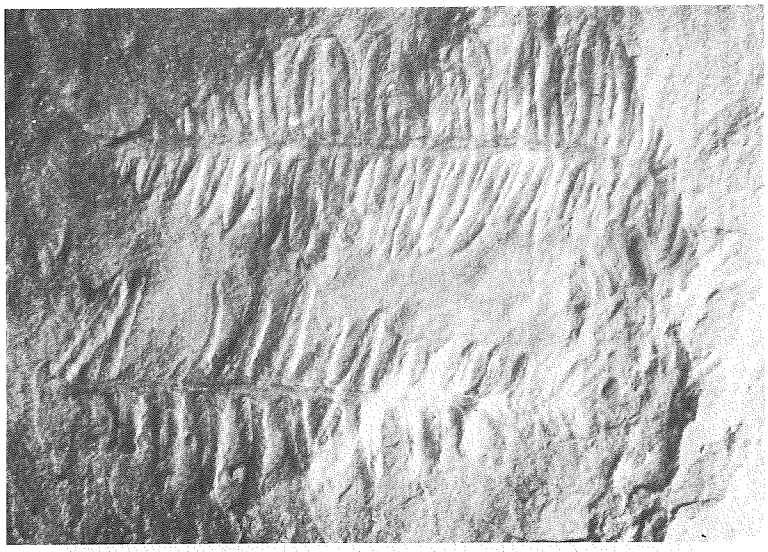
PLANCHE C

PECOPTERIS ACUTA Brongniart

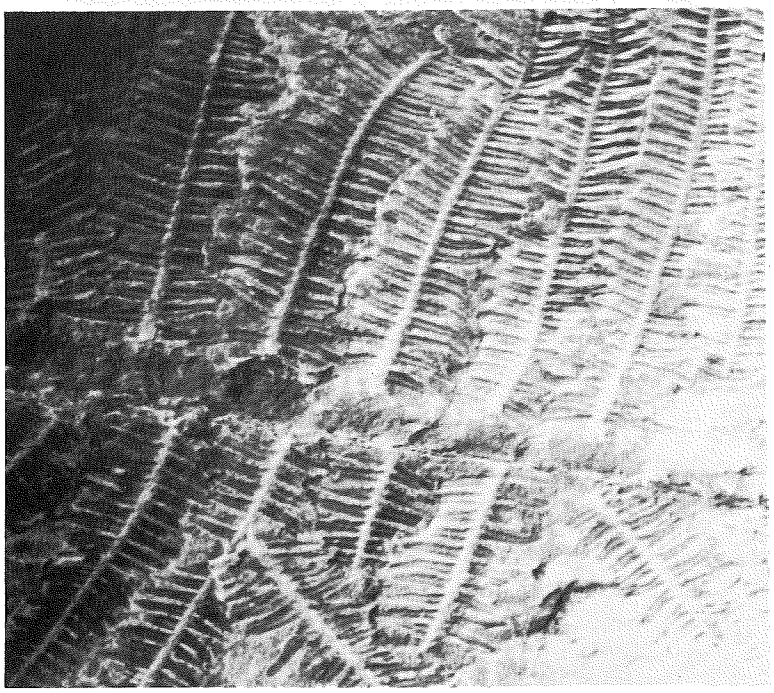


Sondage de Cognet ×2

PECOPTERIS PLATONI Grand'Eury sp.



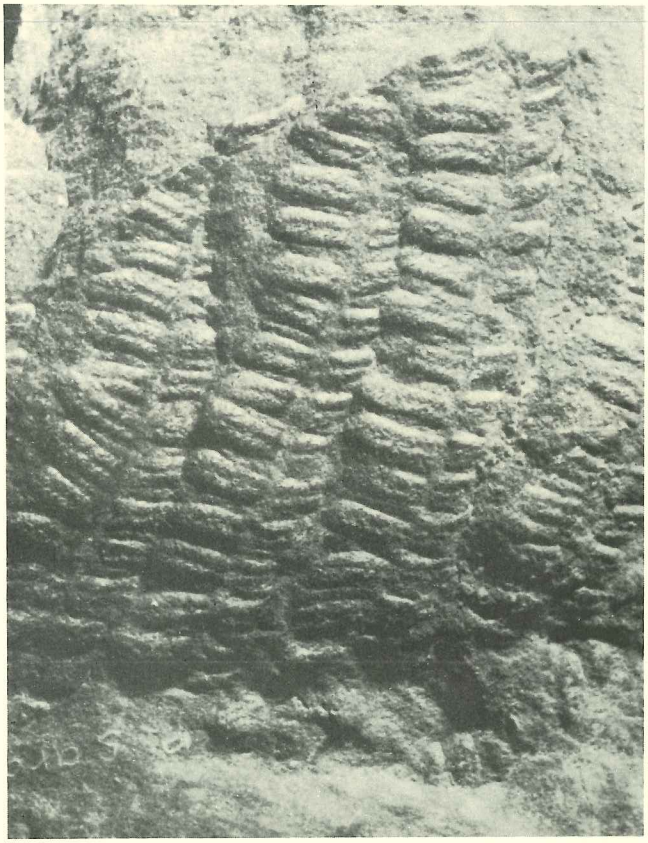
7/C22 ×1



$P8^{bis}{}_0$ ×1

PLANCHE E

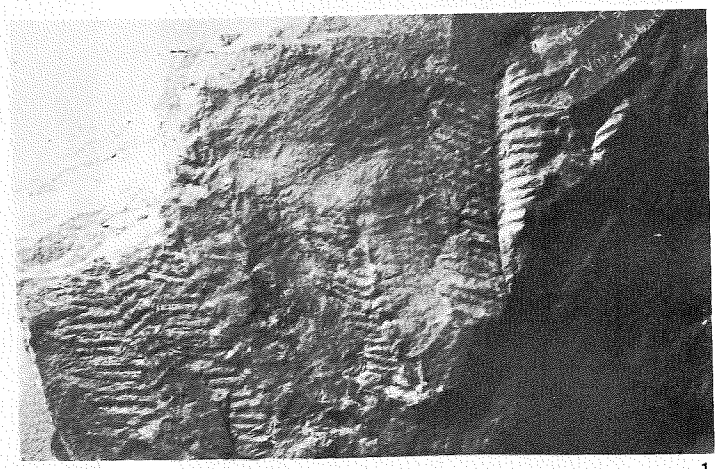
PECOPTERIS SARAEFOLIA P. Bertrand



21/N36 ×2

PECOPTERIS SARAEFOLIA VAR. LOBATA P. Corsin

9bis/N24 ×2

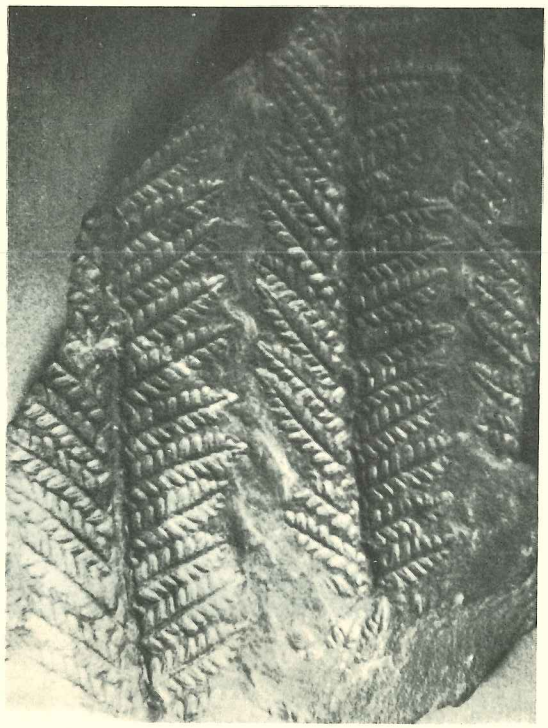


9bis/N24 × $\frac{1}{2}$

9bis/N24 × 3

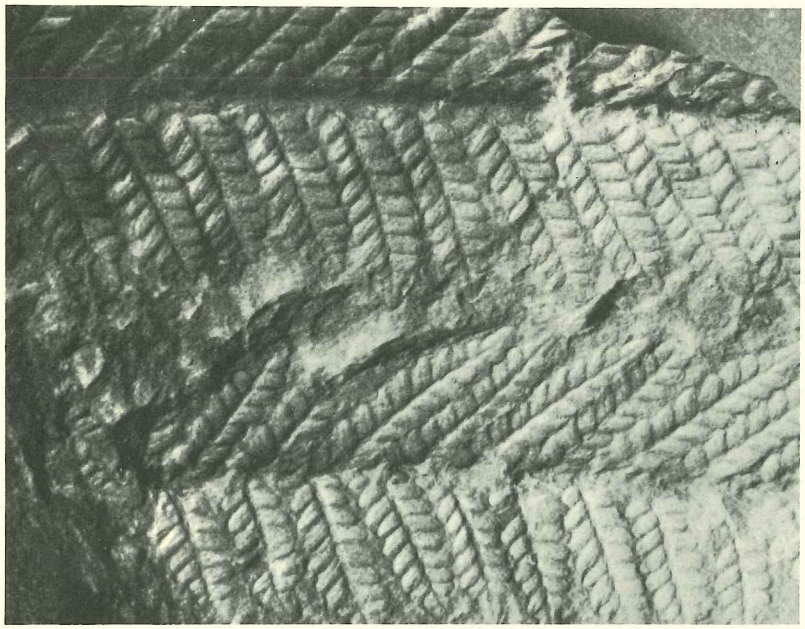
PLANCHE G

PECOPTERIS BUCKLANDI Brongniart

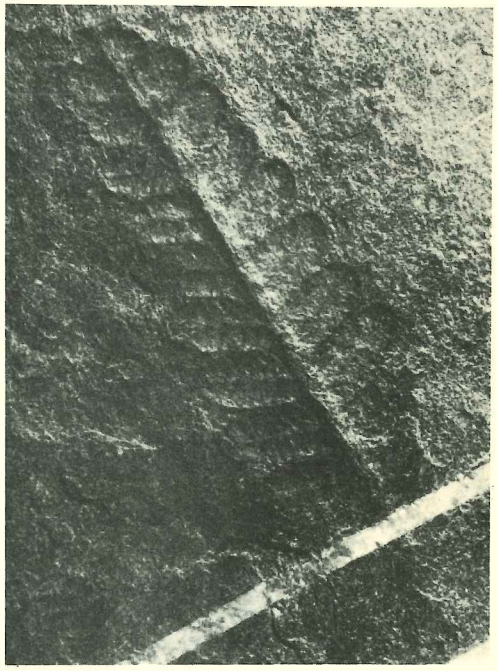


1/C24 × $\frac{2}{3}$

1/C24 × 3

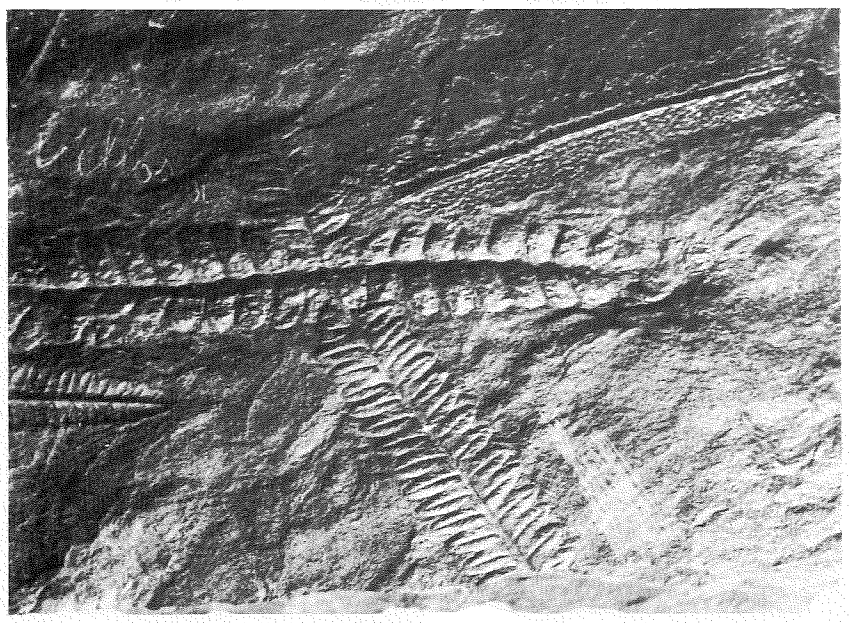


1/C24 × 1,5



S93/E3 × 2,5

PECOPTERIS VILLOSA Brongniart

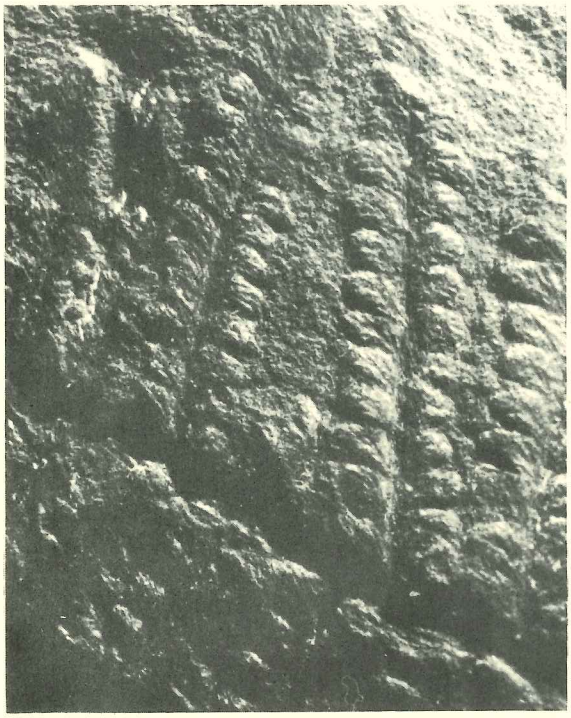


B 161 ×2

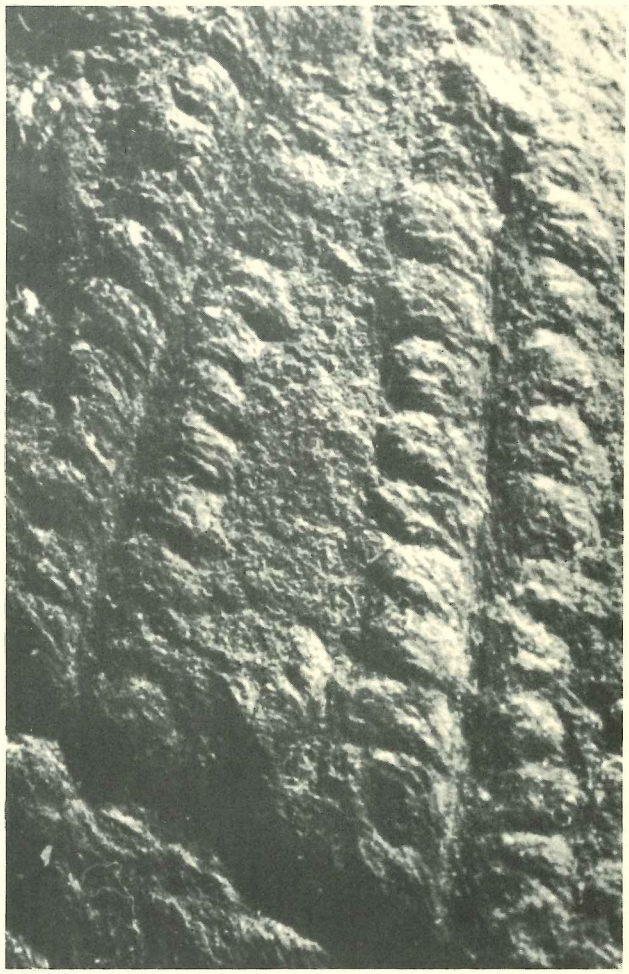
PLANCHE I

PECOPTERIS MICROMILTONI P. Bertrand

4/N22 ×1,5



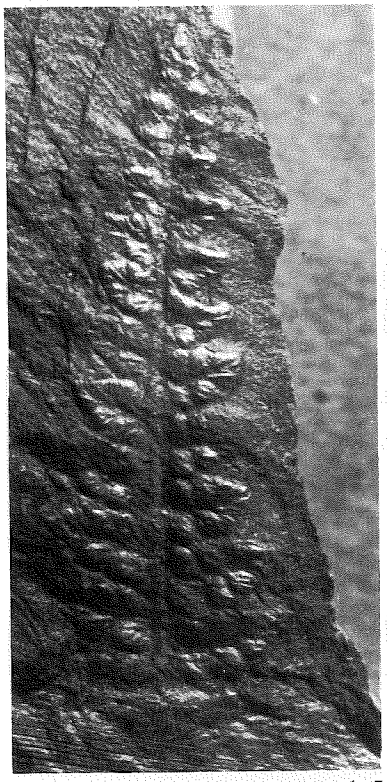
4/N22 ×3



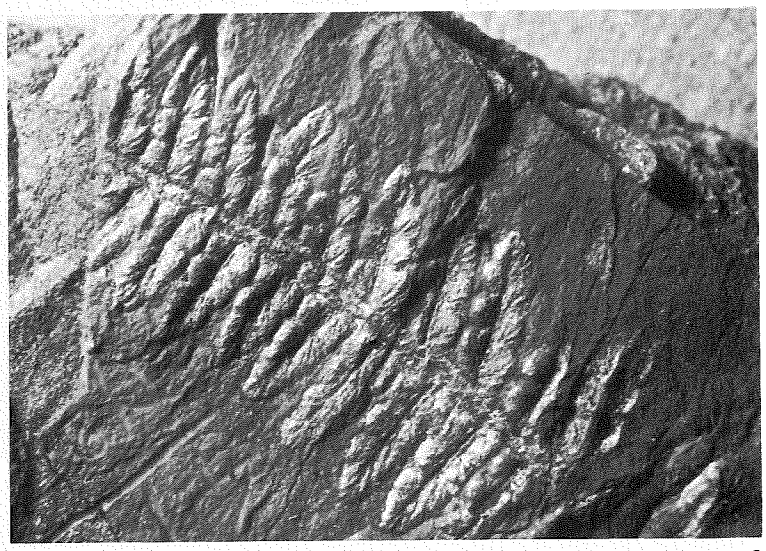
4/N22 ×6

PLANCHE J

PECOPTERIS PINNATIFIDA Gutbier (sp)

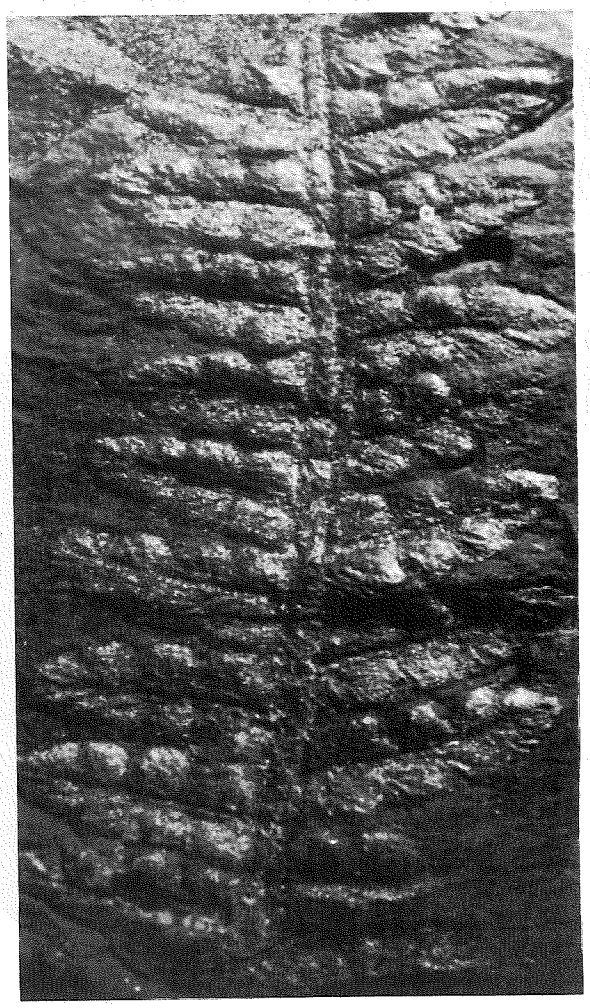


47/A2 ×1,5



41/N27 ×2

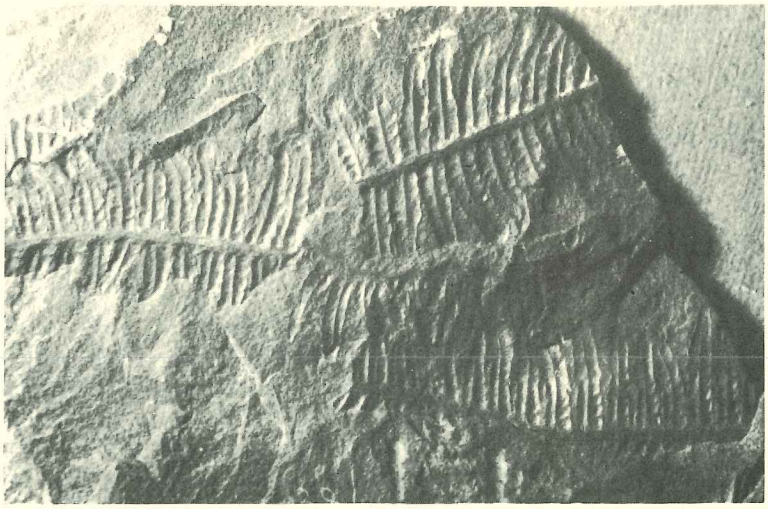
47/A2 ×5



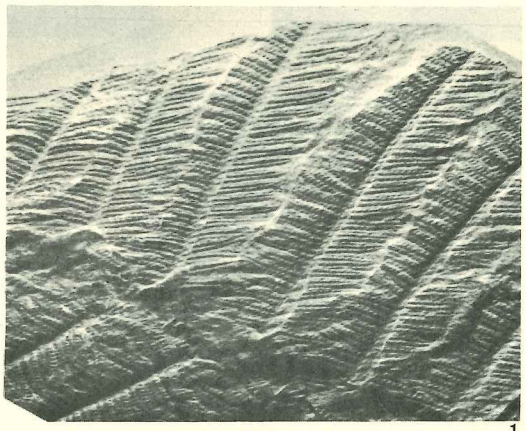
41/N27 ×5

PLANCHE K

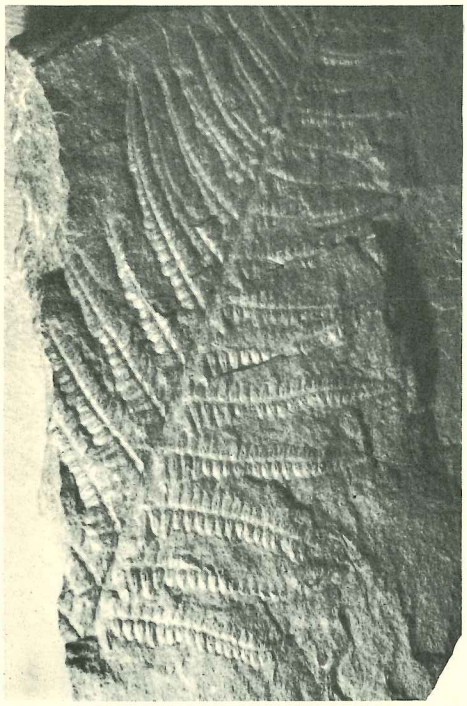
PECOPTERIS LAMURENSIS Heer (sp)



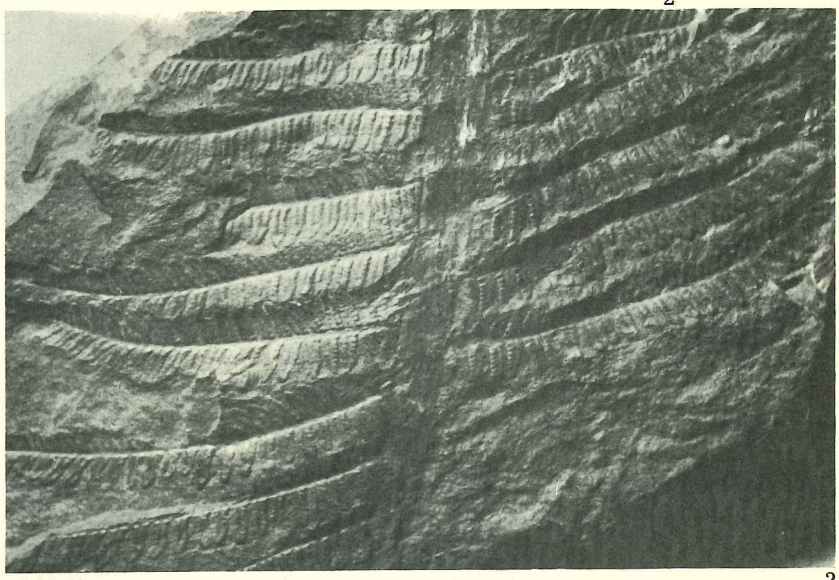
38/A2 × 2,5



50/A15 × $\frac{1}{2}$

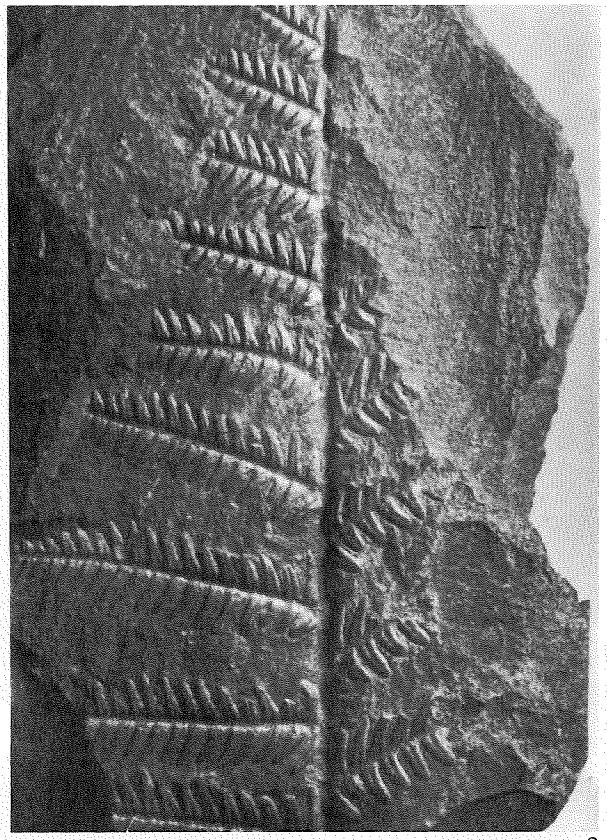


P8bis0 × $\frac{2}{3}$



50/A19 × $\frac{2}{3}$

PECOPTERIS OREOPTERIDIA Schlotheim (sp)

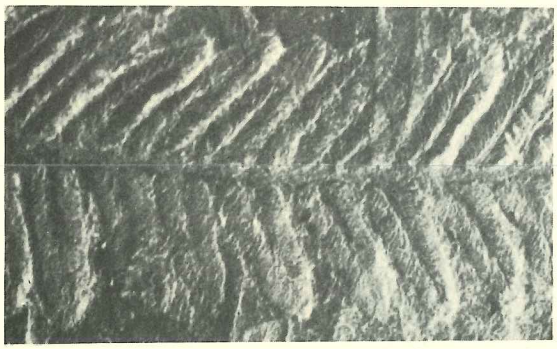


1/C24 $\times \frac{2}{3}$

7/A4 ×4

PLANCHE M

PECOPTERIS POLYMORPHA Brongniart



P12 ×1,5

A00 ×2

1/C24 niv. 17 ×3

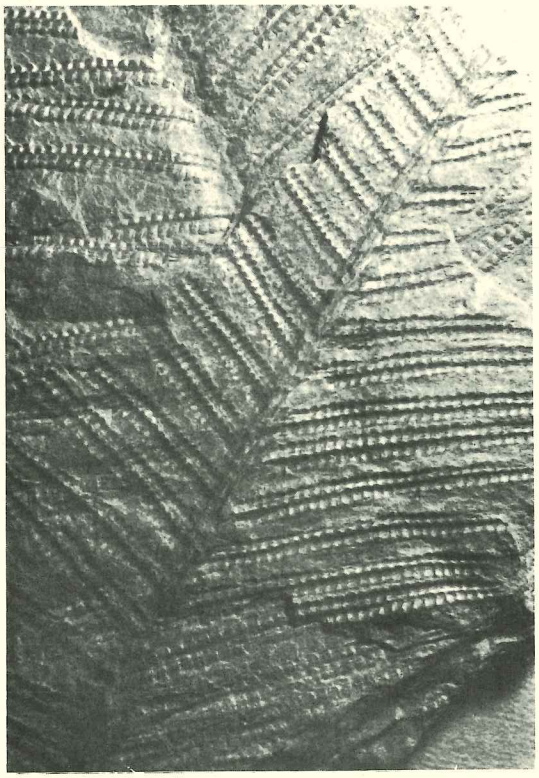
P12 ×2

PECOPTERIS PSEUDOBUCKLANDI Andrae

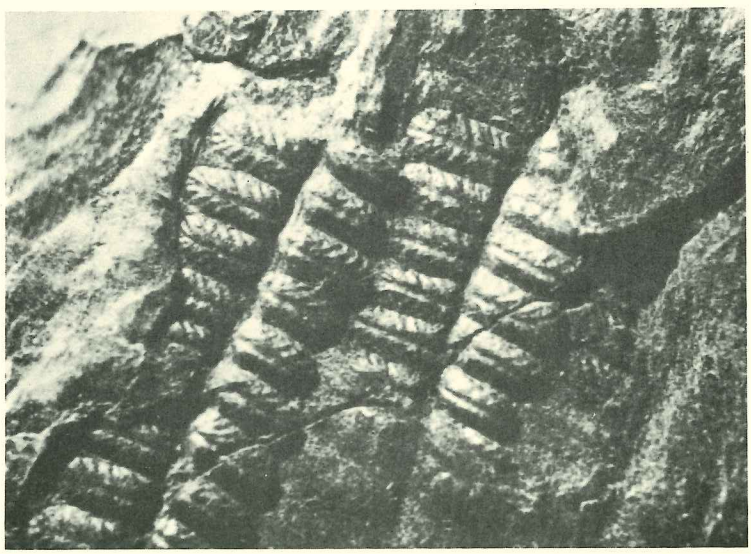
14/A0 ×2,5

14/A0 ×5

PECOPTERIS ARBORESCENS Schlotheim

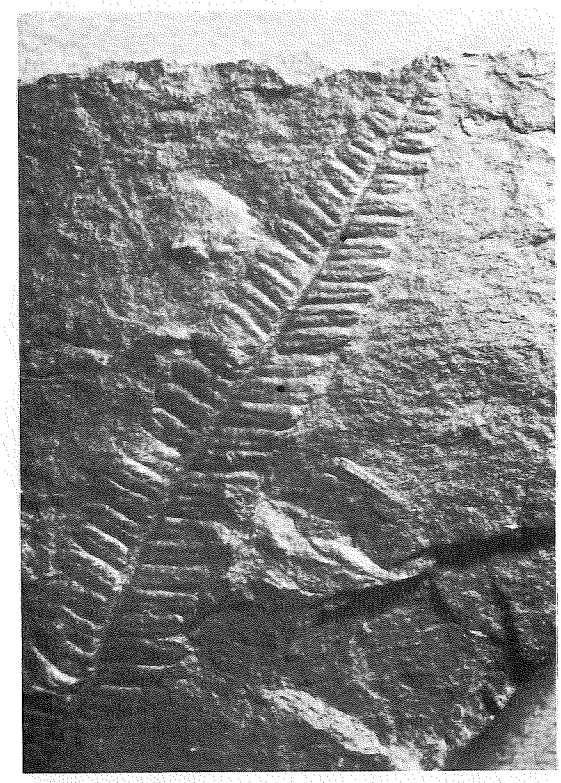


14/C20 ×1



54/A2 ×4

PECOPTERIS CYATHEA Schlotheim sp.



16/C20 ×1

21/N36 ×1

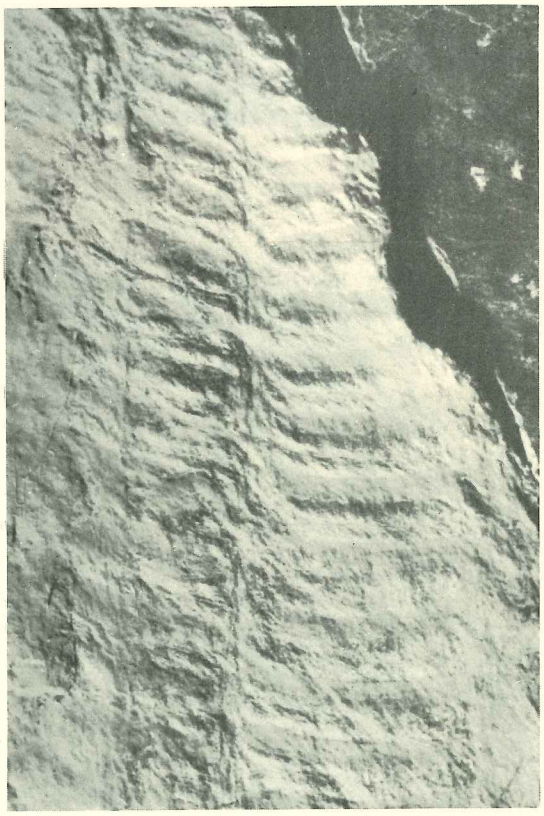
PLANCHE R

PECOPTERIS AFFINIS Brongniart

15/A0 ×6

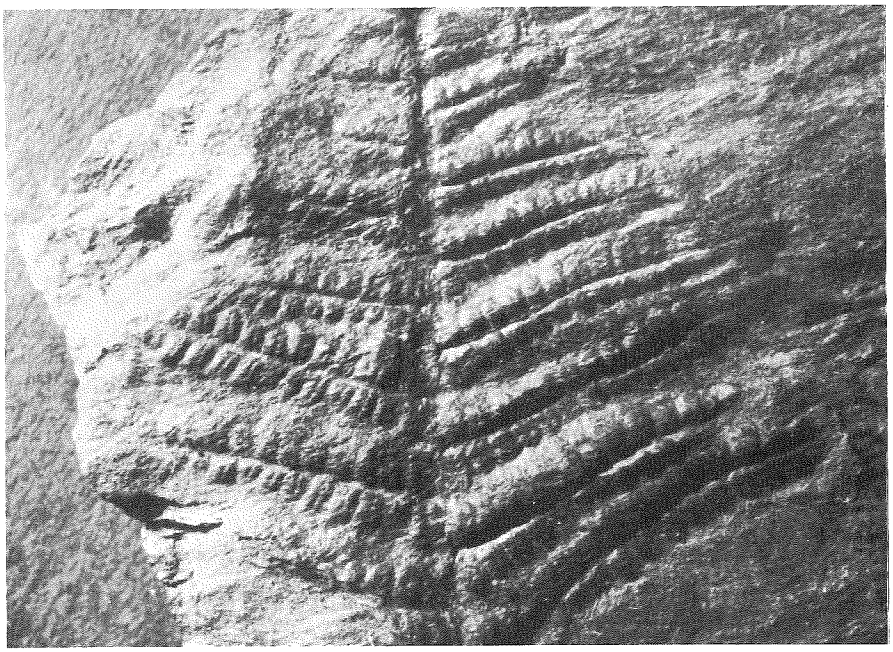
PLANCHE S

PECOPTERIS PECTINATA P. Bertrand



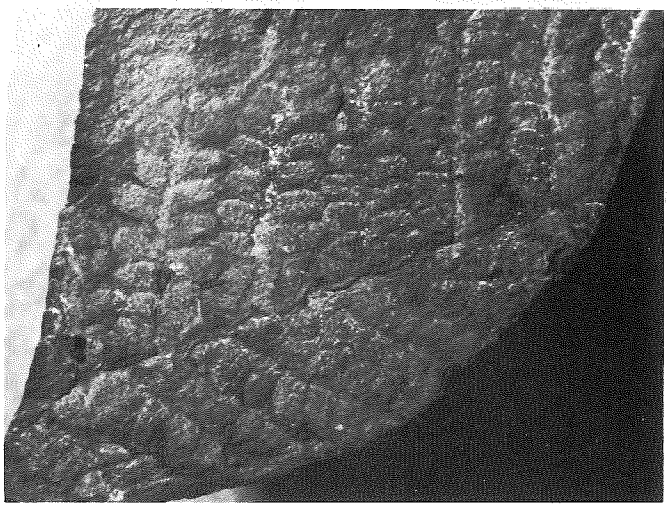
46/A2 ×4

PECOPTERIS PILOSA P. Corsin



Pl. 9 niv. 12 ×2

PECOPTERIS POLYMORPHA forme minor P. Corsin



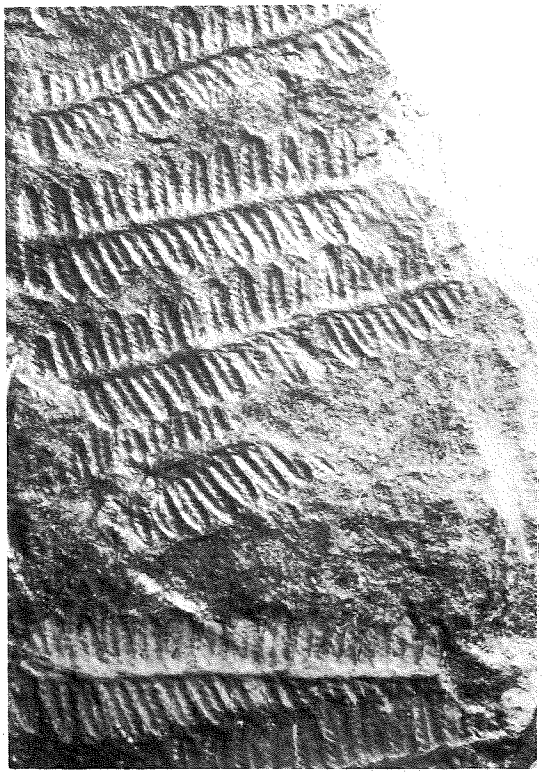
9bis/N24 ×2

PECOPTERIS LEPIDORACHIS Brongniart

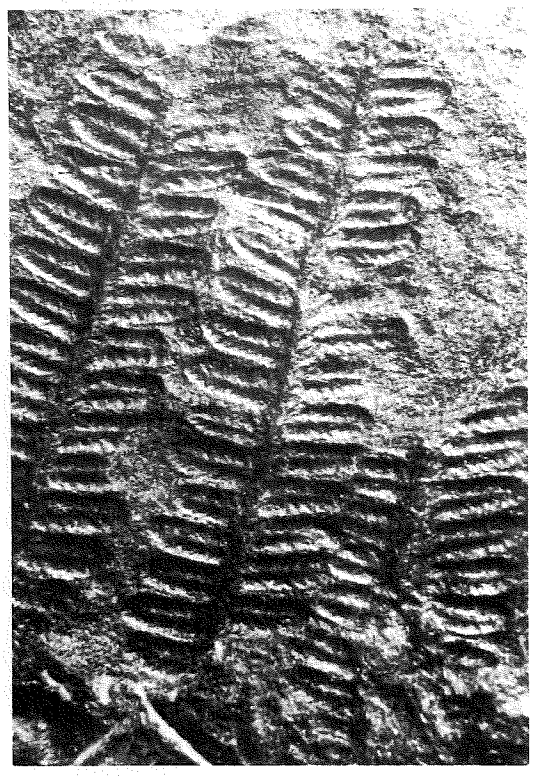
? ×1

7/C22 ×2

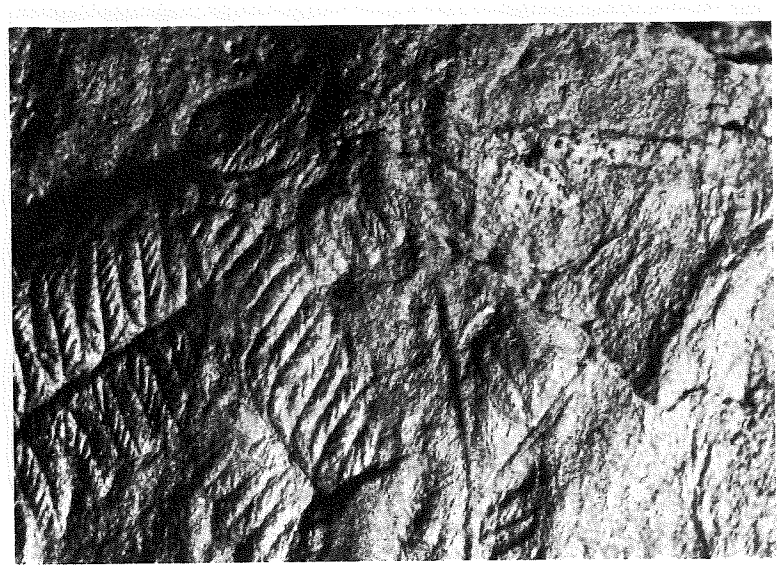
PECOPTERIS HEMITELIOIDES Brongniart



Pl. 9 niv. 14 × 1,5



Pl. 9 niv. 14 × 2,5



14/N27 P. hemitelioides + Excipulites Neesi Gœppert × 3

PECOPTERIS CANDOLLEI Brongniart

Eperon de Ratier ×4
La Motte. Cote 1020

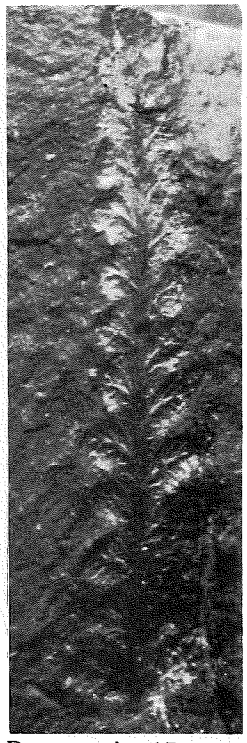
Pl. 9 niv. 14 ×4

PECOPTERIS UNITA Brongniart

7/A4 ×2

A112 ×2

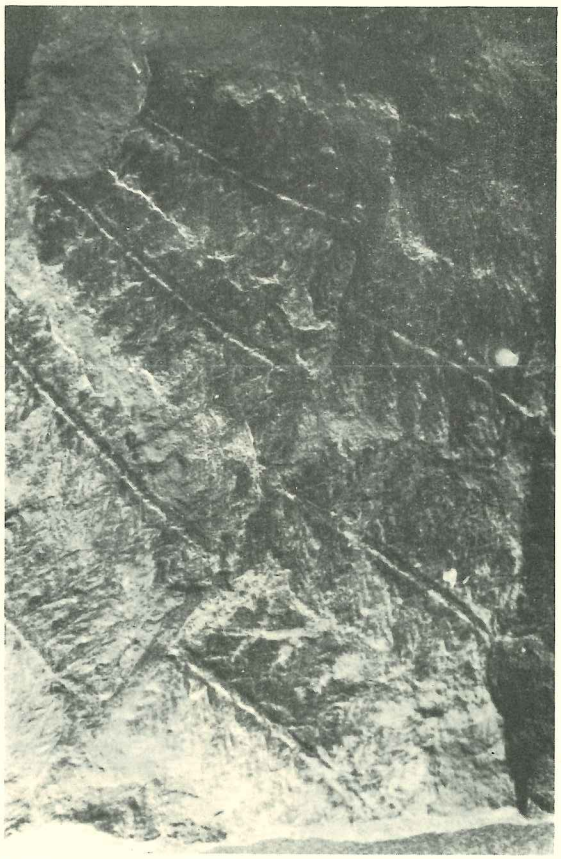
St Arey ×2



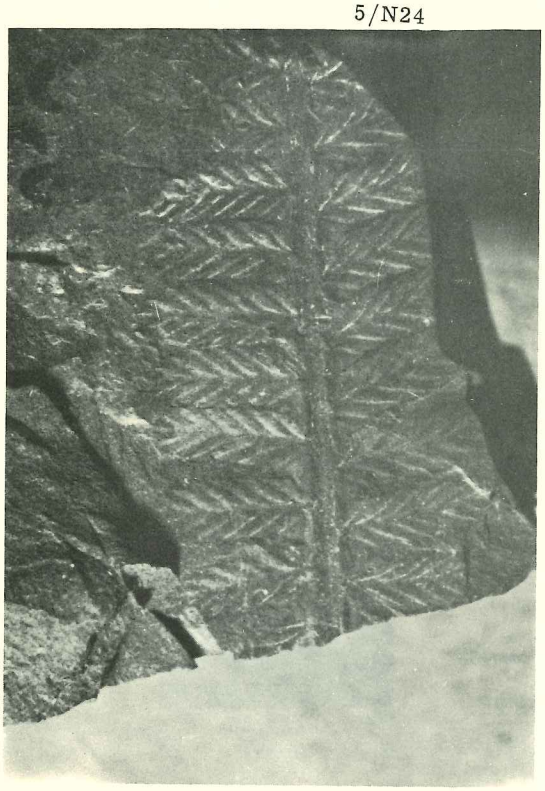
Devay. niv. 17
Banc Repère ×3

PLANCHE Y

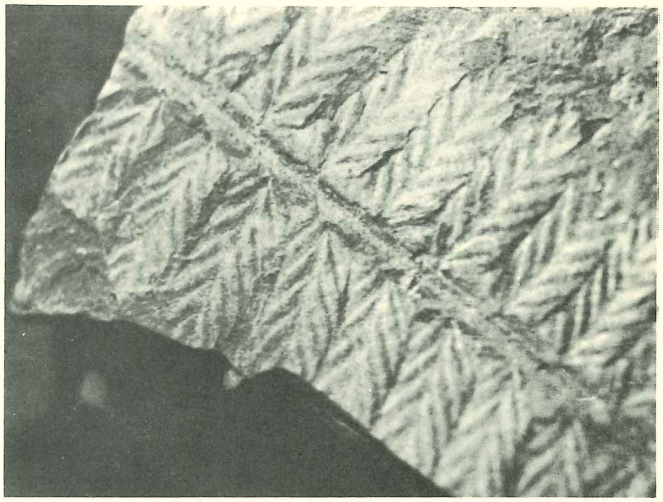
PECOPTERIS FEMINAEFORMIS Schlotheim (sp)



5/N24 ×1

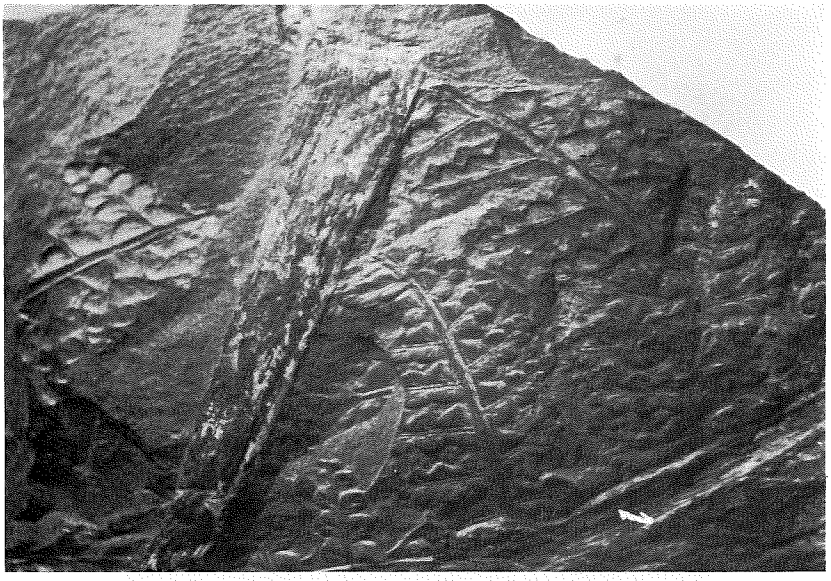


14/C20 ×3

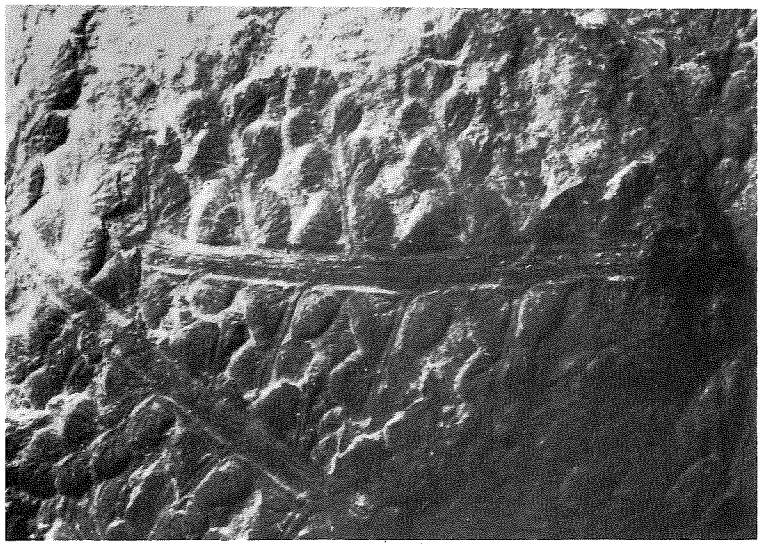


14/C20 ×4

PECOPTERIS PLÜCKENETI Schlotheim

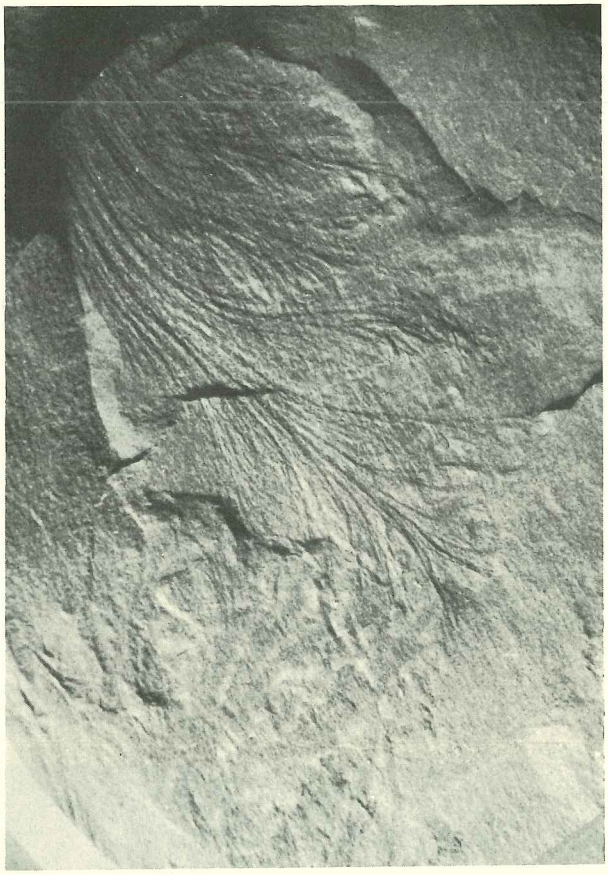


38/A2 ×1,5



38/A2 ×3

APHLEBIA sp.



S630 ×1,5