

RECHERCHES GÉOBOTANIQUES

SUR LES

FORÊTS ET SOLS FOSSILES

ET SUR

LA VÉGÉTATION ET LA FLORE HOUILLÈRES

EN DEUX PARTIES ET DIX LIVRAISONS

PAR

F. CYRILLE GRAND'EURY

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT

PREMIÈRE PARTIE

DEUXIÈME LIVRAISON

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES

LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

—
1913

RECHERCHES GÉOBOTANIQUES

SUR

LES FORÊTS ET SOLS FOSSILES

ET SUR

LA VÉGÉTATION ET LA FLORE HOUILLÈRES

RESEARCHES GEOLOGIQUES

LES FORETS ET SOUS FOSSILES

LA VEGETATION ET LA FAUNE FOSSILES

RECHERCHES GÉOBOTANIQUES

SUR LES

FORÊTS ET SOLS FOSSILES

ET SUR

LA VÉGÉTATION ET LA FLORE HOUILLÈRES

EN DEUX PARTIES ET DIX LIVRAISONS

PAR

F. CYRILLE GRAND'EURY

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT

PREMIÈRE PARTIE

DEUXIÈME LIVRAISON

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES

LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1913

RECHERCHES BOTANICO-GEOLOGIQUES

FORÊTS ET SOLS FOSSILES

LA VÉGÉTATION ET LA FAUNE HORTILAIRES

DEUXIÈME PARTIE ET DEUXIÈME LIVRAISON

PAR F. CYRILLE GRAND'EURY

PARIS, 1911

DEUXIÈME LIVRAISON

PARIS, 1911

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE DE FRANCE, 11, RUE CLAUDE LAFONT

11, RUE CLAUDE LAFONT, PARIS

11, RUE CLAUDE LAFONT, PARIS

1911

DEUXIÈME LIVRAISON

SOLS FOSSILES DE VÉGÉTATION

En passant en revue les forêts fossiles illustrées dans la première livraison, on voit, sur les Pl. I, IV, VI *bis*, IX des sols de végétation, et sur les Pl. IV, VII, VIII des veines de charbon sur les racines des plantes qui les paraissent avoir formées. Ce dernier cas est si fréquent dans les couches de houille que je me verrai obligé à abandonner la théorie de la formation de transport fondée uniquement sur la stratification du charbon ⁽¹⁾.

En fait, les sols fossiles ⁽²⁾ ne se rencontrent pas dans les terrains stériles, ils constituent partout un signe favorable à la découverte des charbons fossiles.

Dans le Nord de la France et en Belgique, ils sont si nombreux en rapport avec les couches de houille, qu'une proportion importante des terres sorties de la mine avec le charbon sont des argiles de fond pénétrées de racines. Sur notre Plateau Central, des racines en place abondent aussi dans les débris de triage du charbon.

Pendant l'étude des sols fossiles n'a pas encore été abordée, du moins on n'a été attentif qu'à l'*Underclay* à Stigmaria. Mais dans le Westphalien il n'y a pas, comme on l'a prétendu, que des sols à Stigmaria : avec ces rhizomes se trouvent aussi : à Douai, Lens, Cuesmes, etc., des Calamites enracinées, et, dans le Nord et le Pas-de-Calais comme dans le centre de la France, il y a des sols à racines de Fougères, Calamites, Cordaïtes sans Stigmaria.

Les sols fossiles sont composés de souches enracinées et de racines qui, couturant les schistes et les empreintes incluses, sont indubitablement en place ⁽³⁾. Ordinairement ces organes sont arasés soit à un joint de stratification soit au charbon, et il serait bien difficile, en l'absence de toute érosion, de refuser aux stipes et tiges correspondants d'avoir poussé hors sol le pied dans l'eau. Les sols fossiles sont en effet parfois recouverts des débris de ces derniers avec un

(1) A l'époque où j'ai soutenu cette thèse (*Annales des Mines*, 1882, tiré à part, p. 87), je ne connaissais que des sols et forêts fossiles non reliés au charbon.

(2) Ils sont la règle dans les terrains charbonneux et les forêts fossiles l'exception. Il y a des systèmes charbonneux comme celui de Singles (Auvergne) qui sont très riches en sols fossiles, sans tiges debout enracinées.

(3) J'en ai énuméré les preuves dans le compte rendu de l'Académie des Sciences du 21 mai 1900.

plus ou moins fort contingent de racines aquatiques, en sorte qu'on les peut considérer comme des fonds de marais.

Leur étude outre qu'elle complète celle des forêts fossiles, comprend la description de l'organe souterrain des plantes herbacées et aquatiques, et celle de l'enracinement et du mode de propagation des *fougères à graines* qui ne sont pas représentées dans les forêts fossiles ; et les sols fossiles dépassent d'autant plus en intérêt les forêts fossiles, que leur étude nous conduira à démontrer à la fin de cette livraison que la végétation houillère était pour ainsi dire entièrement palustre et autochtone, sans plantes de terre sèche.

Les sols fossiles sont simples ou composés : 1° simples lorsqu'ils sont exclusivement occupés par des plantes sociales telles que les Calamariées, ou qui ont vécu comme les Stigmarias autonomes dans des eaux profondes où n'ont pu prendre pied les autres plantes ; 2° composés lorsqu'ils se sont trouvés dans des conditions moins exclusives où ont pu vivre côte à côte, comme au Nord de Rive-de-Gier, des Calamites, Cordaïtes, Pecopteris avec ou sans Stigmaria.

Toutefois il paraît possible, dans les sols fig. 1 et 2, Pl. XIX, que les Cordaïtes et Arthropitus aient poussé après les Fougères, en tout cas il ne manque pas de sols surpeuplés ayant servi de siège à plusieurs végétations successives.

Tout en recherchant et explorant les sols fossiles, j'ai étudié les racines pour elles-mêmes, et me suis efforcé de les rattacher aux genres fondés sur les organes aériens, et ayant réussi, non sans beaucoup de temps et beaucoup de peine à découvrir celles des principaux genres fossiles, je les vais décrire sous le nom de ces genres.

SOLS DE VÉGÉTATION DES STIGMARIAS

PLANCHE X

Les fossiles les plus communs, les plus universellement répandus en même temps que les plus caractéristiques du terrain houiller, sont les *Stigmaria* ; ils encombrant de leurs branches et racines le mur argilo-sableux de toutes les couches de houille du Westphalien d'Europe et d'Amérique (1). A Mariement en particulier, au dire de M. Deltenre, les sols à *Stigmaria* sont invariablement surmontés de couches, laies, layettes ou lignes de charbon. Ils abondent aussi dans la houille qu'ils forment en Haute-Silésie conjointement avec les Sigillaires, d'après Goppert. Cette plante, aussi remarquable qu'étrangère au monde vivant, a aussi poussé dans le Cannel-Coal et dans toute espèce de roches : argile, schiste, grès, argilo-

(1) D'après Hutton, Buckland, Logan, de la Bèche, Lyell, Rogers, Dawson, Goldenberg, Newberry, Binney, Lesquereux, G. Schmitz, A. Renier.

phyre et au dire de Lesquereux jusque dans le calcaire, marquant par son ubiquité le trait le plus saillant de la Flore carbonifère.

Aucune autre plante ne l'égale en intérêt : tantôt elle se développe sans tige comme une plante indépendante, tantôt se modifiant, elle forme la souche des Lépidodendrons, puis celle des Sigillaires et comme à travers ses modifications, elle se maintient fixe dans le temps, elle est, on peut dire, l'organe primordial, le phylum des Lépidophytes.

Les Stigmarias sont des plantes autochtones, ayant vécu là où on les trouve, par la raison excellente, mise en avant par M. Potonié, que leurs appendices peu consistants n'auraient pas résisté au moindre transport sans se détacher, fléchir et se briser tout au moins en partie. Ces appendices en effet sont entiers et symétriquement disposés autour du rhizome, ils ont couturé les schistes et les empreintes de Cordaïtes et de Calamites stratifiées, et en poussant dans cette roche effacé toute trace de stratification.

Les Stigmarias sont des plantes aquatiques, à l'appréciation de Steinhauer (1817), de Goldenberg (1833); suivant Lindley, des plantes à racines rampantes au fond de l'eau, naissant de dômes, et ayant porté des feuilles cylindriques, charnues, flottantes; suivant Goppert, des plantes de tourbage. Leur gisement, leur structure lâche, le tissu lacuneux constaté par Renault entre le bois et l'écorce (*Cours de bot. foss.*, 1^{re} année, p. 162), tout démontre péremptoirement que ce sont des plantes aquatiques. Elles rampaient plutôt au fond de l'eau qu'elles ne flottaient en pleine eau (1), car les Stigmarias dépouillés de leurs appendices sont très rares, et leurs appendices détachés, s'ils ne sont pas rares, gisent, à Leforest (Nord) par exemple, avec des Stigmarias portant les mêmes appendices. Je crois en dernière analyse que c'étaient des coureuses de fonds de marais, et je pense qu'on les peut considérer comme ayant introduit le régime des fonds tourbeux où ont pris naissance un grand nombre des couches de houille.

Les appendices des Stigmarias tenaient lieu de racines et de feuilles. — Mon ami B. Renault a fait une découverte par laquelle nous pouvons concevoir la formation sous l'eau de charbon par ces plantes seules : il a positivement constaté que la structure des appendices est tantôt celle des racines, tantôt celle des feuilles, sans que ces organes présentent nécessairement des apparences différentes.

La portée de cette découverte est que les Stigmarias possédant des appendices phylloïdes pouvaient vivre sans tige sous des eaux claires. C'est sans doute ce qui s'est passé pendant la formation de certaines assises où pullulent les Stigmarias sans tige debout que ce soit, comme à Louches (Nord), Teberga (Asturies), Kizell (Oural), etc.

Grâce à cette aptitude, les Stigmarias pouvaient prospérer dans des eaux pro-

(1) *Annales des Mines*, tiré à part, p. 55 et 65.

fondes où ne pouvaient prendre pied les plantes à cime aérienne, comme par exemple au S.-O. de Rive-de-Gier où, de toutes les souches enracinées, les *Stigmarias* sont les derniers à disparaître du côté où, les dépôts s'épaississant, les eaux devenaient plus profondes.

Quoi qu'il en soit, les *Stigmarias* autonomes sont en excès sur ceux en rapport avec les tiges de Lépidophytes.

Exemples de Stigmarias autonomes. — Ce n'est pas sans réserve que je considère comme tels les *Stigmarias* fig. 1, Pl. X, traçant obliquement le mur des couches de houille, arasés au charbon, lesquels dans l'impossibilité physiologique de s'être développés tout entiers dans le limon, se prolongeaient nécessairement au-dessus, flottant au fond de l'eau ou convergeant vers des souches de tiges détruites.

Il n'en est pas de même sous la couche des Trois-gores à la carrière Lyon de Montrambert : là j'ai vu les *Stigmarias* fig. 2, Pl. X, s'infléchir et ramper sous le charbon; celui-ci enlevé, on n'apercevait que les racines latérales. On remarquera sur cette figure, un effet de géotropisme très accentué par la descente verticale à travers des schistes et grès alternants, de racines beaucoup plus allongées par-dessous que par côté et surtout par-dessus la tige.

La fig. 3 prise à Chaponost montre aussi des *Stigmarias* obliques puis rampants sous la houille; mais, celles-ci enlevées, les appendices, non plus soudées au charbon, serpentent au-dessus des *Stigmarias*; et s'ils tenaient lieu de feuilles, la plante vivait parfaitement sous l'eau sans tige.

Du même endroit la fig. 4 est d'un *Stigmaria major* rampant, à deux sortes de cicatrices, les supérieures plus petites et plus rapprochées que les inférieures, les supérieures servant d'attache à des appendices flottants, sans doute phylloïdes, et les inférieures à des appendices rhizoïdes.

Du *Stigmaria* rampant, fig. 2, on voit descendre sous le charbon des racines verticales assez régulièrement réparties, et comme aux mines de Lalle je n'ai vu au mur de plusieurs couches de charbon que des racines normales à ces couches sans *Stigmaria*, l'analogie permet de conclure que ceux-ci rampaient au fond des eaux tranquilles comme les rhizomes de *Nymphaea* à racines hypogées.

Mode de propagation des Stigmarias rampants. — Comment s'est propagée la végétation sous-aquatique de ces *Stigmarias*? J'ai trouvé la réponse à Matallana (prov. de Léon), sous une petite veine de charbon schisteux, au milieu d'un réseau de *Stig. minor* de 0,10 à 0,05, mis à découvert sur une assez grande surface, et cela sous forme de renflements des branches principales, d'où rayonnent en croix, 4 *Stigmarias* (fig. 5), ces renflements ayant une surface rugueuse sans trace aucune d'attache de tige⁽¹⁾. Et il m'a paru évident que, à la faveur de ces espèces de nœuds vitaux, la plante, se revivifiant sans cesse, s'étendait indéfiniment sans

(1) Comptes rendus, 1900, 17 avril.

perdre de sa grosseur ; le fait est que dans tout le district jusqu'à Llombero, le *Stig. minor* s'est répandu sans produire de tiges.

Sur la Gagnières (Gard) fig. 6, sont associées à des nœuds analogues, des ébauches de souches, que les conditions n'ont pas permis de plus se développer.

Stigmarias interstratifiés dans la houille. — On sait que les *Stigmarias* forment une partie du charbon du Culm, et abondent dans le charbon westphalien, ils sont encore très communs à la base du Stéphaniens, du moins à Rive-de-Gier dans les couches dites Bâtardes, où m'étant convaincu qu'ils ont poussé sur place, leur diffusion m'a rallié à la formation autochtone (voir la 3^e livraison).

Ces rhizomes sont régulièrement stratifiés dans la houille. Aussi peu consistants que ceux des *Nymphaea*, ils ont, dans les joints de la houille, une continuité et un cours rectiligne sans replis qu'ils n'auraient pas s'ils avaient été charriés ; ils sont d'ailleurs en possession de toutes leurs racines : s'ils cheminent sur des nerfs schisteux ou sur du charbon terne, leurs racines y pénètrent et leur végétation sur place ne laisse place à aucun doute ; s'ils gisent entre des écorces que leurs racines n'ont pu traverser, leur autochtonie pour être moins évidente n'en est pas moins certaine, car, accompagnées de toutes leurs racines rabattues dans le plan de stratification, celles-ci, pour peu que le charbon soit schisteux, sont : les latérales perpendiculaires au rhizome, les inférieures recourbées vers son extrémité active, alors que les supérieures plus courtes, sinueuses, ayant flotté, sont appliquées sur la face supérieure dudit rhizome que tout indique avoir rampé sur les matières végétales en voie d'accumulation.

Cette disposition des racines est effectivement la même que celle exprimée sur la fig. 7 des *Stigmarias* observés au-dessus de la Grande couche de La Mure et cheminant entre des schistes durs à Unios ; là les racines ont visiblement préféré se recourber et s'étendre entre les feuillettes du schiste, que de les traverser ; les racines inférieures se recourbent et prennent la direction de la tige, comme l'indiquent les coupes fig. 6 et 6', Pl. XXIII. A pousser ces cas à l'extrême, à réduire à zéro par la pensée l'épaisseur du schiste tracé par les racines, on retombe sur celui des *Stigmarias* interstratifiés dans la houille.

Dans la 3^e livraison, j'entrerai dans des détails circonstanciés sur cet élément de formation de la houille sur place.

Stigmarias vivaces ou éphémères, rampants ou souterrains. — Dans la limite de mes observations, les *Stigmarias*, dans l'Underclay, ont une écorce pelliculaire unie de rhizomes éphémères, alors que ceux interstratifiés dans la houille ont une écorce épaissie ridée de rhizomes vivaces ; les premiers représenteraient le faciès souterrain, les seconds le faciès sous-aquatique des *Stigmarias* autonomes.

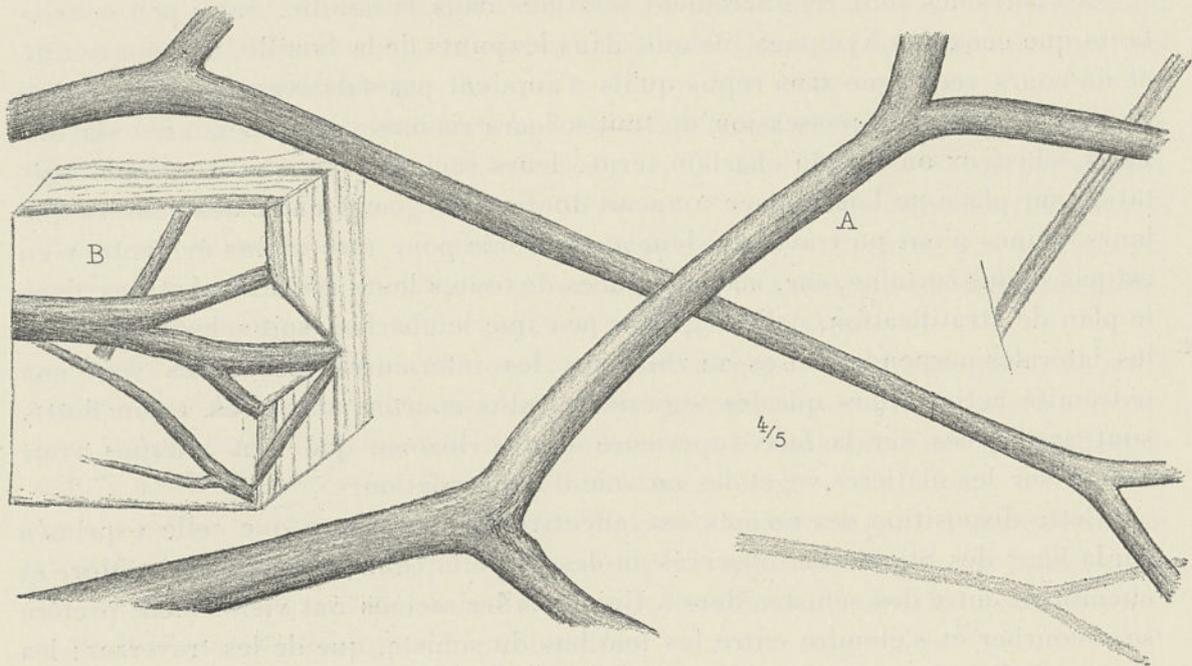
A Ibbenbühen près d'Osnabrück j'ai observé, dans des schistes argileux, de nombreux *Stigmarias* éphémères à mince écorce en partie effacée ; dépourvus d'inclusions minérales, je les ai même vu former, Pl. X, fig. 8, une souche complexe de *Stigmarias* souterraine, fermée, sans tige.

Tout au contraire, le *Stigmaria* rampant fig. 9, de Rive-de-Gier, a l'écorce épaissie d'un rhizome longtemps vivace.

Au pied des souches de Lépidoxytes, les *Stigmarias* ayant vieilli avec les tiges, sont recouverts d'une écorce encore plus épaisse.

Appendices des Stigmarias. — Ces appendices vidés, aplatis et plus ou moins déformés par le tassement, sont simples ou bifurqués et néanmoins ont les uns et les autres la même apparence : les premiers ont pu tenir lieu de feuilles, les seconds sont positivement des racines.

Des racines bifurquées ont été vues sortant des *Stigmarias* traçants de La



Croquis n° 26.

Mure fig. 7, de *Stigmaria minor* inclinés de Cuesmes (croquis n° 27, B), de branches de stigmarioopsis à Méons (Pl. VII, fig. 1, H), et je présume que ceux (croquis 26, A) proviennent de quelque Lépidoxyte.

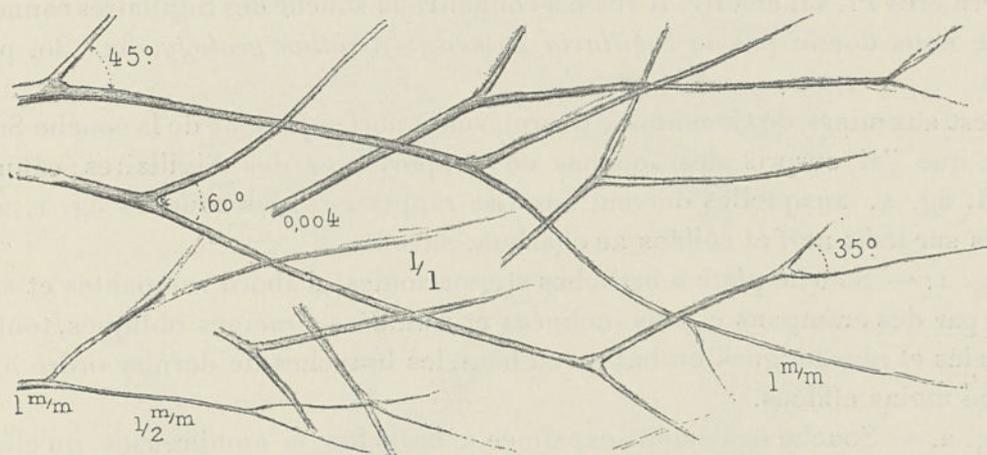
Les racines bifurquées se trouvant dans tous les genres de Lépidoxytes, en révèlent la commune origine en même temps que leur alliance avec les Lycopodiées dont les racines sont seules à se bifurquer dans des plans différents.

Depuis que Artis (*Anted. phyt.*, p. 3) et Goldenberg (*Flora Saræp.*, Pl. XIII, fig. 5) ont figuré des racines de *Stigmaria* bifurquées, plus personne ne s'en est occupé.

A La Mure, fig. 7, elles restent simples jusqu'à 0,50 du rhizome, puis se subdivisent plusieurs fois de suite en se réduisant à quelques millimètres, et cela dans des plans différents, car elles forment un plexus de racines et radicelles entrecroisées dans tous les sens. A Cuesmes près de Mons (croquis n° 27, B), les racines

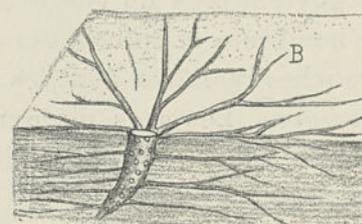
plus minces sortant d'un *Stigmaria* incliné m'ont bien paru se bifurquer dans des plans alternativement horizontaux et verticaux. A Méons les racines bifurquées paraissent s'étaler dans des plans horizontaux. Mais à bien observer les pareilles (croquis 26, voir l'échantillon), il y en a qui se sont tordues à la base pour rester dans le plan des autres. Au reste, le croquis n° 26, B figure une racine bifurquée coup sur coup deux fois de suite, dont les trois brins forment les arêtes d'un trièdre.

Le croquis 26 ci-dessus représente de fortes racines ramifiées de la Petite-Bâtarde.



Croquis n° 27, A.

le croquis 27, A de moyennes et petites racines de Lalle et de Gagnières, ramifiées plusieurs fois en diminuant de 8 à 1 m/m; les plus petites du Martinet sont bifurquées jusqu'à 5 fois de suite à des intervalles de plus en plus rapprochés; voir, à côté, des racines filiformes se perdant dans la roche.



Croquis n° 27, B.

La fig. 10, Pl. XII, représente un système complet de racines de *Stigmarias* parfaitement conservées dans un schiste argileux gris à pâte très fine de la couche « La Découverte » à Gravenand; ces racines, légèrement obliques à la schistosité de la roche, contiennent un axe vasculaire par lequel on juge que certaines ramifications résultent de deux bifurcations très rapprochées à branches inégales dont une est avortée.

SOUCHES ET SOLS DE VÉGÉTATION DES LÉPIDOPHYTES

PLANCHE XI

L'évolution phylogénique des *Stigmarias* est marquée par trois étapes successives sous les formes : 1° de souches de Lépidodendrons; 2° puis de Sigillaires cannelées; 3° enfin de Sigillaires à écorce plate. Les premières sont figurées Pl. IX, les dernières Pl. VII et VIII; il reste à connaître la souche des Sigillaires cannelées, que ne nous donne pas le *Sigillaria Brownii* (*Acadian geology*, fig. 30, p. 180 et 188).

C'est aux mines de Communay (Isère), sur le nerf supérieur de la couche Sainte-Lucie, que j'ai surpris des souches en rapport avec des Sigillaires cannelées Pl. XI, fig. 4, auxquelles doivent aussi se rapporter ⁽¹⁾ les souches fig. 1, 2 et 3 étalées sur ledit nerf et collées au charbon, savoir :

Fig. 1. — Souche plate à branches stigmarioïdes, d'abord rampantes et accrochées par des crampons *c*, puis inclinées et ramifiées à racines obliques, toutefois verticales et plus longues en bas qu'en haut, les branches de dernier ordre *p* sont plus ou moins effilées.

Fig. 2. — Souche également expalmée à branches si nombreuses qu'elles se recouvrent près du centre (2A), branches rampantes fixées solidement au sol par de nombreux et robustes crampons (2B) ou pinceaux de racines verticales rigides, branches ramifiées dont les extrémités (2C) sont elles-mêmes fixées par de petits crampons. Les axes pierreux des crampons sont entourés d'une écorce épaisse relevée à la surface de saillies servant d'attaches aux appendices, et auxquelles correspondent sur le noyau pierreux des cicatrices rondes de *Stigmaria*.

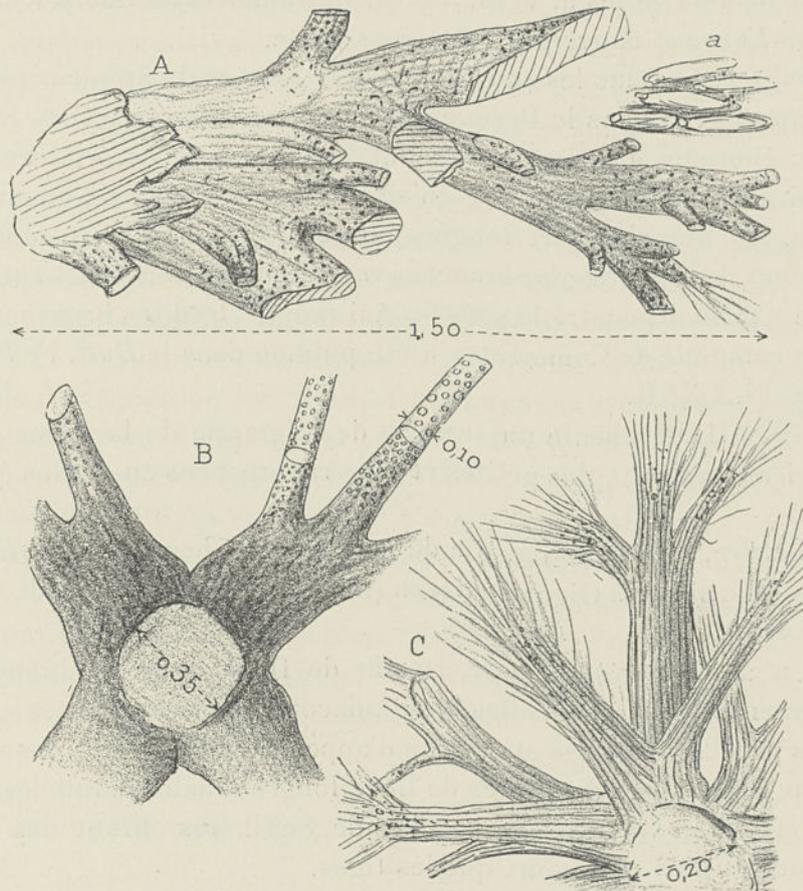
Fig. 3. — Souche à branches rampantes très charbonneuses fixées par quelques touffes de racines; les branches n'offrent de cicatrices ni d'appendices qu'à leur extrémité. De très longs rhizomes aussi charbonneux paraissent avoir propagé l'espèce. La souche fig. 8, plus charbonneuse encore, se laisse également rapporter par ses extrémités à quelque Lépidophyte plus âgé. Certains *Stigmarias* ont été figurés (Williamson. *Monog. de Stig. ficoides*, Pl. IV, fig. 25, VI fig. 9, VIII fig. 15), dont l'écorce subéreuse paraît capable de fournir une aussi forte couche de charbon.

Dans toutes ces souches, les appendices sont obliques, et si ce caractère est de première importance, la souche fig. 7 appartient, malgré la multiplicité de ses branches, à une Sigillaire.

Stigmariopsis, Gr. Ces souches se distinguent des autres par une écorce restée mince, et des branches plus courtes moins atténuées. Il en a été figuré plusieurs

(1) Il n'y a dans cette couche que des Sigillaires cannelées : *Sig. polleriana*, *pachyderma*, etc.

sur la Pl. VII de la 1^{re} livraison. Le croquis 28 ci-dessous en représente deux qui s'écartent de la moyenne, celle A vue en dessous, est armée de crampons et griffes plus nombreux que d'ordinaire, celle B à quatre quartiers, offre cette particularité que ses branches radicantes portent à la partie supérieure des cicatrices à la fois plus petites et plus rapprochées qu'à la face inférieure. Ce dimorphisme (*Stig. dimorpha*) n'a pas encore été signalé.



Croquis n° 28.

Stigmariopsis Ripageriensis. — Une des souches que ses singularités m'ont le plus intrigué, est celle fig. 5, à divisions très nombreuses que n'exagère pas ce dessin. Les branches radicantes de 0,10 à 0,05 sont ramifiées très irrégulièrement, les plus petites sortant des plus grosses même à angle droit ; la plupart des branches normales au mur de la couche Bâtarde, paraissent avoir eu pour but de multiplier les branches secondaires en hauteur plutôt qu'en surface ; l'écorce est épaisse de 3 à 5 m/m (fig. 5 A), et les appendices rigides un peu décurrents, étroits, linéaires donnent aux extrémités effilées 5 B une apparence de branche d'Aciculariée. Sous l'action du géotropisme, les appendices, sous les branches obliques, tendent à prendre une direction verticale.

J'ai cru reconnaître sortant d'une forte branche verticale de ce *Stigmariopsis*, un *Stigmaria minor* horizontal *Sm* à écorce très mince et à racines souples normales à la branche (voir l'échantillon).

Ces *Stigmariopsis* abondent à la Catonnière, principalement au puits du Verger, les branches principales sont perpendiculaires au mur de la Bâtarde à laquelle elles sont arasées, et la tige que je ne connais pas, était portée sur ces branches prolongées. Une seule fois je les ai vues, fig. 5, entremêlées de racines flexueuses ayant flotté dans l'eau, et converger vers une souche.

Stigmaria major. — Dans les couches les plus élevées du Stéphanien, à Saint-Etienne, Commentry, et dans le Permien de Bert, se rencontrent des *Stigmarias* tout différents : énormes, à branches horizontales peu ramifiées, à mince écorce et cicatrices aussi nettes près du collet qu'aux extrémités, fig. 6; au mur de la couche Frécon, les branches fort longues courent dans un schiste dur, devenu argileux au contact de la plante; les branches rayonnent de tous côtés autour d'une souche ouverte par où a pénétré le grès fin qui remplit lesdites branches.

Une souche complète de Commentry a été publiée dans le *Bull. de l'Industrie minière*, 1890, Pl. LXXII.

La fig. 6 A Pl. XII représente un tronçon de *Stigmaria* de la même grosseur, mais dont les cicatrices sont plus petites et plus rapprochées au-dessus qu'au-dessous.

Tout au contraire, la souche fig. 9 a de minces branches de *Stig. Eveni* garnies de racines filiformes; à Oignies-Aiseau (Belgique), ce type abonde dans une espèce de terreau.

Le croquis n° 28 C représente une souche de Douai dont les branches sont aussi régulièrement striées que celles des *Aulacopteris*, mais ornées aux extrémités de toutes petites cicatrices et garnies d'appendices filiformes; les stries des branches sont produites par des lames de liège longitudinales parallèles.

Par ces exemples on voit que les souches de Sigillaires offrent des écarts de forme plus grands et plus nombreux que les tiges.

Sols de végétation des Sigillaires. — Dans le Stéphanien, les sols de Sigillaires les plus communs, sont réduits (Pl. VIII, fig. 11, M et N et fig. 3) aux branches radicales arasées au-dessous de leurs souches; les tiges portées sur ces branches aux tissus moux ne pouvaient se maintenir que dans les eaux profondes des marais houillers.

Non moins souvent, les souches sont étalées sur le mur des couches (Pl. XI, fig. 1, 2, 3 et 4). Il s'en trouve d'aplaties fig. 11 sous la Bâtarde et peut-être y en a-t-il d'interstratifiées dans cette couche.

La fig. 11 représente le mur de la Bâtarde peuplé de *Stigmarias* variés, entre lesquels *C* figure un *Cal. cannæformis* enraciné, *C'* et *C''* des rhizomes de *Calamites*, *O* un bouton de Sigillaire, *T* un *Stigmariopsis*, *R* des *Stig. Ripageriensis*, *B* des

Stigmarias en croix, et parmi des Stig. minor horizontaux d'énormes Stigmarias obliques *S* de 0,20 de large. Les empreintes stratifiées dans le mur, nommément le *Sig. monostigma M*, sont trouées par des racines de Stigmaria.

Le mur de la couche est recouvert de Lépidophytes aplatis sur des Stigmarias rampants, de même le joint de charbon *m*; en outre, dans la couche, *n* est une veine de Splint-Coal où ont poussé des souches de Sigillaires, *p* un sillon schisteux pénétré de racines peu inclinées..., le charbon paraissant ainsi composé de fonds de végétation alternant avec des débris et tiges stratifiées.

Je n'ai pas besoin de dire que les figures 10 et 11 n'ont pas été dessinées dans la mine, mais d'après les roches et fossiles extraits provenant du mur de deux couches.

La fig. 10 représente le mur de la 2^e couche de Gagnières (Gard), occupé par des Stigmarias, une souche de Cordaïte *C*, une souche d'Aulacopteris *A*, une souche de Lépidodendron *L*. Dans ce mur sont interstratifiées des empreintes de Cordaïtes et de Calamites trouées par les racines de Stigmaria; celles-ci ayant rencontré une Sigillaire *d* plus résistante à la pénétration, l'ont contournée.

Les sols de végétation fig. 10 et 11 comprenant avec des Stigmarias plusieurs sortes d'autres plantes ayant vécu en leur société, sont des plus complexes, et l'on peut se demander si les plantes variées qui les peuplent ont vécu en même temps les unes à côté des autres.

Il est plus probable qu'elles ont poussé les unes après les autres, et, de plus, que leur végétation a duré fort longtemps, car sur le mur fig. 10, des racines de Cordaïte ont traversé un Stigmaria, et sur la fig. 5 *bis* on voit un Stigmariopsis ayant vécu l'intervalle de temps qui s'est écoulé entre la végétation des deux Stigmarias figurés, l'un en haut à gauche, l'autre en bas à droite.

SOLS DE VÉGÉTATION, ENRACINEMENT ET RACINES DES CALAMARIÉES

PLANCHES XII ET XIII

Nous connaissons les formes que revêtent les Calamariées dans les forêts fossiles Pl. I, II, III, VIII; il reste à en décrire l'enracinement, les sols de végétation, et à déterminer les rapports de ceux-ci avec la houille.

Mieux adaptées que les Stigmarias à toutes les circonstances que pouvait offrir un bassin de dépôt en voie de remplissage, les Calamariées manifestent leur présence sous les formes les plus variées.

Parterres de Calamites. — Une des plus curieuses est celle de Calamites rampantes sans feuilles, mais pourvues de racines rameuses; tel est le parterre de *Cal. cannæformis* fig. 1, Pl. XII, relevé à la Malafolie en 1874, et celui fig. 2

de *Cal. Suckowii* couchés sur l'argile⁽¹⁾ schisteuse presque sans racines, en tout cas sans feuilles.

Calamites renversées sur place. — Sans doute la fig. 1 ne représente-t-elle qu'une partie de cette végétation de fond, car la fig. 4 illustre d'un autre exemple une semblable végétation recouverte d'une jonchée de tiges renversées sur place garnies de nombreuses racines adventives, mais dont l'écorce est dépourvue de cicatrices foliaires.

Que l'on relève ces tiges encore fixées aux rhizomes, et l'on aura la vue réelle d'une végétation aquatique de Calamites soutenues dans l'eau par les dites racines. Ces tiges atteignaient l'atmosphère, car parmi elles se trouvent leurs branches *Ast. equisetiformis*.

A un mètre sous la crue des Razes se voit, Pl. XXV, une colonie d'arthropites M N enracinés renversés sur place, et accompagnés de leurs branches et épis *Ast. densifolius* et *Macrostachya infundibuliformis*.

Un cas analogue Pl. XXVII, fig. 1, a été découvert à la Bâtie sous une veine de houille.

Sols de végétation des Calamites. — Que l'on suppose détruit tout ce qui, de ces plantes, n'était pas souterrain, et l'on aura un sol de végétation comme celui Pl. I, fig. 4, signalé au mur de la 2^e couche au Treuil; sur ce sol et dans ce sol on reconnaît des tiges et rhizomes de Calamites.

Mais il y a des sols de végétation de Calamites composés exclusivement de racines, sans tiges ni rhizomes, comme celui Pl. XXI, fig. 4, A, e, ou celui fig. 5, e situé dans l'intérieur d'une veine de houille appartenant au même système charbonneux.

Dans ces deux cas sans doute les tiges et rhizomes ayant végété hors sol, sont incorporés au charbon supérieur.

En tout cas, il est évident que les racines de Calamodendron de 0,01 à 0,03 à noyau minéral strié, Pl. XII, fig. 5, sont dérivées de rhizomes flottants tels que celui fig. 6, ou de quelque base de tige portée sur ses racines et détruite.

Calamites à rhizomes souterrains. — Les Calamites dont la base s'est développée souterrainement, nous ont légué de nombreux rhizomes comme au Treuil le *Cal. Suckowii* Pl. I, fig. 2.

Egalement le *Cal. cannæformis* Pl. XII, fig. 7, est en rapport avec des rhizomes traçants fort longs munis de racines horizontales rameuses; en haut, sont renversées des tiges, et tombés de longs rameaux de 1 mètre et plus dont les feuilles sont en partie détachées.

(1) Argile située entre les bancs 15 et 16 Pl. XX.

Arthropitus souterrains. — En tirant leur origine de rhizomes plus profonds les Arthropitus ont pu s'entourer de nombreuses racines adventives souterraines comme les tiges de la forêt fossile Pl. XXI, fig. 1. La fig. 17, Pl. XII, représente l'une des tiges. Vers le N.-O., celles-ci sont de moins en moins enterrées, leurs tiges finissent par sortir du sol dans lequel elles n'ont alors laissé comme témoins que leurs racines arasées Pl. XII, fig. 18.

Déjà l'on voit combien a varié l'enracinement des Calamites dont le type géométral revêt, avons-nous vu, des formes très différentes suivant le milieu souterrain, aquatique ou fluvial où il s'est développé.

Forêt fossile du Mouillon. — A la carrière Drillon j'ai relevé, entre la grande couche et la Découverte, la forêt fossile Pl. XII, fig. 8, composée en haut de *Cal. Suckowii* et en bas d'autres Calamites dressées, à côtes peu bombées et double sillon. Celles-ci s'élèvent de rhizomes fort longs, étroits de 0,03, articulés à intervalles de 0,04 à 0,05, renflés aux articulations d'où sortent de courtes racines simples alors que de la base des tiges partent des racines longues et rameuses ; les rhizomes avortés en grand nombre occupent avec les racines 0,10 de schiste gréseux. Ceux avortés sont garnis d'écailles foliaires donnant aux plus minces et plus courts l'aspect de gros épis articulés.

Au-dessus de ce sol de végétation sont enfouis avec les tiges : de longs rameaux simples terminés par un pinceau de très longues feuilles, des gaines de feuilles soudées et de petits châtons, organes récoltés à décrire dans la 10^e livraison sous le nom de *Calamodendron longifolium*.

Calamites nées de spores? — Jusqu'ici les Calamites envisagées sortent de rhizomes. Mais si expansifs et répandus qu'aient été ceux-ci, il y a certainement des Calamites qui sont issues de spores.

De la forêt de *Cal. Suckowii* du Treuil, Pl. I, descendent dans la roche sous-jacente quelques rares et minces tiges verticales, et l'on peut tout au moins se demander comment ces dernières se terminent ou commencent en profondeur. Les figures 9 et 10, Pl. XII, vont nous l'apprendre.

Ces figures tirées de la forêt fossile intermédiaire des Chaumières, Pl. VI *bis*, nous montrent, à mi-hauteur, de toutes petites Calamites verticales de 0,01 à 0,02, grossissant en haut et y passant au *Cal. Suckowii*, et s'amincissant en bas à quelques millimètres, puis s'évanouissant dans le schiste où s'effacent également les rhizomes.

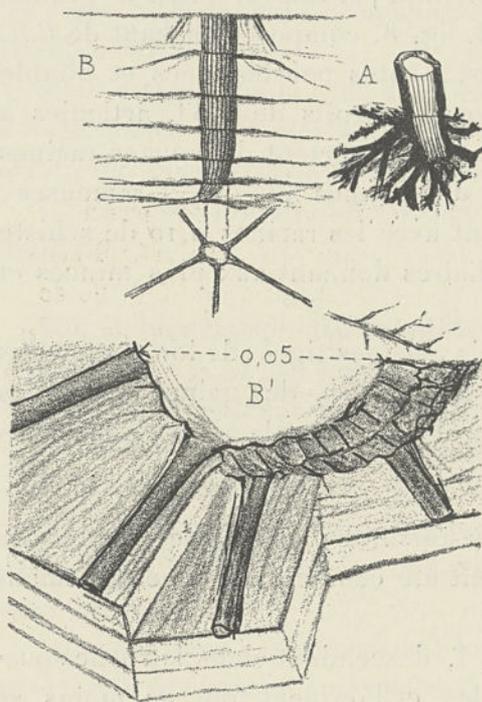
De bas en haut ces Calamites minuscules s'entourent de verticilles horizontaux de racines de plus en plus longues, et les rhizomes se bordent de racines latérales.

Asterophyllites subterraneus. — Et chose étrange, que nous ne nous hasardons pas d'expliquer pour l'instant, certaines de ces petites tiges, au lieu de verti-

cilles de racines, s'entourent de verticilles de feuilles parfaitement étalées comme les racines dans les mêmes joints de stratification comme si elles y avaient poussé. De bas en haut, ces feuilles s'allongent tendant à ressembler aux feuilles aériennes du *Cal. Suckowii*. La fig. 11 reproduit la gamme des verticilles de feuilles, striées en haut, rudimentaires au milieu, réduites à des écailles en bas.

On ne peut s'empêcher de voir là des feuilles souterraines quelque étrange que cela paraisse, soit dit en attendant d'autres exemples non moins probants de cette anomalie.

Calamites fortement enracinées. — Avant de passer à l'examen des racines



Croquis n° 31.

je crois devoir décrire quelques *Arthropitus* et *Calamodendrons* fortement enracinés.

La Calamite de la Grand'Combe Pl. XII, fig. 12 est pourvue en bas de racines souterraines horizontales et en haut de racines adventives aquatiques étalées à deux niveaux, accusant par là un mode de végétation analogue à celui des *Psaronius* à racines étagées.

Il en est de même de la Calamite fig. 13 qui a aussi toutes les apparences d'avoir poussé sa base dans le sol et sa partie haut dans les eaux courantes.

La Calamite fig. 14 de la Crouzette a le port d'un *Calamodendron* à tige pivotante.

Sur fond vaseux les *Arthropitus* fig. 15 reposent comme les *Psaronius* par un cône de racines, mais de racines notablement plus charbonneuses; celles-ci ont égale-

ment poussé dans l'eau, car elles ont influencé le dépôt des roches qui les entourent au toit de la couche des Trois-gores où se dressent dans les grès compacts 9, Pl. XX, ces tiges sur 3 à 4 mètres de hauteur.

L'*Arthropitus* fig. 16 de la Malafolie est encore plus robuste avec ses racines latérales soutenant la tige.

Il y a même des *Arthropitus* à racines ligneuses si épaisses (croquis 31, A) qu'on les prendrait pour des racines de *Cordaïtes* si on ne les voyait en connexion avec des moules *Calamitoïdes*. Mon ami B. Renault a signalé des racines d'*Arthropitus* dont le bois secondaire a une épaisseur de 7 à 8 centimètres.

En opposition complète avec ces fossiles, la fig. 3, Pl. XII, représente un fond de végétation de jeunes *Calamites* et de racines entrelacées flottantes,

au-dessus d'une veinule de charbon sur laquelle tiges et racines s'étendent sans y pénétrer.

RACINES DES CALAMARIÉES

PLANCHE XIII

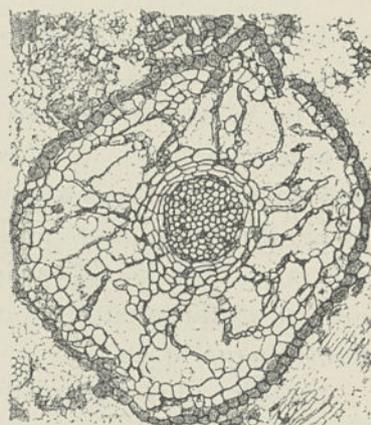
Reconnaissables entre toutes à leur épiderme finement quadrillé, les racines de Calamariées sont sans contredit les restes fossiles les plus répandus de tout le terrain houiller ⁽¹⁾, les uns en place, les autres stratifiés, ceux-ci l'emportant sur ceux-là. Il importe donc au premier chef de savoir dans quel milieu ils ont végété.

Racines aquatiques. — Dans la *flore fossile d'Autun*, Renault donne Pl. LX, fig. 1 et 2, la structure des petites racines, et dans *Phil. trans. royal Society of London*, 1895, Williamson la coupe transversale d'une racine de petit calibre (croquis n° 29). Par ces coupes on voit que les racines de Calamites possèdent une large zone de parenchyme cortical creusée de grandes lacunes dénotant des organes essentiellement aquatiques ⁽²⁾.

La structure anatomique s'ajoute ainsi aux circonstances de gisement pour attester que les racines de Calamites ont vécu constamment plongées dans l'eau ou dans la vase, point définitivement acquis dont l'importance est accrue par la dispersion de ces restes fossiles dans tout le terrain houiller.

Cela établi, il convient de distinguer les racines restées à l'état herbacé sous forme de minces rubans cependant déjà 20 fois plus larges que les racines de Prêles, et les racines ligneuses beaucoup plus fortes, les premières dépendant des Calamites et les autres des Arthropitus et Calamodendrons.

Racines des Calamites. — Celles du Cal. Suckowii, à décrire et figurer dans la 10^e livraison, donneront une idée exacte de la forme et de la ramification des racines de Calamites que, en attendant, représente réduites le croquis 31 bis ci-après levé à Saint-Jean-de-Valériscle (Gard). Elles sont pourvues d'un axe ligneux filiforme

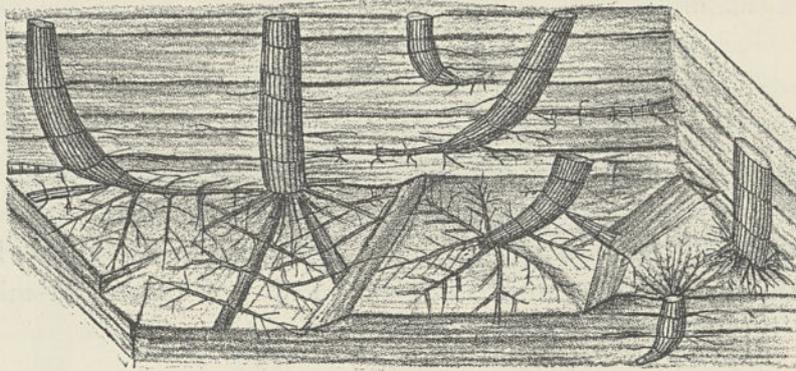


Croquis n° 29.

(1) Dans le Westphalien, à Leforest comme à Saint-Étienne, mêmes racines, mêmes rhizomes de Calamites garnies ou non de racines adventives.

(2) Voir à ce sujet, Williamson, *Organ. fossil Plants of the Coal-Measures* : 1876, part IX, Pl. 19 fig. 1 ; et 1883, Pl. 27 à 30.

ondulant à l'intérieur d'un épiderme imputrescible ; elles sont plus ou moins ramifiées et les branchements sont légèrement contractés à leur point de départ.



Croquis n° 31 bis.

Les racines de Calamites sont aquatiques ou souterraines.

La fig. 1, Pl. XIII représente un système de racines souterraines en place, les unes en haut, horizontales et ramifiées dans le mode *Pinnularia*, et les autres plus ou moins inclinées, les plus inclinées ramifiées tout autour, les moins inclinées du côté de l'angle obtus seulement.

Le plus souvent et cela est à remarquer, ces racines, manifestement en place, ne sont reliées, ni à des tiges ni à des rhizomes ; ceux-ci sans doute s'élevaient hors sol et flottaient au fond des eaux comme les mêmes organes basilaires de plantes aquatiques.

Un des plus suggestifs exemples de cette végétation aquatique est celui Pl. XIII, fig. 2, de racines arasées, se dirigeant vers des rhizomes disparus.

Racines d'Arthropitus. — Dans la couche 16, Pl. XX, sont enracinés dans l'argile schisteuse, un grand nombre d'Arthropitus Pl. XIII, fig. 3, 4 et 5, entourés de racines plongeantes, puis étalées et ramifiées dans tous les sens ; sur la section horizontale *xy*, affleurent fig. 5 leurs axes ligneux enveloppés à distance de l'épiderme caractéristique des Calamites ; de ces axes charbonneux se détachent des racines secondaires peu inclinées ramifiées tendant à ressembler à celles des Calamites.

Racines décortiquées. — Cependant dans les roches non argileuses, les racines de *Cal. cannaeformis* (assimilé aux Arthropitus) ne sont pas accompagnées de cet épiderme, telles sont celles Pl. XII, fig. 1, et croquis n°2, p. 9. Il en est de même de celles de la jeune tige (croquis 31 B'), et l'on peut dire que les racines de ces Calamites sont d'ordinaire décortiquées, ce qui est vraisemblablement dû à la même cause que la disparition des rhizomes et racines dans les roches sableuses,

car dans les schistes fins, le *Cal. cruciatus* suivant a conservé, autour de toutes ses racines, leur épiderme subéreux.

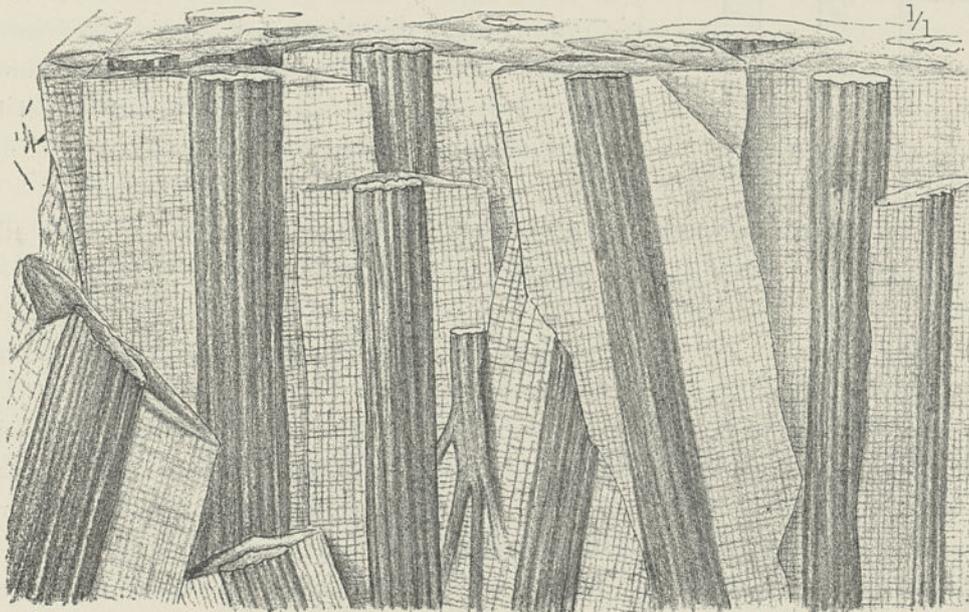
Racines de *Calamodendron cruciatum*. — Il s'agit du *Cal. cruciatus* trouvé debout au toit de la 10^e couche au Treuil (Pl. II, fig. 3). Il est entouré Pl. XIII, fig. 6, de ses racines un grand nombre de fois ramifiées jusqu'à se terminer par des radicelles filiformes.

Ayant décrit, page 16, le port de la plante, je n'ai à envisager ici que ses racines.

Représentées en grandeur naturelle Pl. XIII, fig. 6, les racines sont composées d'un cylindre ligneux cannelé et d'un épiderme trois fois plus large (au sortir de la tige, p. 17, il n'a été figuré que le cylindre ligneux). Le nombre des cannelures diminue jusqu'à se réduire dans les dernières racines, à un filet axial.

Les racines de second ordre sortent des racines principales de la même manière que celles-ci de la tige. Sous l'épiderme on suit facilement la marche des faisceaux vasculaires qui, des racines moyennes et petites, se rendent plus ou moins obliquement dans les racines d'ordre immédiatement supérieur.

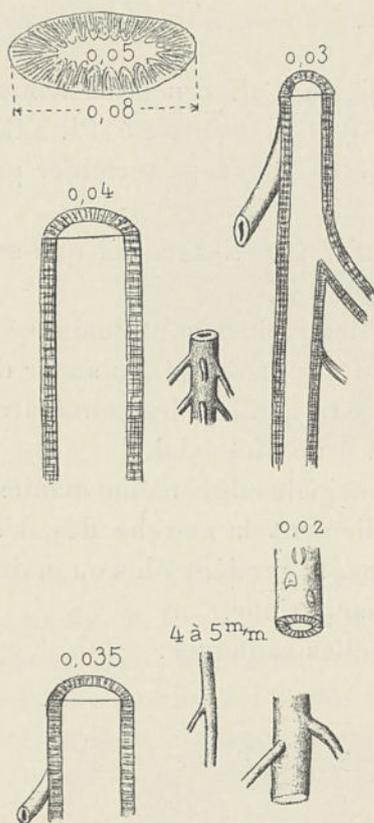
Les racines principales portent la marque de radicelles caduques.



Croquis n° 30.

J'ai récolté à Montmartre des racines aussi subdivisées, mais parallèles et provenant sans doute d'une partie submergée plus élevée des mêmes tiges. Le croquis ci-dessus n° 30 figure de grosses racines fasciculées ayant sans doute enveloppé ces tiges plus haut encore.

Astromylon. — Les laborieuses recherches de Williamson et de Renault nous



Croquis n° 32.

ont appris que les racines d'Arthropitus et de Calamodendron sont composées d'une écorce exagérément épaisse, creusées de grandes lacunes autour d'un cylindre de bois secondaire non articulé contenant une moelle volumineuse; la coupe transversale de ce cylindre de bois ressemble à s'y méprendre à celle des tiges, à cette seule différence près que dans la première il n'y a pas au bout des coins de bois de lacunes aériennes. Williamson a décrit ces racines sous le nom d'Astromylon (*Ph. trans.*, 1891, Pl. XXVII, fig. 3); Renault y a vu des stolons (*Les Calamariées*, Pl. XI, fig. 4, p. 36), ce sont des racines à la vérité fort étranges. La collection Roche au Muséum comprend des racines décortiquées de 0,03 à 0,06 de diamètre avec une couronne de bois de 0,01 à 0,02 et une moelle de même épaisseur. Or, les bois fossiles, croquis 32, trouvés dans les Calcédoines de Grand-Croix, répondent à ces définitions, et je me suis trompé en en faisant une nouvelle espèce d'Arthropitus (*Art. dadoxylina*), et en les utilisant dans la reconstitution du port aérien des Arthropitus.

SOUCHES ET RACINES DES CORDAITES PLANCHES XV ET XVI

Aucune publication ne mentionnant de souches ni racines de Cordaïtes, ces fossiles doivent d'autant plus retenir l'attention.

Les trouvant à côté des autres souches et racines, elles ont aussi poussé dans l'eau ou dans la vase, comme du reste leurs parents actuels les Cyprés chauves qui ne se développent nulle part mieux et plus complètement que la base recouverte constamment par les eaux tranquilles du Dismal Swamp (Louisiane).

Implantées dans le grès, les souches de Cordaïtes ont perdu leurs racines des derniers ordres ⁽¹⁾ si bien que l'autochtonie de quelques-unes pourrait être remise en question, si les mêmes souches dans le schiste n'y avaient conservé toutes leurs racines jusqu'aux radicelles.

Ces racines ligneuses, traversant des empreintes stratifiées, sont évidemment en place.

(1) La disparition des racines ligneuses dans le grès explique celle des rhizomes, la plupart peu consistants et fugaces.

Nées de graines, les Cordaïtes, au contraire des autres plantes houillères toutes rhizomateuses, sont indépendantes les unes des autres et isolées.

Grâce à leur nature ligneuse, il semblerait que leurs troncs et souches auraient dû échapper à l'action du milieu sur les formes : on verra qu'il n'en est rien.

Ayant toujours été attentif à ces fossiles, j'ai essayé de les grouper parallèlement aux feuilles, graines et bois dans les genres : *Cordaïtes*, *Poa-Cordaïtes*, *Dory-Cordaïtes*, et *Rhabdocarpus-Cordaïtes*.

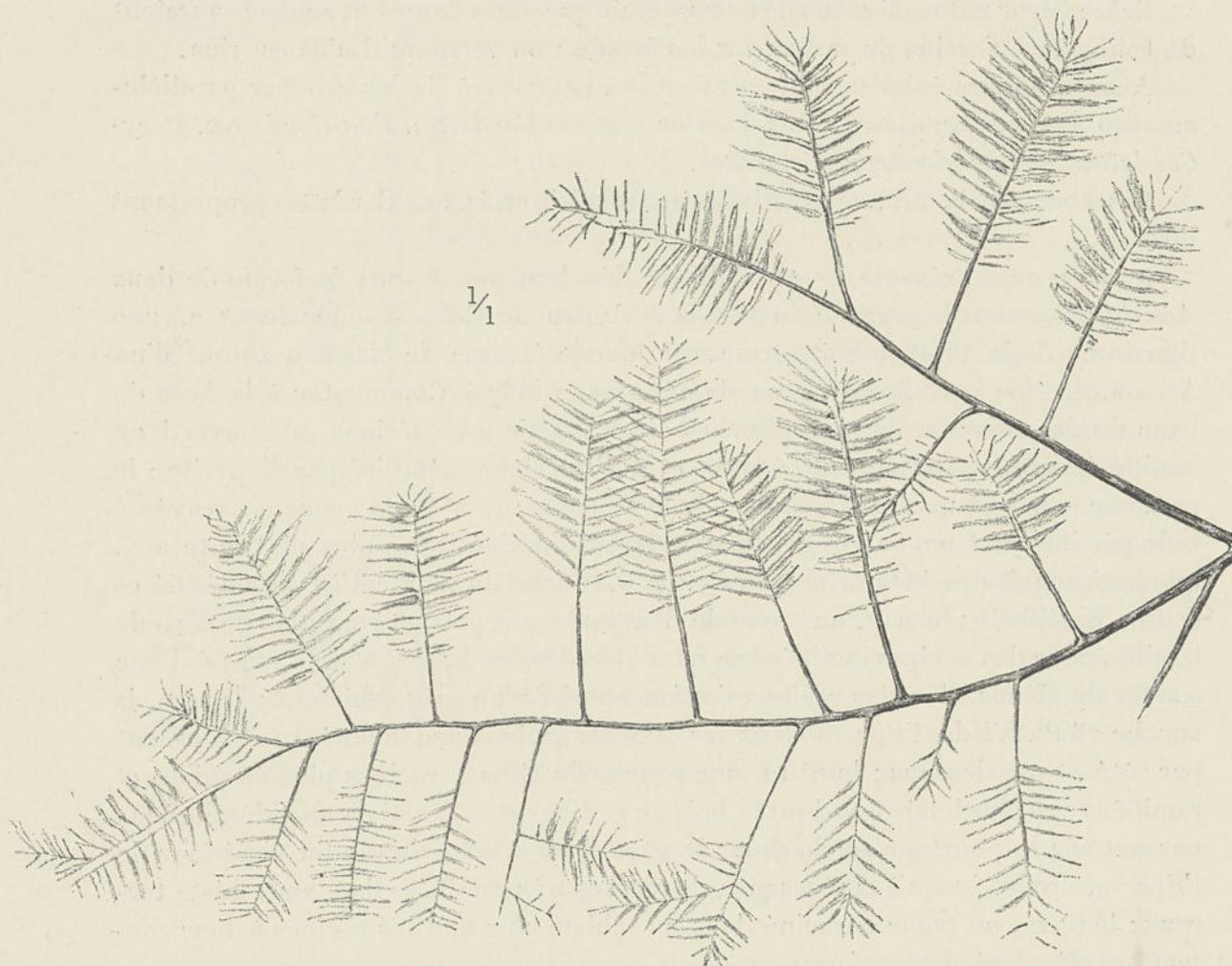
Les souches Pl. XV, n^{os} 1 à 16 se rapportent, je crois, aux Cordaïtes proprement dites.

Le n^o 1 en représente le 1^{er} stade de développement sous la forme de deux *Artisia* provenant le premier du Marais et l'autre de Côte-Chaude ; le n^o 2, une tige de La Bâtie dont le bois forme une couche épaisse de charbon autour d'un *Artisia* central ; le n^o 3 d'après un dessin pris en 1867 à Commentry à la base du banc dit des roseaux, une tige ligneuse dont le bois à l'extérieur est converti en houille indistinctement avec l'écorce et à l'intérieur métallisé par la pyrite ; le n^o 4, une souche expalmée comme celle des Sapins ; le n^o 5, une souche excavée à bois pétrifié dont on ne voyait, lorsque je l'ai dessiné il y a plus de trente ans, que l'origine des racines principales ; le n^o 6, souche du Montcel à bois sidérifié et écorce houillifiée ; le n^o 7, un tronc de Chavassieux représenté par plus de 0,10 de houille, avec des racines inclinées en haut et étalées en bas ; le n^o 8, la moitié d'une souche de Méons, dont les racines s'enfoncent dans un grès schisteux ; le n^o 9, la souche 28 Pl. VI de l'Eparre dont les grosses racines peu inclinées se ramifient par côté et par-dessous ; le n^o 10, une souche du Cros à racines plus étendues et ramifiées que d'ordinaire, et dont le bois au centre est converti en un sidéroligneux passant sur le pourtour au charbon ; le n^o 11, une souche du gradin supérieur de l'Eparre, creuse jusqu'à la naissance de racines très ramifiées dans un schiste terreux ; le n^o 12, un tronc enraciné dans un schiste noir que les racines à leur contact ont décoloré et transformé en argile.

De tous les systèmes de racines de Cordaïtes, je reproduis fig. 17, Pl. XV, le plus complet et le mieux conservé dans le schiste fin de l'entre-deux de « La Bleue » à l'Eparre ; il comprend en haut sous une couverture de feuilles de Cordaïtes, de fortes branches radicales tortueuses à racines flexueuses embouées dans une argile non stratifiée ; puis descendant de ces racines principales, des racines secondaires qui se subdivisent et se terminent dans des schistes fins par des racines horizontales bordées de radicelles bilatérales ; les plus inclinées fig. 17 *a* émettent comme celles des Calamites Pl. XIII, fig. 1⁽¹⁾, des radicelles tout autour, les moins inclinées du côté de l'angle obtus seulement et celles intermédiaires de plus petites radicelles par côté et dans l'angle aigu que dans l'angle obtus ; les racines sont protégées par une écorce subéreuse portant la marque de radicelles cadu-

(1) Cette disposition n'a donc aucune valeur taxonomique.

ques. La fig. 17 *b* est celle de racines moyennes traçantes pourvues çà et là de radicelles pinnées.



Croquis n° 33.

Le croquis n° 33 ci-joint représente en grandeur naturelle une empreinte de racines et radicelles étalées provenant de Saint-Chamond.

Sur la fig. 17 les radicelles sont moins serrées.

J'ai dessiné à Saint-Julien-en-Jarrez, fig. 18, une jeune souche de Cordaïtes étalant ses racines sous un filet de charbon formé visiblement des débris stratifiés de ces plantes; les racines rampantes enfoncent légèrement dans le sol leur extrémité très ramifiée; elles envoient en outre dans ce sol des racines-crampons inclinées beaucoup plus simples.

SOLS FOSSILES DE CORDAITES A FACIES PALUSTRE

Les souches précitées ont poussé dans les sables et vases. Elles sont loin d'être aussi communes que celles situées dans les couches de houille formées de Cordaïtes Pl. XXIV et sur lesquelles se concentre le principal intérêt. Les racines y sont exiguës, souvent même réduites à leurs extrémités comme au mur de la 11^e couche au Treuil, Pl. II, fig. 1. Il est clair que dans ce cas, les racines principales des Cordaïtes comme celle des Cyprès chauves de la Louisiane, s'étendaient à découvert au fond des marais où rampantes elles se fixaient par des crampons et racines souterraines, les seuls témoins en place qui nous en soient conservés.

Que la tige et la souche fig. 13, Pl. XV, viennent en effet à disparaître d'une manière ou d'une autre, il ne restera que des pointes de racines ligneuses ; la fig. 15 représente la partie souterraine des racines d'une tige portée dans l'eau sur ses racines ; de même celles plus fortes fig. 14.

SOUCHES DE POA-CORDAITES

PLANCHE XVI

Répendus dans le système des couches de Saint-Étienne, les Poa-Cordaïtes abondent principalement à Montrambert, à la Béraudière et à Montmartre, au niveau de la 1^{re} crue. Sur cette couche à la Béraudière Pl. XXI, fig. 4 a, leurs débris forment une veine de houille schisteuse dans la dépendance de laquelle, il y a une vingtaine d'années, se voyaient des souches de racines ligneuses arasées Pl. XVI, fig. 1, et des souches d'arbustes fig. 2 pourvues en haut fig. 3 de racines ondulées entremêlées ayant poussé librement dans l'eau.

Ces racines ressemblent à celles des Cordaïtes mais sont de plus petit calibre.

Au Treuil s'est rencontrée une petite tige à part fig. 4, Pl. XVI, que quelques vestiges de bois conservés à l'intérieur me portent à rapporter aux Poa-Cordaïtes, bien que cette tige pivotante ait émis des racines à deux hauteurs différentes, ce qui laisse à penser que les racines supérieures se sont produites après l'ensablement de la base. La tige a une épaisseur de 0,10 avec un creux central artificiel de 0,015.

TRONCS, SOUCHES ET RACINES DE RHABDOCARPUS

Je connais tous les organes de ce nouveau genre ⁽¹⁾ : leurs grandes feuilles type *C. principalis*, leurs branches striées, leurs graines *Rhabdocarpus*, leurs

(1) Comptes rendus, 1905, p. 995.

GRAND'EURY. — Recherches géobotaniques, II.

tiges et racines et aussi le bois que je présume n'avoir pas eu plus de consistance que celui de *Poroxyton*; aussi les tiges peu résistantes surmontent-elles rarement les souches.

Ces organes sont souvent rassemblés sur les souches et racines, plus particulièrement à Montrambert et à la Béraudière; les graines sont presque toujours mélangées aux feuilles.

La fig. 5, Pl. XVI, réunit les parties aériennes tombées sur les racines; quelques-unes de celles-ci se sont insinuées entre les feuilles *m* et les ont perforées. Les racines que j'ai dessinées une à une avant de les raccorder sur la figure, sont traçantes et fixées par des crampons qui paraissent avoir eu pour but d'en descendre le niveau, mais dans des plans si rapprochés que toutes sont contenues dans 0,10 de schiste qu'elles rendent charbonneux. C'est un trait particulier à ces racines de paraître souvent bifurquées, de former des pattes d'oie *p, p*, des épaisissements *a, a* d'où descendent les crampons, des coudes *b, b*, etc. Les racines ordinaires sont ramifiées par côté et par-dessous, les racines ultimes sont très minces et un peu décurrentes. La surface subéreuse des racines porte la marque de nombreuses radicules mortes.

A l'Eparre je n'ai remarqué sous les mêmes feuilles que des racines rampantes fig. 7 ramifiées très irrégulièrement fig. 9.

A Montrambert des racines analogues tortueuses entrecroisées dans une argile non stratifiée, paraissent avoir cheminé au-dessus d'un fond de marais houillers.

Cela étant, je n'ai pas été étonné de découvrir à la Béraudière en haut de l'ancienne carrière Saint-Joseph, dans la 1^{re} crue, sous son toit, une veine de charbon schisteux Pl. XXI, fig. 4 C, *a*, formée sur place de racines étalées mélangées et recouvertes de feuilles de *Rhabdocarpus*.

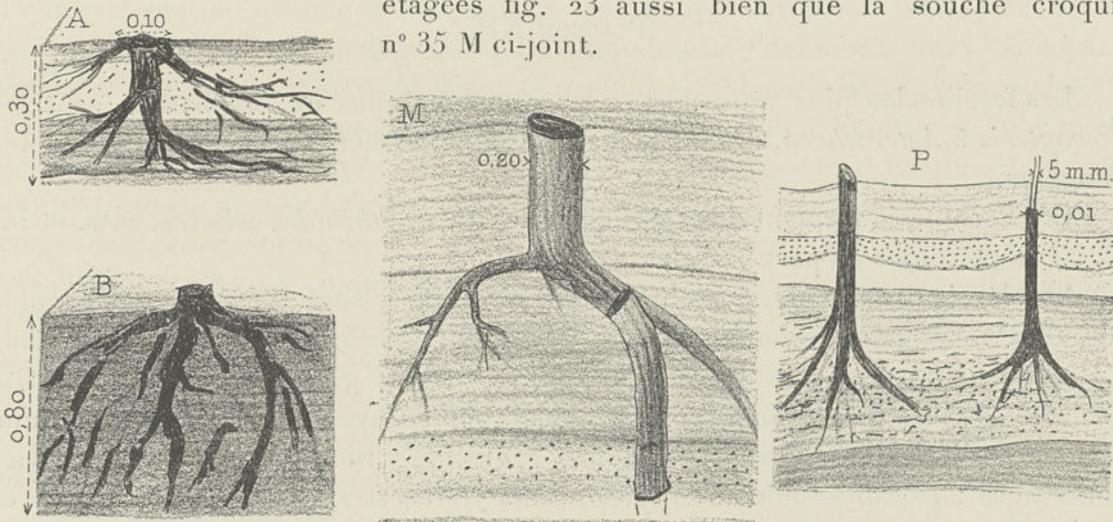
La fig. 8, Pl. XVI, représente un système de grosses racines ligneuses souterraines que leur allure me fait rapprocher de la souche fig. 5; et la fig. 6 une forêt fossile que je crois pouvoir rapporter aux mêmes plantes. Cette forêt, située à 5 mètres au-dessous de la 1^{re} crue, a ses tiges rompues, sauf une, ses souches à embase très élargie, et ses racines principales rampantes pseudo-bifurquées.

RACINES, SOUCHES ET TIGES DE DORY-CORDAITES

Ayant trouvé au toit de la 2^e couche de Communay en rapport avec des Dory-Cordaites, les racines Pl. XV, fig. 24, je crois pouvoir les leur attribuer. Ces racines traçantes et rampantes sont très divisées, à radicules plutôt sympodiques que pinnées; les moyennes, recouvertes de tissu subéreux, portent la marque de racines mortes.

De ces Cordaites, je ne connais pas les souches si ce ne sont celles pivotantes Pl. XV, fig. 19 et 20, Pl. XX, fig. 9, Pl. XXI, fig. 2, celle d'Abscon croquis 34 A, et

aussi celle plus complexe de Dudweiler croquis 34 B. Mais à admettre que le pivot Pl. XV, fig. 21 s'y rapporte, on serait avec raison tenté d'y joindre les tiges à racines étagées fig. 23 aussi bien que la souche croquis n° 35 M ci-joint.



Croquis n° 34.

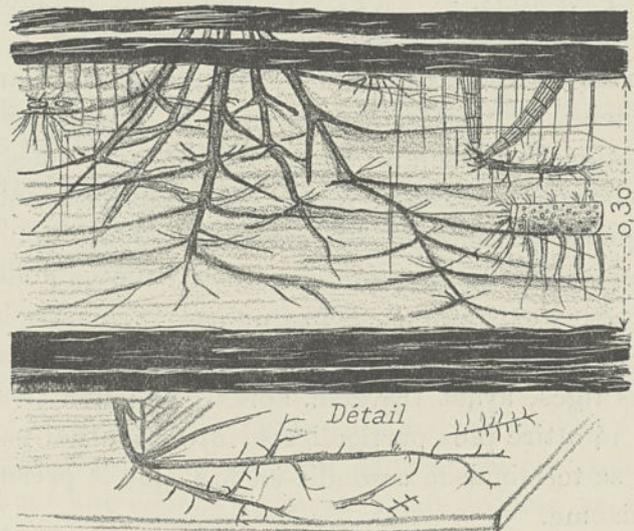
Croquis n° 35.

Ces souches singulières à racines étagées se trouvant à l'Eparre implantées à côté de tiges à racines expalmées, au milieu de roches remplies de Cordaïtes et de Dory-Cordaïtes, se rapportent probablement à ceux-ci.

Il y a encore d'autres tiges et racines ligneuses que ni la forme ni les associations ne relient aux Cordaïtes, telles sont entre autres :

Croquis 35 P, de très petites tiges à creux central strié, érigées dans les grès schisteux 2 Pl. XX ;

Croquis 36, de racines ligneuses traversant, à côté de Calamites et de Stigmarias, l'entre-deux de la couche Sainte-Barbe à Lalle; racines arasées très inclinées multipliant en hauteur de longues racines horizontales grêles à ramifications pinnées.



Croquis n° 36.

SOUCHES, STOLONS ET SOLS DE VÉGÉTATION DES FOUGÈRES

PLANCHE XIV

Les fossiles les plus répandus et les plus nombreux du Stéphanien sont les *Pecopteris* à *Asterotheca*, devant la masse desquels s'effacent les autres véritables fougères.

Ces *Pecopteris* forment deux groupes : les *P. Cyathéoïdes* arborescents, et les *P. Névroptéroïdes* au port herbacé.

Les débris des premiers, stolons, tiges et feuilles, sont de beaucoup les plus abondants, ceux des seconds, stipes et feuilles, ne leur font concurrence que dans l'étage des Cévennes. Les *Psaronius* tiges et racines gisent en grande quantité dans l'étage des Calamodendrons où, conjointement avec ceux-ci, ils forment une grande partie de la houille ; leurs stolons rampants y remplacent les *Stigmarias* ; leurs tiges : *Psaroniocalon* et *Ptychopteris*, y sont stratifiées, leurs souches et stolons forment au mur et dans l'intérieur des couches, des sols de végétation, comme dans la première couche du Treuil, Pl. I. Cependant de ces fossiles rien n'a encore été publié ⁽¹⁾. Et bien que j'en aie fait l'objet de deux communications à l'Institut ⁽²⁾, il ne sera pas inutile, je crois, de résumer à grands traits les caractères des *Psaronius* Pl. III, IV, V et de ceux qui me restent à décrire ci-après.

Psaronius. — La Pl. XIV comprend quelques tiges environnées de circonstances de gisement significatives, savoir : fig. 1, un énorme cône de racines recouvertes de roches déposées sous un cours d'eau dirigé sur la coupe de droite à gauche ; fig. 2, tige contre laquelle le grès terminé en boule s'est déposé sous l'action d'un remous ; fig. 3, tige à deux cônes rapprochés de racines ; fig. 4, à deux cônes espacés ; fig. 5, *Psaronius* puissant ayant produit sous des apports répétés de limon, 5 à 6 cônes de racines solidement fixés ; fig. 6, *Psaronius* à racines plus petites que d'ordinaire, toutes étalées dans le plan de la base.

Sans exception, ces *Psaronius* ont poussé le pied sous l'eau, alors que ceux fig. 13 et 14 ont poussé dans le sol, leurs racines qui s'échappent tangentiellement des tiges, ayant traversé, après leur dépôt, les schistes gréseux encaissants ; le n° 14 attire plus particulièrement l'attention par des racines aquatiques en haut, et sa terminaison arrondie en bas, que je présume avoir été en relation avec un rhizome.

La fig. 12 représente deux rhizomes obliques émettant beaucoup plus de racines dans l'angle obtus que dans l'angle aigu.

A part ces cas exceptionnels, les rhizomes se relevant verticalement, la base

(1) Sauf la vue d'un stolon, sous le nom de *Taeniophyllum latifolium* Pl. LXXI, dans la flore fossile du Missouri.

(2) Comptes rendus : 1900, 9 avril ; 1904, p. 607.

de presque tous les *Psaronius* est un agrégat de racines innombrables, égales, longues de 1 à 1^m,50, à l'état fossile de rubans larges de 10,20 et 30 m/m, formant un cône de soutien comme le feutrage de racines qui entourent la base des fougères vivantes en arbre, analogie de port que complète des deux côtés un corps vasculaire atténué et arqué à la base, se prolongeant dans le sol ou à sa surface.

Les cônes de racines de *Psaronius*, de 1 à 3 mètres de diamètre et de 0,15 à 0,80 de hauteur, se sont développés au fond de l'eau, car : 1° les tiges qui en émergent penchent dès la base ; 2° les racines ont influencé les dépôts latéraux changeant de forme et de grain d'un côté à l'autre ; 3° les racines supérieures sont ondulées et entrelacées comme des organes ayant flotté dans l'eau ; 4° et lorsque la plante s'est trouvée exposée à des ensablements intermittents, elle a chaque fois renouvelé ses racines à un niveau plus élevé.

Les *Psaronius* se plaisaient dans les borbiers marécageux avec des racines grosses comme celles du *Ps. giganteus* remplies d'un tissu lacuneux de plantes aquatiques. Réduites ordinairement à leur épiderme, celui-ci est aplati et rubané ; injectées d'argilophyre celui-ci en a conservé la forme Pl. XIV, fig. 8.

Les mêmes racines isolées ou fasciculées se rencontrant dans la houille et le schiste, il est à supposer qu'elles se sont détachées de tiges que sans doute elles enveloppaient pendantes, comme celles appliquées contre la tige placée sous la fig. 9.

En haut des troncs suffisamment élevés, s'ébauchent des cicatrices de *Ptychopteris* très allongées, signe d'une grande activité de végétation.

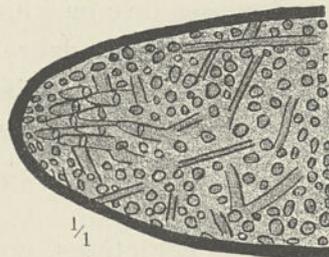
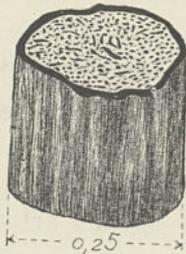
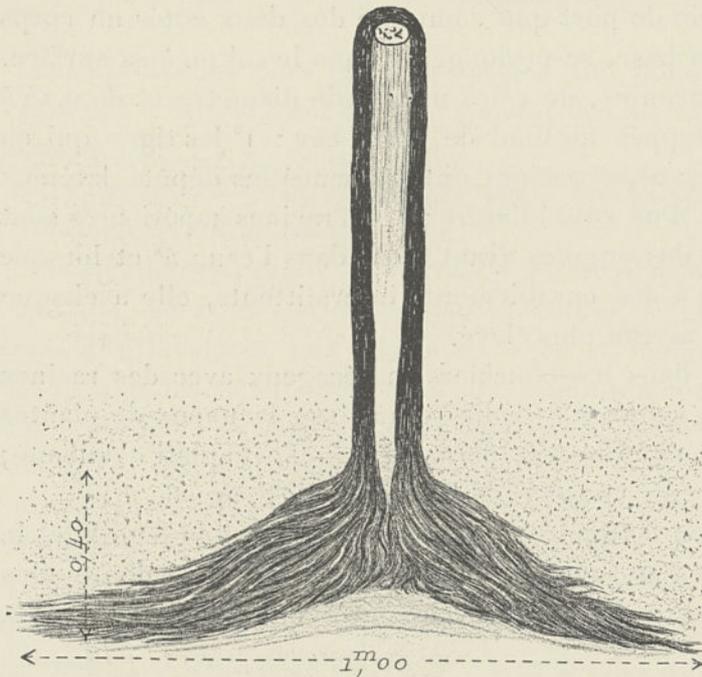
Racines libres. — Les racines épaisses de 0,02 à 0,03 sont 10 fois plus grosses que les racines de 2 à 3 m/m de nos fougères en arbre.

La plupart sont simples. Quelques-unes sont ramifiées comme celles du *Cros* fig. 11, à radicelles latérales turgides insérées, comme les appendices de *Stigmara*, par une base rétrécie au fond d'une alvéole.

Racines intracorticales. — Un des caractères propre aux fougères arborescentes du monde primitif est de posséder, faisant partie d'une écorce susceptible de croître en épaisseur, des milliers de très petites racines de 0,02 à 0,03 m/m égales parallèles à étui fibreux, descendant verticalement dans un parenchyme cortical ⁽¹⁾ et si serrées qu'elles forment une couche ligneuse ayant produit, sans réduction notable, des enveloppes de houille de 0,02 à 0,05 jusqu'à 0,10 d'épaisseur. A la base de la tige fig. 7 et de celle objet du croquis n° 37 cette couche se résout en milliers de racines libres ordinaires de *Psaronius*. Le moule des *Caulopteris* étant strié par ces radicelles, elles descendaient de très haut, destinées sans doute à renforcer la tige, en cheminant entre son corps vasculaire et l'écorce.

(1) Flore carbonifère, p. 102.

Les radicelles intracorticales sont très abondantes ; je les ai signalées dans la houille formant une partie du charbon, on les reconnaît notamment dans les houilles à longues flammes de la Bouble, de la Malafolie, etc.



Croquis n° 37.

Or, dans le même charbon se trouve aussi beaucoup de fusain de Tubiculites, dissociés ou formant des tronçons de tiges (croquis n° 37), et, comme dans les Psaronius des forêts fossiles il ne se trouve point de racines intracorticales converties en charbon de bois, j'en conclus que ce fusain, comme celui du *Calamodendron cruciatum*, p. 17, provient de la partie aérienne des tiges.

Classification des Psaronius. — Toutes les tiges et souches de fougères figurées dans ces mémoires, se laissent identifier aux Psaronius pétrifiés, mais sans qu'on puisse y distinguer d'espèces précises fondées sur la structure anatomique; seules les tiges à mince écorce houillifiée se laissent rapprocher du *Ps. carbonifer*, Corda. Mais en bloc, toutes rentrent dans la série des *Ps. Asterolithi* : *speciosus*, *dubius*, *Bohemicus*, *Haidingeri*, *Augustodinensis*, et plus spécialement *giganteus*.

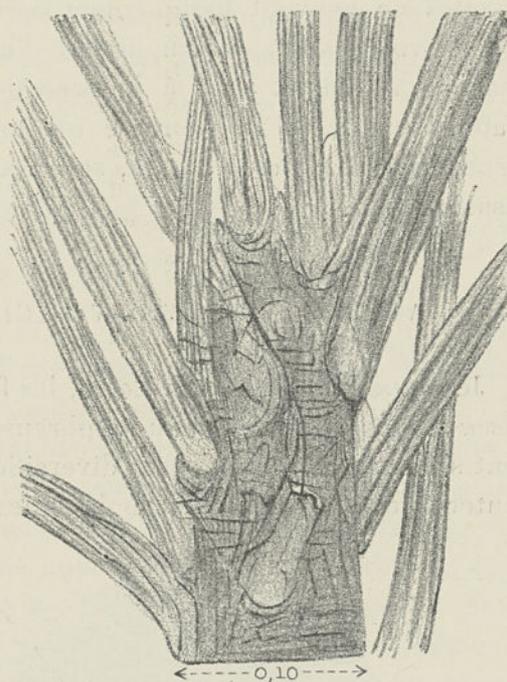
Il est probable que les *Ps. Gutbieri*, *Schemnitzensis*, etc., à corps vasculaire réduit et radicelles sclérenchymateuses, correspondent aux Tubiculites, à racines toutes internes, et j'incline à croire, avec MM. Zeiller, de Solms, Laubach et Pélourde, que les racines libres de tous les Psaronius sont lacuneuses.

STOLONS ET SOLS FOSSILES DE PSARONIUS

Nous avons vu Pl. IV et V, des stolons ressembler à des tiges de *Psaronius* couchées, entourées de racines ondulées et flottantes au-dessus, et parallèles et accrochées au sol au-dessous. Il s'en présente même qui, garnis tout autour de racines flexueuses, ont flotté au fond de l'eau sur la vase. Chez presque tous, les racines s'échappent tangentiellement de la tige; rares sont ceux dont les racines sortent de la tige sous un angle plus ou moins ouvert (croquis n° 38).

De différents modèles, les unes et les autres abondent dans les couches supérieures de Saint-Étienne, y formant des sols de végétation. On voit fig. 10 Pl. XIV un de ces sols isolé dans le schiste et un autre passant en haut au charbon.

Je représente en plan fig. 9 Pl. XIV des stolons nombreux, recouvrant des schistes argilo-charbonneux, les uns envasés, les autres rampants ou se redressant vers des tiges, et au-dessus desquels sont étendus des paquets de racines



Croquis n° 38.

charriés, des *Psaroniocalons* et autres débris de *Pecopteris*; sous ce sol de végétation cheminent aussi de rares rhizomes sans racines.

On peut voir sur la Pl. XXII, un nerf de couche de houille rempli de ces stolons en place et portant des souches de *Psaronius*.

SOLS DE PECOPTERIS-NÉVROPTÉROIDES

En différents endroits sont nombreux les *Pecop. polymorpha* et leurs longs pétioles accumulés sur les racines de cette fougère. La fig. 15, Pl. XIV, prise au mur de la couche des Lites, représente un entassement touffu charbonneux de débris de ce *Pecopteris*, au-dessus de ses racines simples flexueuses aquatiques en haut et souterraines très rameuses en bas.

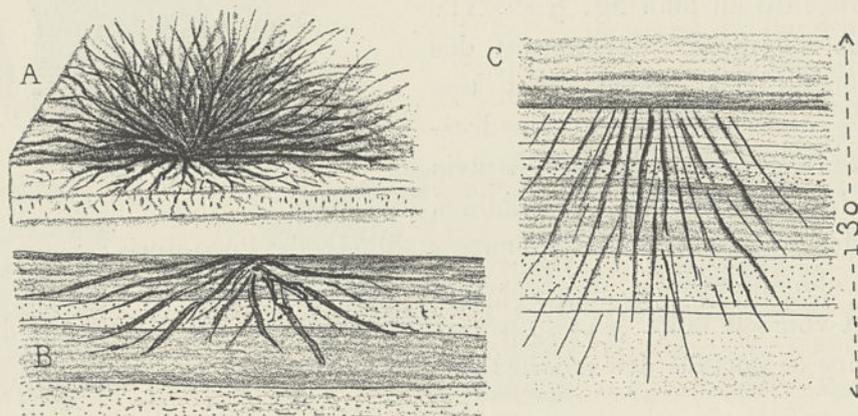
A Rive-de-Gier, parmi les racines analogues de *Pecopteris Ptéroïdes*, se laissent apercevoir des stolons assez charbonneux, mais peu précis. A Saint-Jean-de-Valérisle (Gard), les racines aquatiques de cette espèce, longues de 1 mètre, larges

de 10 à 15 m/m, marquées de cicatricules de radicelles mortes, forment de grandes touffes étalées fixées au sol; l'une de ces touffes est traversée par des *Cal. cannaformis* enracinés.

C'est seulement au Bois-Monzil sous la 8^e couche, que j'ai pu bien observer les racines de ces fougères, fig. 16, Pl. XIV; celles souterraines arasées au mur de cette couche, sont réparties si uniformément sur un front de plus de 4 mètres, qu'elles ne peuvent logiquement dériver que de stolons hors sol, dont il m'a semblé voir les traces, au milieu d'un fouillis de racines horizontales, dans le charbon schisteux situé à la base de ladite couche; les racines souterraines d'abord normales au mur, se recourbent en bas en se ramifiant; ces racines, larges en haut de 0,01 à 0,02, sont réduites à une mince écorce unie plissée par le tassement.

AUTRES SOUCHES ET RACINES DE FOUGÈRES HERBACÉES

Je rappelle que dans la Loire, les fougères autres que les *Pecopteris* à *Asterotheca* sont relativement peu nombreuses sinon peu variées; les racines qui paraissent s'y rapporter sont assez diversifiées, mais les ayant négligées je n'ai à présenter à leur sujet que les quelques exemples suivants :



Croquis n° 39.

1^o Pl. XIV, fig. 18, touffes de racines souterraines fort longues et ramifiées, convergeant au ras du sol.

2^o fig. 19, touffe de racines verticales en bas, moins inclinées par côté et horizontales en haut où elles sont soudées à un filet de charbon.

3^o croquis n° 39 ci-contre, trois touffes, celle *C* se faisant remarquer par ses racines souterraines arasées convergeant vers une souche détruite, celle *A* presque toute formée de racines flottantes, celle *B* racines souterraines formant touffes.

Le sol de végétation fig. 2, Pl. XIX, m'a paru peuplé en majeure partie de

racines de fougères. Parmi ces racines il en est une sorte très peu inclinée fig. 17, Pl. XIV, ressemblant à une fronde bipinnée, mais portant la marque de radiceles mortes (voir l'échantillon).

Naturellement, dans mes explorations sur le terrain, j'ai recherché attentivement des rhizomes pourvus en haut de cicatrices ou base de pétioles de fougères; mais je n'en ai point trouvé et je ne serais pas encore revenu de mon étonnement si je n'avais de bonnes raisons de croire que les touffes de racines de fougères herbacées étaient plutôt reliées par des stolons flottants.

STIPES, SOUCHES, STOLONS ET RACINES DES NÉVROPTÉRIDIÉES

PLANCHES XVII et XVIII

Les Névroptéridées ⁽¹⁾ que leur appareil végétatif m'a fait éloigner des Pécop-téridées ⁽²⁾, ne le cèdent pas par la quantité à ces dernières.

Mais si abondantes que soient ces plantes de haute stature bien que de nature herbacée, elles ne sont pas représentées dans nos forêts fossiles, et jusqu'à présent je n'ai rencontré que les trois souches fig. 1, 2 et 3, Pl. XVII; et tout éminemment sociales qu'elles soient elles ne nous ont pas laissé de sols de végétation proprement dits dans les fonds vaseux où elles se sont faiblement enracinées; c'est qu'elles se multipliaient et se propageaient par branches radicales et stolons suivant un mode de végétation différent de ceux précédemment décrits.

Cependant les Névroptéridées sont aussi des plantes palustres; leurs débris sont même plus que ceux des autres, entassés confusément sur place ou peu charriés; leurs stipes sont enveloppés dans tant de radiceles que j'ai même soupçonné ces plantes d'avoir flotté comme certaines Cypéracées gigantesques du Haut-Nil. Artis a figuré sous le nom d'*Hydatica prostrata* un de leurs stipes muni de radiceles très divisées qui lui ont paru avoir flotté au même titre que son *Myriophyllites gracilis* ⁽³⁾. Leurs stipes, comme les organes plongés dans l'eau, ont perdu, à leur base, tout ou partie du tissu fibreux cortical, et les feuilles des branches submergées ont des nervures à peine apparentes.

Les stipes et branches sont régulièrement striés par des lames radiales de tissu fibreux logées dans l'écorce; leur structure interne est connue sous le nom de *Myeloxylon*, Br. Parmi les stipes et sans en différer sensiblement à la surface, certains, renfermant des lames de bois de *Medullosa*, sont des tiges. L'union des

(1) Groupe prépondérant des Ptéridospermes qui comprennent, en outre, beaucoup de *Sphenopteris*, le *Pecopteris Pluckenetii*, etc.

(2) Flore carbonifère, p. 104.

(3) Antediluvian phytology, 1825, Pl. I, V et XII.

GRAND'EURY. — Recherches géobotaniques, II.

branches aux tiges a été constaté dans le *Medullosa Leuckarti*. Nous verrons que ces deux membres de la plante ont produit des racines différentes et différemment situées, les branches des racines adventives aquatiques, les tiges et stolons des racines souterraines.

Les stipes sont ramifiés par dichotomies égales ou inégales, et les feuilles ont toutes été placées parmi les Fougères.

Mais à ces feuilles les tiges joignent une structure comparable à celle des Cycadées; elles ont porté des graines plus diversifiées (1) que les organes végétatifs et les Névroptéridées qu'éloignent des Gymnospermes leur singulier mode de végétation, leurs stations paludéennes, forment une classe éteinte de plantes aussi remarquables par les formes simples peu différenciées de leurs organes de végétation que par la variété et la perfection de leurs organes de reproduction.

Leur mode de propagation et d'enracinement est si difficile à saisir que j'hésiterais à décrire ce que j'en sais si ces notes ne s'adressaient aux Paléobotanistes, qui savent la peine et l'incertitude qu'il y a à suivre les fossiles végétaux dans la roche et à interpréter les formes auxquelles on n'est pas familiarisé.

Dans la Loire, deux types se font remarquer par l'abondance de leurs débris ordinairement rassemblés comme ceux de plantes sociales enfouies sur place ou peu s'en faut : l'*Alethopteris Grandini*, Br., et l'*Odontopteris Reichiana*, Gut, sur lesquels j'ai concentré mes observations.

Stipes, tiges, souches, stolons et racines de l'*Alethopteris Grandini*, *Myeloxylon Landrioti*, *Colpoxylon*, *Pachytesta gigantea*. — Les dessins d'ensemble fig. 3, 4, 5 et 6, Pl. XVII, ont été pris à la tranchée Saint-Pierre au mur de la couche des Lattes, et fig. 7 et 8 à l'Eparre sous la croûte de charbon D, Pl. VII, formée de débris d'*Aleth. Grandini*.

La fig. 3 représente la seule souche complète qui ait été découverte. Irrégulièrement striée par des canaux gommeux, elle se subdivise en branches de 0,07 à 0,15 comme la tige fig. 6 échouée à proximité au même niveau.

Cette figure 6 représente un ensemble de tige, branches, rachis, feuilles et graines; la tige aplatie, large de 0,25 à 0,40, est irrégulièrement striée; les branches *b, b, b, b* de 0,10 à 0,15 sont au contraire régulièrement striées; elles sont renforcées aux attaches *a, a, a* où le charbon s'épaissit notablement.

Fig. 4. Souche plus charbonneuse que d'ordinaire, et, à la suite, enchevêtrement de tiges ramifiées non aplaties auxquelles se rattache le faisceau de stipes fig. 5.

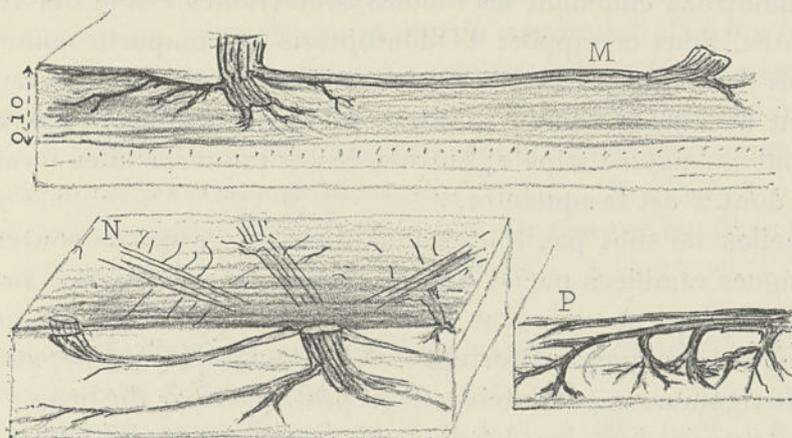
Fig. 7. Sol de végétation reconstitué avec des éléments observés à différentes reprises, savoir : à gauche deux souches combinées desquelles sortent des lanières flottantes *m, m, m* fig. 9 et 9', très allongées, peu ramifiées. De la base de ces

(1) Les graines, tant celles silicifiées que celles en empreintes, sont beaucoup plus variées que les feuilles et à plus forte raison que leurs stipes très uniformes.

souches paraît tirer son origine la tige rampante sur le parcours de laquelle a pris naissance la souche isolée au milieu de la figure ; de cette souche rayonnent des branches radicales ramifiées à terminaisons rhizoïdes *r, r*. A droite, est située une souche méplate, du fond cellulaire de laquelle s'enfoncent des crampons *c, c, c, c* ; cette souche contient des lames de bois. Du stolon placé en haut de la fig. 7, à surface inférieure cellulaire et supérieure irrégulièrement striée, se détachent de dessous et des à-côtés des appendices rhizoïdes rameux *r, r, r, r*. Deux bouts de stolons placés en bas et à droite sont fixés par des crampons verticaux *r, r*. Les stolons renfermant des bandes vasculaires de *Medullosa*, leurs racines comme celles des souches sont donc de nature caulinaire. Ces racines protégées par une enveloppe subéreuse unie, s'enfoncent obliquement sous les souches et stolons, constituant un sol de végétation des plus réduits. La fig. 8 représente un complexe de ces racines, traçantes, ramifiées, dont les extrémités se perdent dans la roche.

A signaler à la Barallière un gisement confus de racines, rhizomes, stipes, feuilles et graines d'*Al. Grandini*, dont les parties non stratifiées présentent une disposition comparable à celle fig. 11 ci-après décrite.

Le fait que cette végétation touffue se répandait par stolons, est attesté,



Croquis n° 40.

croquis n° 40, par un stolon rampant M réunissant deux souches, et par la souche N produisant un rhizome qui se relève en s'enracinant, sous la forme d'un stipe.

Or, dans les Calcédoines de Grand-Croix, gisent, étroitement mélangés aux feuilles d'*Al. Grandini*, ses stipes que Renault a décrits sous le nom de *Myelop-teris* (pour *Myeloxylon*) *Landrioti*, et ses énormes graines *Pachytesta gigantea* dont la structure a été illustrée par Brangniart. D'un autre côté, la base des tiges revêt tout à fait les formes superficielles du *Colpoxylon Aeduense*, et une forte tige sidérifiée que j'ai envoyée au Muséum, possède des lames vasculaires repliées comme celles de ce bois fossile.

Maintenant connu dans toutes ses parties, l'*Al. Grandini*, placé dans l'origine parmi les fougères, s'élève par son organisation au rang de Gymnosperme.

SOUCHES, STOLONS, RACINES D'ODONTOPTERIS REICHIANA,
ODONTOPTEROCARPUS

PL. XVII, fig. 10 et 11, PL. XVIII, fig. 1 à 4.

Dans la Loire, au nombre des fossiles les plus abondants sont également les *Od. Reichiana* et *minor* joints à leurs stipes *Aulacopteris vulgaris* ⁽¹⁾; ceux-ci sont striés régulièrement comme la surface du *Myeloxylon radiatum*; leurs tiges et stolons ont aussi une structure de *Medullosa*. La fig. 10, Pl. XVII, représente un faisceau de stipes découvert à la carrière Depoux.

Pour l'intelligence de ce qui précède et suit, je rapproche sur la fig. 11 d'après ce que j'en ai pu voir dans l'entre-deux de la « Bleue », les stipes mal striés enracinés, entremêlés de radicules aquatiques et surmontés des mêmes stipes striés et feuilles couchés de cet *Odontopteris*. Ces débris, occupant la partie supérieure de l'entre-deux, sont enracinés au milieu de celui-ci. Les détails 11 A, 11 B, 11 C montrent comment les racines souterraines *r* sont dérivées des branches radicales. Sous ce rapport l'*Odontopteris* se comporte comme l'*Alethopteris*, mais les débris du premier sont encombrés d'innombrables radicules aquatiques sortant des stipes comme l'indique la fig. 1; privées d'axe vasculaire les radicules sont de nature stipale; entrelacées et ramifiées elles forment des feutrages fig. 2 dont 2' est le squelette.

Ces radicules ne sont pas toutes aquatiques, il en est de souterraines fig. 3 grêles et longues ramifiées par côté, par-dessus et par-dessous, bref sur quatre rangs au lieu de deux comme dans les fougères. La fig. 4 montre comment des racines analogues quoique plus fortes, sortent d'un stipe couché, strié seulement par des canaux gommeux; ces racines sont protégées par du liège.

Les *Odontopteris* dont les débris parfaitement conservés, avec des graines que l'on ne trouve pas avec d'autres fossiles, sont peu charriés, et souvent en place; fixés par des racines très réduites et peu nombreuses, ils n'ont pas laissé à proprement dire de sols fossiles de végétation, mais les stipes rampants n'étant pas séparés des racines, plutôt des fonds de végétation, ce qui n'est pas la moindre des surprises que nous réservait leur étude sur place.

Racines des *Nevropteris* en général et du *Nevr. flexuosa*, Stern. en particulier. — Dans le Gard j'ai eu l'occasion d'étudier le *Nevropteris flexuosa* dont les restes abondent sans mélange d'autres fossiles, au Mazel, à Gagnières et à Sou-

(1) Flore carb., p. 125.

hant jusque dans la galerie de Brissac. Les débris se présentent de la même manière que ceux de l'*Od. Reichiana* à Saint-Etienne, aussi exclusifs et aussi bien conservés sur des étendues considérables, entremêlés d'une masse de radicelles aquatiques, et enracinés d'une manière semblable fig. 5 A et 5 B; je n'ai relevé que cette particularité fig. 5, savoir que les radicelles filiformes flexueuses aquatiques, sont issues de stipes ordinaires par l'intermédiaire de ramuscules qui se dépouillent vite de leurs stries pour se revêtir de suber, prélude d'un changement de destination.

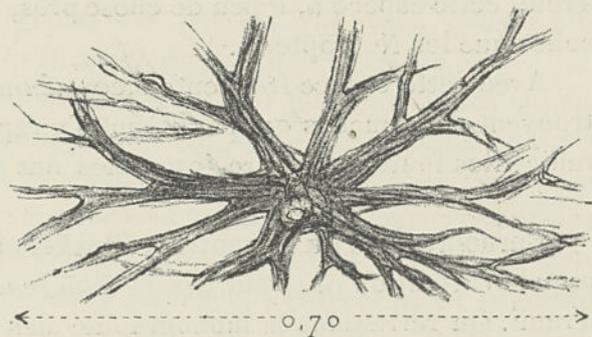
Encore que les débris de ce *Nevropteris* paraissent ordinairement accumulés sur place, le sol de végétation en est si peu marqué que l'on serait tenté de croire que la plante n'émettait guère de racines que par ses stipes si je n'avais quelque raison de lui rapporter la souche expalmée A fig. 10, Pl. XI et la souche fig. 6, Pl. XVIII.

Nevropteris Westphaliens. — Dans le bassin Franco-belge, les *Nevropteris* ont élu domicile dans les schistes argileux où leurs radicelles sont souvent en place, tantôt traçantes croquis n° 40 A, tantôt partie souterraines, partie aquatiques comme celles fig. 7, Pl. XVIII, les souterraines étant régulièrement pinnées comme celles des *Cordaïtes*, les autres ondulées. Et comme les *Aulacopteris* enracinés sont fréquents, on pourrait croire que la végétation des *Nevropteris* était réduite à une aussi simple expression s'il ne se trouvait dans les mêmes lieux des stolons à racines souterraines fig. 8 et 8' analogues à celles des *Odontopteris*.

J'ai dessiné à Dudweiler (bassin de Sarrebruck) un stolon rampant fig. 9 fixé au sol par quelques minces racines obliques.

Les *Radicites colomnaris* de la flore fossile du terrain houiller de Belgique, Pl. LV, sont sans doute des racines de *Nevropteris*.

Nevropteris Stéphaniens. — A Saint-Etienne les *Nevropteris* particulièrement variés aux deux niveaux de la couche des Rochettes et de la 8^e, diffèrent de ceux du Westphalien par leurs organes de végétation non moins que par leurs graines. Et d'abord leurs stipes sont accompagnés de peu de radicelles; quelques-uns émettent fig. 10 et 10' des touffes de racines trapues rameuses. Leurs branches rampantes sont fixées par des crampons croquis 40 P; celles ramifiées se terminent par des griffes. Les souches plaquées sur le sol sont la plupart fort étranges.



Croquis n° 42.

Parmi ces souches plus charbonneuses que d'ordinaire, la fig. 13 représente des *Aulacopteris* radicans bifurqués et terminés par des racines Schizoptéroïdes. Et quoique plus charbonneuse encore, la souche fig. 14, par ses branches bifurquées et ses crampons, me paraît avoir porté des stipes également plus charbonneux que d'ordinaire de quelque *Nevropteris* du terrain houiller supérieur. De même aussi et à plus forte raison la souche croquis 42 qui est accompagnée de nombreux *Stephanospermum*.

Racines du *Linopteris sub-Brongnarti*. — Comme avec les *Al. Grandini* et *Od. Reichiana* gisent souvent leurs graines, de même avec les *Lin. Brongnarti* de Saint-Etienne et *sub. Brongnarti* du Pas-de-Calais, lorsque les débris de ces deux espèces sont entassés avec prodigalité comme à Montrambert, Dourges et Bully-Gressay, se trouvent des graines assez différentes et une masse importante de radicelles; nombre de celles-ci ont poussé dans la vase. La fig. 11 en représente quelques-unes caractérisées les plus fortes par une surface subéreuse, les moyennes par des cicatrices de racines mortes; les avant-dernières sont garnies, tout autour, de très nombreuses radicelles. Le *Pinnularia colomnaris* de Bully-Grenay (1) a les apparences d'une racine de *Linopteris*.

Les rachis et stipes sont pointillés et épineux, ceux du *Lin. Brongnarti* sont de force à s'adapter aux dernières souches précitées.

Souches de l'*Odontopteris Schlotheimii*. — Les souches fig. 1 et 2, Pl. XVII, striées comme les stipes de cette espèce, me paraissent s'y rapporter; elles sont du reste implantées dans des schistes où abondent ces feuilles. Une proportion importante de celles-ci au limbe membraneux et aux nervures indiscernables, sont vraisemblablement aquatiques.

Racines et souches du *Callipteridium ovatum*. — Au mur de la 2^e couche au Treuil cette espèce a, à peu de chose près, mêmes stipes, feuilles stipales et radicelles que les *Nevropteris*.

Avec cette espèce fréquente sinon abondante entre Singles et la Dordogne, se trouvent des souches qui paraissent s'y rapporter, telle est celle fig. 12 à branches radicales fourchues entre lesquelles ont poussé de fines racines rameuses.

Enracinement du *Pecopteris Pluckeneti* et des *Sphenopteris bretons*. — J'ai appelé l'attention p. 11 sur des *P. Pluckeneti* enracinés au mur de la 2^e couche au Treuil. On verra dans la monographie des Ptéridospermes 7^e livr., que les *Sphenopteris bretons* accompagnés d'un grand nombre de petites graines sont également enracinés dans le culm de Mouzeil.

(1) Flore h. d. Bassin de Valenciennes, Pl. LVII, fig. 3.

SOLS FOSSILES DE VÉGÉTATION EN RAPPORT AVEC LA HOUILLE

PLANCHE XIX

Les Pl. VI *bis*, VII, XI et XXI montrent des alternances de sols de végétation et de charbon plus ou moins stratifié, les Planches I, IV, XIV, des sols de végétation rendus charbonneux par la multiplicité des racines, et la Pl. XIX des sols fossiles dans le charbon.

La fig. 1 reproduit la couche des Trois-Gores à Montmartre; le banc supérieur de charbon paraît bien formé des débris des plantes enracinées au-dessous; quant au banc inférieur il est séparé par un lit de terreau d'un sol fossile tout traversé de racines de fougères au milieu desquelles ont poussé des racines plus consistantes et ligneuses.

La fig. 2 reproduit sous un filet de charbon, une argile sableuse 17 Pl. XX, occupée par un lacin de racines diverses rameuses, manifestant une tendance à converger en haut vers des stolons mal définis.

Fig. 3. A la Chauvetière, sous une veinule de houille, j'ai observé des plantes herbacées couchées sur le mur et adhérentes au charbon, disposition qui se voit dans les tourbières sous-aquatiques.

Fig. 4. Aux mines de Lens j'ai dessiné sur place sous un schiste plein de Cordaïtes, une souche de Cordaïte enracinée dans un schiste argileux où courent des Stigmarias.

Fig. 5. Sous un filet de charbon de Calamites et Aulacopteris et y adhérant en partie, stolons de Psaronius, branches radicales très ramifiées d'Aulacopteris, et racines d'Arthropitus s'enfonçant obliquement dans un schiste où sont stratifiées des tiges et écorces de *Cal. pachyderma*, des *Asterophyllites densifolius* et *Macrostachya infundibuliformis*.

Coupes fig. 6 et 7 (prises à 200 mètres de distance l'une de l'autre à la tranchée Saint-Pierre, à la base de l'horizon à écailles de poisson) de charbon et de schiste intermêlés cousus par les racines des plantes qui ayant poussé sur leurs propres débris ont formé sur place le charbon, savoir :

Fig. 6. Charbon schisteux de Calamites où se montrent plusieurs fonds superposés analogues au parterre de *Cal. cannaeformis* Pl. XII, fig. 1; fonds de tiges rampantes ou couchées de cette espèce, sortant de rhizomes plus charbonneux *r*, *r*, *r*, lesquels envoient par côté des racines très ramifiées et par-dessous des racines inclinées trouant des Calamites couchées dépouillées ou non de leur écorce ou de leurs racines adventives; celles-ci détachées s'entrecroisent en grand nombre au-dessus; et pêle-mêle au milieu de tout cela, nombreux *Ast. equisetiformis* avec *Volkmannia gracilis*. En outre, mais accessoirement, quelques paquets de racines de Psaronius, et tout en bas, fousils d'*Annularia longifolia* (tiges, feuilles et épis).

Fig. 7. Veine de charbon schisteux de 0,12 non moins clairement formé sur place savoir : en bas, de Calamites avec *Ast. densifolius* et *Mac. infundibuliformis*, au milieu de Calamites avec adjonction de Psaronius, Psaroniocalon, Ptychopteris macrodiscus et Pecopteris, et en haut de racines et débris de Pecopteris polymorpha surmontés de 0,01 de houille pure. Ici la végétation change plusieurs fois de bas en haut. A la base de la veine de charbon, beaucoup d'*An. longifolia* en place ou à peu près en place.

Fig. 8. Satellites de la 8^e couche aux Razes, offrant l'exemple d'une petite couche de charbon formée visiblement de racines, rhizomes et souches de Psaronius, Calamodendrons et Cordaïtes, et de ces tiges renversées sur place ondulees mal stratifiées ; suit l'analyse des bancs.

- a) Charbon formé en partie de fusain.
- b) Charbon où l'on ne voit que Psaronius et Psaroniocalon.
- c) Joint avec souches de Psaronius.
- d) Charbon de Psaronius et de racines de fougères.
- e) Joint à racines et tiges de Cordaïtes.
- f) Charbon avec souches de Cordaïtes, l'une d'elles s'élevant dans le charbon.
- g) Joint à Calamodendrons et Psaroniocalons très charbonneux, avec racines nombreuses détachées de ces tiges.
- h) Charbon schisteux reposant sur un schiste gris terreux sans racines.

D'un autre côté la couche est recouverte sans transition d'un puissant massif de grès compacte.

Fig. 9. Charbon schisteux et schiste charbonneux provenant, m'a-t-on dit, du toit de la couche du Péron ; formé et rempli des débris, stratifiés en haut, obliques en bas, de plusieurs générations de Sigillaires ; comprenant au milieu et en haut des Stigmariopsis enracinés parmi des tiges, feuilles et cônes de Sig. *Lepidodendrifolia*, et en bas, en plein charbon, une souche entière de Stigmariopsis ayant poussé dans le magma des matières végétales qui ont formé ce charbon. En outre, quelques Calamites traversent ce faux toit d'une épaisseur de 0,20.

COUPES GÉOBOTANIQUES DU SYSTÈME DES COUCHES DE MONTRAMBERT ET DE LA BÉRAUDIÈRE

PLANCHE XX

Les coupes Pl. XX et XXI, auxquelles ont été empruntés nombre de forêts et sols fossiles, ont été dressées à la suite d'observations recueillies durant une trentaine d'années, tantôt dans l'une tantôt dans l'autre des grandes tranchées qui s'échelonnent de Montmartre à la Béraudière et à Montrambert.

Sur la Pl. XX, la coupe fig. 1 va de la 3^e à la couche des Littes, celle fig. 2 de la couche des Littes à la 2^e crue ; la fig. 3 donne au Crêt de Mars, à 1.300 mètres à

l'Est, la coupe de la couche des Lites à la 3^e crue. Sur les fig. 2 et 3, des accolades numérotées sont placées sur les assises correspondantes. Les roches sont teintées suivant leur nature et origine, savoir les roches micacées en vert (les roches granitogènes étant grises) et les argilophyres en rouge foncé.

Par la variation dans l'espace et le temps des roches et dépôts, par le grand nombre des veines et filets de charbon *h* perdus entre les couches de houille, on juge de la complexité de structure du terrain houiller productif; et, par l'association de très nombreuses forêts et sols fossiles combien est intime l'union de la végétation avec la formation de ce terrain.

Les tiges debout penchant au Sud dans les roches granitogènes et au Nord dans les roches micacées, attestent de concert avec les stratifications croisées et le sens de diminution du grain des roches, qu'elles ont été apportées par des cours d'eau de sens contraire.

Légende de la coupe fig. 1.

- (1) Grès fin traversé par des *Cal. Suckowii*.
- (2) Place des minces tiges ligneuses, croquis 35 P.
- (3) Tiges dressées à deux niveaux différents dans une intercalation de grès micacés passant au poudingue à quelques cent mètres au S.-O.
- (4) Mur schisteux charbonneux de la Grande couche, sans racines visibles autres que de très rares *Stigmarias*.
- (5) Longue série de grès schisteux sans racines.
- (6) Deux forêts fossiles superposées devant lesquelles j'ai conduit le Congrès de l'A.F.A.S. en 1897.
- (7) Argilophyre sur un filet de charbon silicifié.
- (8) Alternances de schistes et de charbon surmontés d'un sol argileux où prend pied une forêt fossile remarquable d'*Arthropitus* puissants dressés rigides dans le grès n° 9. La fig. 15, Pl. XII, la représente en partie.
- (10) Couche des Trois-Gores sous laquelle j'ai pris le dessin Pl. X, fig. 2.
- (11) Grès schisteux où sont enracinés et dressés en bas sur 0,30 de hauteur, de petits *Calamodendron sulcatum* de 0,05 de diamètre, articulés à 0,15, *Calamodendrons* inclinés à l'Est, et couchés en haut où gisent des *Ast. longifolius*.
- (12) Sol de végétation argileux.
- (13) Sol sous une veine de houille silicifiée.
- (14) Couche de la Serrurière composée de deux veines de houille sur racines et ayant pour mur un gore blanc divisé par une intercalation de houille silicifiée rayant le verre.
- (15) Grès schisteux traversés par des *Psaroniocalons*; et au-dessus schiste très argileux à empreintes rousses; dans ces schistes gisent les *Calamites* Pl. XII, fig. 2.
- (16) Forêts fossiles d'*Arthropitus* fig. 3, Pl. XIII, enracinés sur un filet de charbon de 0,05; et sous ce filet *Stigmariopsis* Pl. VII, fig. 11.

(17) Grès argileux remplis de racines Pl. XIX, fig. 1.

(18) Mur de la couche des Littes où l'on voit des racines de Cordaïtes sous du charbon stratifié ; et à son toit grès à stratification croisée inclinant fortement au sud sur la couche.

Légende de la coupe fig. 2.

Cette coupe commence par la C. Serrurière qui est séparée de la couche des Littes fig. 4 par un massif de grès découpé par de nombreuses diaclases.

(19) Grès en stratification croisée sur la couche, s'y terminant au Sud par des pointes de grès schisteux où les fossiles sont brisés et broyés. Ce grès renferme de puissants *Arthropitus* sidérifiés ; le bel exemplaire p. 25, en provient.

(20) Charbon schisteux formé sur place fig. 6 et 7, Pl. XIX.

(21) Horizon de gore très compacte, à écailles de poisson, presque dépourvu d'empreintes végétales.

(22) Au-dessus du trait blanc, schistes au contraire très fossilifères, deux arbres debout et mélange de schiste et de charbon sans racines, et plus haut à l'Est de la tranchée 4 à 5 passes de charbon de racines.

(23) A l'Ouest, sidérose plein de *Cardiocarpus avellanus*.

(24) Sur charbon terreux, tiges dressées de *Calamites* et de *Psaronius* penchant au N.-E.

(25) Forêt fossile de tiges de *Rhabdocarpus-Cordaïtes* renversées sur place sauf une Pl. XVI, fig. 6.

(26) Couche dite 1^{re} crue ou couche des Rochettes. l'horizon le plus riche en graines de Cordaïtes et de fougères. Cette couche figurée en détail Pl. XXI, fig. 3 est accompagnée de racines à son toit, à son mur et dans l'entre-deux argileux, et, qui plus est, le charbon en est stratifié par des nerfs schisteux pleins de racines.

(27) Grès et poudingues gris.

(28) Argile blanche d'altération du gore blanc.

(29) 2^e crue composée de 5 veinules de charbon formées apparemment de *Calamodendrons* et de *Psaronius*. Au pied de la couche s'est fait remarquer une souche très charbonneuse que ses racines creuses me font rapprocher des *Arthropitus*.

(30) Conglomérat micacé grossier.

Légende de la coupe n° 3.

(31) Compacte à Montrambert, le grès du toit de la couche des Littes renferme à la Béraudière deux paires de veines et filets de charbon ; entre les veines inférieures, tiges debout ; la veine supérieure de 0,25 repose sur de très nombreuses racines et celles-ci sur un filet de charbon.

(32) Schistes charbonneux formés de *Gal. cannæformis* enracinés Pl. XII, fig. 4.

(33) En bas, charbon schisteux d'*Od. Schlotheimii* et au-dessus schiste micacé pyriteux où se dresse la forêt fossile Pl. XXI, fig. 1 m.

(34) 1^{re} crue Pl. XXI, fig. 4 A.

(35) Nappe de gore blanc de 4 à 5 mètres.

(36) Poudingues avec galets de gore blanc.

(37) Schiste argileux à lentilles de sidérose.

(38) Grès bleuté, filets de charbon et tiges dressées.

(39) 2^e crue composée d'une veine de charbon et à deux mètres au-dessous d'un filet de charbon; dans l'intervalle schistes pyriteux, et au toit grès bleuté.

(40) Succession de grès à *Vermis transitus*, de grès argileux avec souches enracinées, de gore jaune, de grès à *V. transitus*.

Les tiges fig. 7, 8 et 9 se rattachent à la 2^e crue sans que je puisse en préciser la position. La fig. 7 représente une Calamite à facies souterrain en bas, penchée avec ses racines en haut, racines d'ailleurs cramponnées à travers lesquelles a poussé une petite Calamite verticale; la fig. 8 un système de Calamites minuscules de 0,05 à 0,15 fixées par de longues racines verticales, et la fig. 9 une souche pivotante de Cordaïte.

Que l'on compare les coupes 2 et 3 et l'on sera frappé de la réduction et simplification de la série II à la Béraudière, au contraire de l'amplification de la série III et de la complication de la série I.

FAUX MUR DE LA COUCHE DES LITTES

Les fig. 4, 5 et 6 prises aux deux extrémités et au milieu de la tranchée Saint-Pierre, représentent les schistes qui ont nivelé les inégalités du grès inférieur avant la formation de la couche régulière des Littes.

A voir le gore blanc s'appuyer aux deux extrémités sur le grès, et passer au milieu sur des roches schisteuses fig. 6, on juge que celles-ci ont comblé une dépression du grès inférieur avant le dépôt général du faux mur de ladite couche. C'est dans ces roches de remplissage qu'ont été prises les vue et coupe fig. 4 et 5 de la Pl. IV.

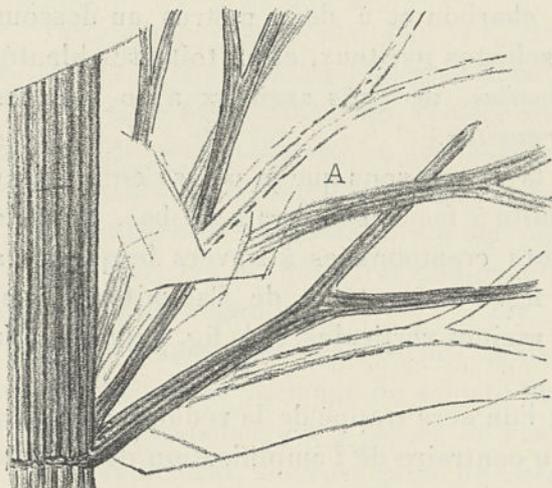
Le gore blanc repose à l'Est et à l'Ouest sur le grès par l'intermédiaire d'un filet de charbon; il est recouvert à l'Ouest de 3 filets de charbon et à l'Est d'un seul filet, et sur ces filets repose un grès fin surmonté des stipes et souches d'*Aleth. Grandini* fig. 3, 4, 5 et 6, Pl. XVII. La couche à l'Est possède à son mur deux sols de végétation inexistant à l'Ouest.

Dans le milieu, le gore blanc passe au-dessus de deux filets de charbon et ceux-ci surmontent une forêt fossile d'étendue très limitée.

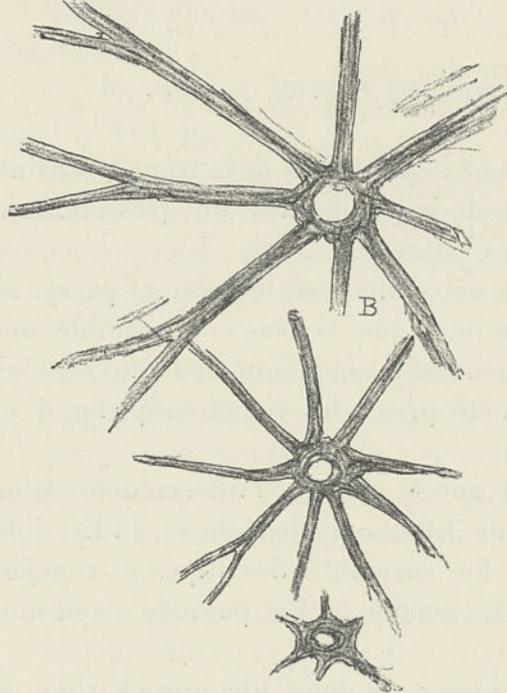
HORIZON DE LA PREMIÈRE CRUE

PLANCHE XXI

Tout en faisant partie de la tranche de terrain houiller envisagée ci-dessus, cet horizon intéresse plus particulièrement la formation des couches de houille et je n'en retiendrai ici que les sols et forêts fossiles.



Sous la couche 4 A, Pl. XXI, se fait remarquer une forêt d'Arthropitus et de Psaronius *m* dont les tiges couchées au-dessus font corps avec le charbon. Les tiges R figurées au toit de la couche 4 B sont remplacées fig. 4 A par des racines, et cependant ces coupes ne sont pas à plus de 100 mètres l'une de l'autre. Les cinq coupes de la couche présentent d'ailleurs d'autres variations internes à décrire plus loin.



Croquis n° 49.

Sur la coupe générale fig. 6 prise à Montmartre je signalerai au mur de la couche une tige de Cordaïte renversée sur place, des souches de Poa-Cordaïtes, des sols de végétation à touffes séparées, et sous le charbon, des racines peu inclinées, rampantes que l'on ne discerne pas aisément.

La fig. 6' représente un système de tiges dressées et de sols fossiles, équivalent, bien que très différent, aux trois filets de charbon sur racines situés au toit de la couche des Littes Pl. IV, fig. 1, ces deux points ne sont cependant situés qu'à 200 mètres l'un de l'autre. Sous une veine supérieure de charbon, se trouve un Stigmariopsis de forme analogue à celui Pl. VII, fig. 11, et dans lequel pénètrent quelques racines d'une souche supérieure.

Au-dessous, forêt de *Cal. cruciatus* et d'Arthropitus, schiste rempli d'*Od. minor*, et un Tubiculite dressé.

Dans l'intervalle se reconnaît l'horizon de gore à écailles de poissons, et bien que de formation en eaux tranquilles et sans doute profondes, il s'y trouve des racines mais si minces qu'elles me paraissent devoir appartenir à quelque plante aquatique.

Et au-dessus de la couche, en plein argilophyre fig. 6, un banc de cette roche est peuplé d'une multitude d'*Ast. bifurcatus*, enracinés, dressés. On voit aussi s'élever du toit de la couche, dans cette sorte de tuf, quelques rares Calamites et *Arthropitus*.

Asterophyllites bifurcatus. La fig. 3, Pl. XXI donne une idée du port de cette plante que distinguent des Calamites des feuilles bifurquées et des épis de fructification tout à fait différents.

Les tiges épaisses seulement de 0,01 à 0,06 et hautes de 0,30 à 0,60, surgissent d'un sol de végétation rendu charbonneux par une profusion de rhizomes et racines d'apparence ligneuse. Normales à la stratification, elles penchent en haut au N.-E., ou sont coudées ou même couchées de ce côté. Elles s'élèvent rapprochées sans branches ni feuilles jusqu'aux $\frac{2}{3}$ de leur hauteur. Tout à leur sommet, elles sont garnies, croquis n° 49 A, de feuilles coriaces bifurquées, dressées, longues de 0,05 à 0,08.

Mais chose curieuse, les mêmes tiges, plus bas, à une hauteur qui n'est pas la même pour toutes, sont entourées de verticilles de feuilles étalées entre les feuillettes de la roche, comme si elles y avaient poussé, et chose non moins digne d'intérêt, ces feuilles étalées, d'abord longues et bifurquées, deviennent, en descendant, simples, puis plus courtes pour se réduire finalement à des languettes écailleuses, conformément à la série décroissante croquis 49 B.

SUR LA VÉGÉTATION CARBONIFÈRE

Telle qu'elle se présente dans les forêts et sols fossiles la végétation houillère encombrée à la base de racines liées aux dépôts houillers, était par cela même baignée par les eaux, comme la représente le tableau ci-joint. Elle s'établissait partout où les eaux étaient peu profondes, fournissant les empreintes des schistes et les détritux végétaux qui, après macération et flottage, ont formé la houille stratifiée.

Encore convient-il de démontrer avant tout que les plantes enracinées dans le terrain houiller sont à l'endroit natal, c'est ce que je vais faire en appuyant cette proposition sur des faits précis faciles à vérifier.

LES TIGES DEBOUT ET SOUCHES ENRACINÉES DANS LE TERRAIN HOULLER
SONT A L'ENDROIT NATAL

Les tiges debout, par leur attitude et leur enracinement, et les souches par la disposition et l'intégralité de leurs racines, ont manifestement vécu au milieu des dépôts houillers là même où on les trouve, leurs racines obliques à la stratification ayant traversé les empreintes interstratifiées dans le schiste ⁽¹⁾.

En ce qui regarde les arbres debout, leurs racines sont complètes, et si celles de dernier ordre ont disparu dans les grès, elles sont entières jusqu'aux radicelles dans les schistes. D'ailleurs la plupart étant rhizomateux, sont reliés souterrainement par des rhizomes ; et contre la thèse qu'elles ont pu être transportées le pied en bas alourdi par les racines, s'inscrivent en faux les Calamites dont la pointe est constamment tournée en bas.

Au surplus dans les forêts fossiles les espèces sont groupées en colonies isolées, et ces forêts sont discontinues ou changent à tout instant de composition. Les diverses plantes y forment même des bouquets isolés tel celui Pl. XXIII, fig. 1, découvert depuis que les vingt premières planches sont lithographiées, bouquet situé Pl. VI, entre 37 et C, sous le filet de charbon ⁽²⁾.

En ce qui regarde les souches, leurs racines, par un flagrant effet de géotro-

(1) Calamites, Cordaïtes, Aulacopteris qui, pourris, n'étaient certainement pas plus résistants à la pénétration que les feuilles de papier perforées par les racines vivantes.

(2) La première tige aperçue pouvait parfaitement être confondue avec une tige de Cordaïtes à racines étagées tant est épaisse la couche de charbon qui de 0,07 à 0,10 en haut a encore en bas 0,01 autour d'une moule de 0,02 à 0,03 ; les racines, les unes très fortes, les autres minces, sortent de renflements doublant l'épaisseur du charbon.

Les progrès de l'excavation ont successivement mis à découvert tout un groupe de tiges analogues rapprochées, quelques-unes contenant un moule Calamitoïde, et l'une d'elles prolongeant un rhizome incliné. A la base, elles obliquent dans tous les sens ; en haut, elles penchent toutes au Nord.

pisme, sont perpendiculaires à la stratification et, qui plus est, notablement plus

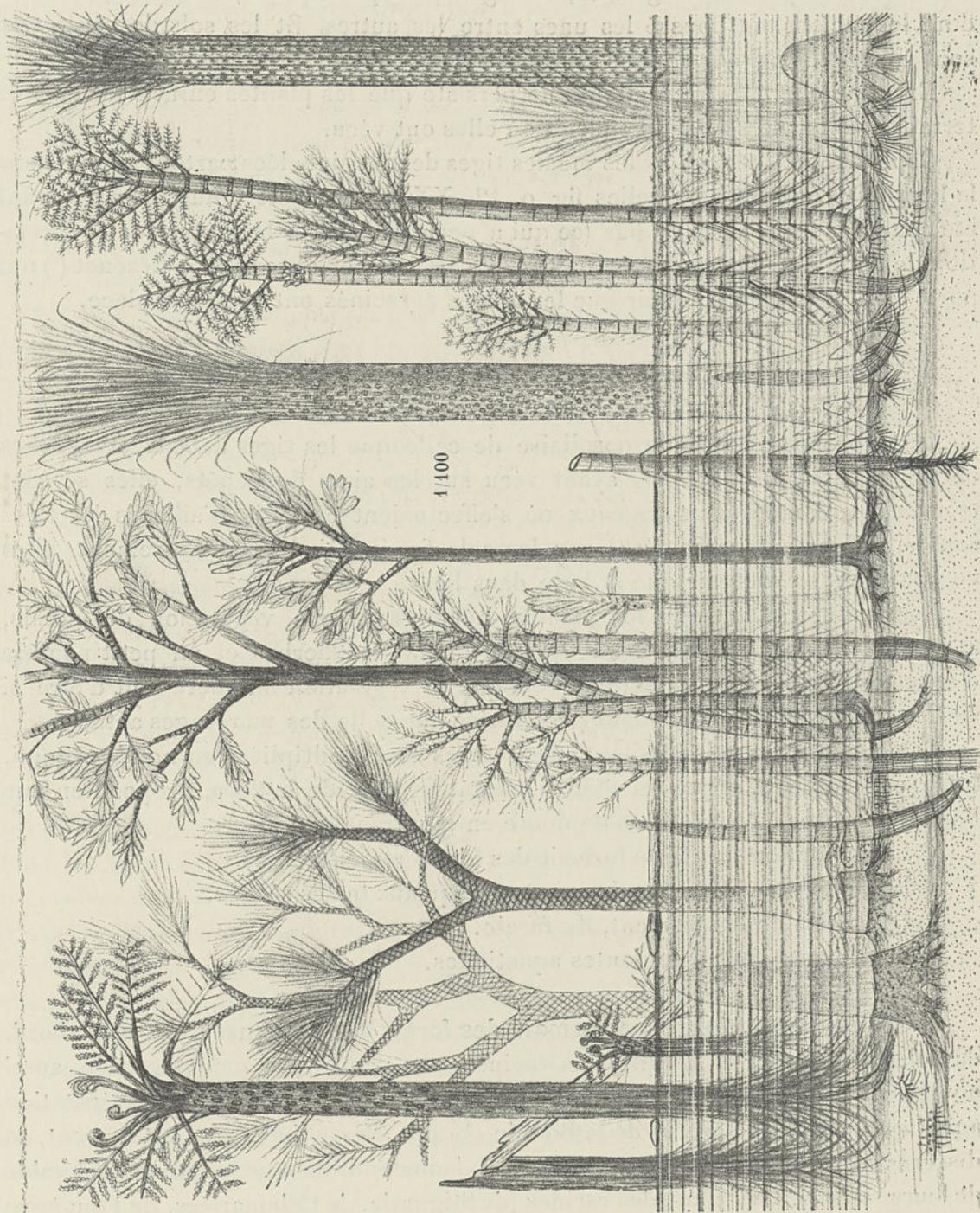


Tableau représentatif de la végétation houillère.

allongées en bas que par côté. Et les racines en poussant ont altéré physiquement et chimiquement le schiste, fait disparaître sa schistosité, modifié la texture, rendu à leur contact la roche argileuse, décoloré le calcaire gris sombre (4^e liv.).

Dans les sols fossiles d'ailleurs, les racines au lieu d'être dispersées sans ordre comme les empreintes végétales, sont groupées par espèces, formant des touffes dont les racines ont poussé les unes entre les autres. Et les sols de végétation sont complétés par des stolons accrochés au sol, reliant les touffes.

En sorte que plus aucun doute ne persiste que les plantes enracinées dans le terrain houiller ne soient à l'endroit où elles ont vécu.

Cependant à Comentry les mêmes tiges debout signalées partout jusque dans la houille (1) par exemple celles fig. 9, Pl. XXXIV, ont été tenues comme ayant été charriées les racines en bas (ce qui a permis d'édifier la théorie de la formation de delta en eaux profondes) alors que les mêmes observées à Bézenet (2) ont porté J.-B. Durand à soutenir que les arbres enracinés ont vécu sur place.

LES PLANTES CARBONIFÈRES ÉTAIENT ADAPTÉES A L'HABITAT BATRACIEN

Cette proposition est le corollaire de celle que les tiges debout et souches enracinées sont en place, car ayant vécu sur les aires de dépôts, elles se sont trouvées implantées sous les eaux où s'effectuaient ceux-ci. D'ailleurs les tiges sont si faiblement enracinées dans les sols fossiles, que, nécessairement, elles ne pouvaient se soutenir que la base dans l'eau.

Leur nature autant que leur station témoigne d'une végétation de marais, milieu où aujourd'hui ne vivent qu'une vingtaine d'herbes et un petit nombre d'arbustes. Et c'est sans doute à cela que la végétation houillère doit d'être si simple, tout en étant cependant plus variée que celle des marécages actuels.

Comme dans les sols fossiles leurs racines sont multipliées en nombre infini, force est d'admettre que tel était l'habitat général de la flore, proposition que l'on va chercher à mettre hors de doute en montrant que :

- 1° La végétation houillère formait des forêts marécageuses.
- 2° Elle ne s'élevait pas sur les pentes jusqu'aux terres sèches.
- 3° Questions de l'arasement, du fusain.
- 4° Arguments tirés des plantes aquatiques.

1° La végétation houillère formait des forêts marécageuses. — Et d'abord, dans les schistes et la houille, les racines sont, toute proportion gardée, aussi nombreuses que dans les tourbières, témoignant d'une surabondante végétation aquatique. Dans les houilles de la Bouble, Avaize, Béraudière, etc., notamment, on discerne aisément avec les *Psaronius* et *Calamodendrons* une masse considérable de leurs racines. La plupart des racines (de *Stignaria*, de *Calamariées*, de *Fougères*) sont turgescentes comme celles qui se développent en milieu aquatique. Les

(1) *Bullet. Soc. Géol.*, 1890, 3^e série, t. XVI, p. 988 à 991 et fig. 17.

(2) *Ibid.*, p. 1026.

Névroptéridés sont d'ordinaire accompagnées d'un abondant chevelu radicellaire. Et ces faits déjà si frappants sur le Plateau Central, sont encore plus marqués dans le Nord et le Pas-de-Calais où la végétation d'apparence plus herbacée comprend une proportion plus forte encore de racines aquatiques. Au reste, les Sigillaires portées hors sol sur branches radicales comme les Palétuviers sur racines, n'ont pu, comme ceux-ci, se maintenir dressées que le pied dans l'eau.

Non seulement les tiges à tissu mou ou peu consistant, comme les Lépidophytes, Névroptéridées, Pécoptéridées, mais aussi les tiges ligneuses, les Cordaïtes, les arbres comme les herbes, tous se complaisaient dans les marécages comme aujourd'hui leurs parents éloignés, les Cryptogames amies des eaux et les Cyprès Chauves ⁽¹⁾.

En effet comme les tiges qui n'ont pas à aller puiser l'eau dans le sol, celles de la houille multipliaient leur appareil radical, rhizomes et racines, au fond des eaux où ces organes rampaient et flottaient fixés au sous-sol par quelques racines. Et c'est sans doute pour cela que sur les sols fossiles se voient si rarement des rhizomes de Calamites ou de Fougères, bien que ces fossiles fussent rhizomateux comme leurs analogues vivants.

Aussi les sols de végétation à racines arasées dénotent-ils à tout le moins, des organes rampants et flottants au fond de l'eau, de plantes qui comme les Hydrophytes se répandaient par stolons épigés.

Il n'y a pas jusqu'à la houille stratifiée sur racines qui n'implique une végétation batracienne dont les dépouilles ont dû longtemps macérer et flotter avant de se précipiter sous formes d'humus et de restes aplatis au fond de l'eau, seul milieu d'ailleurs qui les put protéger, sous un climat chaud, contre la destruction.

Aussi les plantes houillères, adaptées à ce milieu, s'étendaient-elles sur les aires de dépôt, s'accommodant, en changeant de forme comme les Hydrophytes, des circonstances variées et variables qu'offrait à tout instant la vase de dépôt : dans les marais leur enracinement était des plus réduits; exposées aux eaux courantes, elles s'implantaient plus profondément dans le sol, les Psaronius et les Calamodendrons émettaient de nouvelles racines à mesure que les anciennes étouffaient sous l'accumulation des sédiments, et la végétation était si intense que, submergée sous les alluvions, les plantes à rhizomes, et c'était la majorité, ne cessaient pas pour cela de croître souterrainement.

Toutes les plantes houillères étant représentées largement dans les forêts et sols fossiles, il semble donc bien que leur végétation était batracienne ou fluviale, c'est-à-dire confinée dans des marais, sur les aires de dépôts houillers, ou sur les bords des affluents.

2° La végétation primitive ne s'élevait pas sur les pentes jusqu'aux terres

(1) Voir *Comptes rendus*, 1900, 21 mai; 1904, 14 mars.

GRAND'EURY. — Recherches géobotaniques, II.

sèches. — Dans la limite de mes observations, tout me porte à croire que cette végétation palustre s'étendait tout au plus sur les plaines basses susceptibles d'être inondées, sans sortir des bords indécis du bassin de dépôt, pour s'élever sur les pentes sèches.

Nulle part en effet je n'ai trouvé trace d'une flore de hautes terres, ni dans les brèches d'éboulis du Bassin de la Loire, ni dans les cônes de déjections déversées par des torrents, pendant sa formation, dans le bassin du Gard; il ne s'y trouve que des empreintes ordinaires, à part quelques *Lesleya*, *Pecopteris distans*, etc., qui étant parfaitement conservés ne sont tout au plus que des végétaux d'arrière-plan, ainsi que le *Noggerathia foliosa* dont on n'a découvert en France qu'un seul échantillon, ou le *Pterophyllum Fayoli*, trouvé seulement au toit de la Bleue à l'Eparre; et c'est sans doute à une situation pareille hors de portée des eaux courantes que le type *Dicranophyllum*, après être apparu dans le Culm de Belgique, a subi une éclipse, n'a pas reparu conservé dans les roches durant la formation du Westphalien dans ce pays.

A vrai dire, dans le Stéphalien, les *Dicranophyllum* et les *Walchia* pour être moins rares, ne se présentent en nombre que dans les dépôts de bordure ⁽¹⁾, ils sont comme égarés dans l'intérieur du bassin ⁽²⁾.

Et s'il avait existé des forêts de terre sèche comme à l'époque des braunkohles, nul doute qu'il ne nous en serait parvenu une bonne partie, comme par exemple à Urikany où les arbres feuillus sont représentés en grand nombre entre les couches de charbon qu'ils n'ont pour ainsi dire pas concouru à former.

Au reste, si la végétation houillère s'était élevée sur les pentes, elle se serait décomposée à l'air et ne nous aurait valu à la place de l'humus constitutif de la houille que du terreau poussiéreux, et, des empreintes ordinaires, que des fossiles brisés, recroquevillés.

Et à présent que j'ai rattaché toutes les graines du terrain houiller à ses fossiles ordinaires, il n'y a plus lieu de s'arrêter avec de Saporta, à l'hypothèse qu'elles proviennent d'une flore dont les organes végétatifs ne nous seraient pas parvenus.

Il semble donc qu'à l'époque houillère la végétation était limitée aux plaines marécageuses, laissant à nu les terres émergées. En ce cas les phénomènes de formation de la houille ne se seraient produits que dans l'espace occupé par les marais.

Mais un pareil état de choses est si différent du présent, que je devais le soumettre à l'épreuve de nouvelles observations. A cet effet, j'ai exploré les énormes masses de poudingues micacés qui occupent le Sud du bassin de Saint-Etienne; ces poudingues plus ou moins bréchiformes ont évidemment été arrachés aux

(1) Sont nombreux les *Dicranophyllum* dans la brèche et au pied du Mont Crépon, à la Niarais; et les *Walchia* à Landuzière, aux Chaumières.

(2) *Dicranophyllum* uniques à Saint-Jean, à Villars, à la Chazotte, *Walchia* à Châtelus, au puits Neyron, au Bessard.

flancs de territoires montagneux. Or, en eux-mêmes ils sont absolument stériles, ne renfermant ni empreintes ni particules végétales, et quand il apparaît dans quelques très rares intercalations de roches plus fines, des restes fossiles, ce sont ceux du terrain productif et si avec eux s'ajoute quelque mince filet de charbon, on reconnaît aisément que celui-ci est formé des mêmes débris végétaux cimentés par l'humus des marais. Vainement j'y ai recherché quelques éléments d'une autre flore.

3° Questions de l'arasement et du fusain. — Les généralisations qui précèdent et suivent ne sont pas sans soulever des difficultés que, dans l'état actuel de nos observations de la vie végétale sur le Globe, il n'est guère possible de tirer au clair, telles sont les questions de l'arasement et du fusain.

1^{re} question de l'arasement. — Assez de troncs, de souches, de sols fossiles arasés ont été figurés et décrits pour nous dispenser d'y revenir.

Seul à ma connaissance, Dawson s'est occupé de cette question du moins en ce qui concerne l'évidement des troncs enracinés dans le terrain houiller : y ayant vu au fond du fusain, il a conclu qu'ils se sont trouvés exposés à la désagrégation et décomposition aérienne, et, par voie de conséquence, que la houille est une formation subaérienne et non subaqueuse ; et contredisant l'idée que les Sigillaires et Stigmarias croissaient dans l'eau ou sur sol submergé ⁽¹⁾ tout en admettant que les Calamites prenaient racines sur des sols inondés ⁽²⁾, il s'est vu conduit à dire qu'une énorme quantité de matières végétales a été détruite ⁽³⁾, et, devant une succession de lits de houille et de calcaires bitumineux à coquilles, que le régime terrestre a alterné avec le régime aqueux, autant de fois qu'il y a de lits de charbon.

J'ai aussi observé du fusain au fond de Calamites debout et dans les souches de Sigillaires, mais j'ai vérifié qu'il leur est étranger et y a été mécaniquement introduit.

Les Calamites poussaient creuses, et les Lépidophytes remplies de tissu lâche ou spongieux facilement destructible, n'avaient pas besoin pour devenir creuses, d'être exposées aux actions dissolvantes de l'atmosphère. Quant aux troncs de Cordaïtes, ils ont conservé leur bois, et leurs souches ne sont pas évidées comme celles des arbres morts en forêt.

D'ailleurs si le phénomène s'était produit sur sol exondé, cela serait attesté par des altérations de roches que je n'ai pas vues.

Mais c'est là le petit côté de la question qui est de savoir à quelles causes déterminantes il est logique d'attribuer le phénomène qui a si souvent et si complètement fait table rase de la végétation au-dessus du plan d'arasement.

(1) *Phil. transact. of the Royal Society*, 1882, p. 11, p. 632.

(2) *Acadian Geology*, p. 195.

(3) *Ibid.*, p. 469. Sous le climat chaud de l'époque houillère, il ne serait peut-être rien resté d'une végétation subaérienne.

Je ne vois à invoquer que le tourbage qui, après avoir fait périr toutes les plantes au-dessus du sol de végétation, en a dissocié et désintégré les parties, lesquelles après macération sont allées se déposer et se stratifier au fond de l'eau; on ne saurait en tout cas expliquer autrement les souches et racines arasées au charbon.

Quant aux sols de végétation arasée sans houille, comme ceux Pl. XVI, fig. 1, et croquis 32 C, je ne comprends pas l'arasement s'il n'est dû à une submersion prolongée qui, après avoir causé la mort de toutes les plantes à la fois, les a désagrégées jusqu'à la racine, déposé au-dessus ou entraîné au loin leurs restes.

2^e question du fusain. — Je n'ai pas ici à examiner le processus de la conversion du bois en fusain, mais à rechercher la cause qui l'a communément divisé en petits fragments parallépipédiques disséminés dans la houille.

Comme le fusain est en partie encore flexible tel que du bois délavé, et comprend des tissus cellulaires, il s'est sans doute produit dans un milieu qui ne devait pas différer beaucoup de celui des forêts marécageuses intertropicales.

En tout cas, comme le bois des troncs debout, souches et racines est entièrement converti en houille avec l'écorce, il est naturel de penser que le fusain est le produit de la détritition et décomposition à l'air de la partie aérienne des tiges, ce qui suscite une nouvelle preuve que leurs bases, les troncs debout des forêts fossiles, sont, contrairement aux vues de Dawson, restées submergées.

4^o Plantes aquatiques. — Si véritablement la végétation houillère était confinée dans des marais, il faut s'attendre à ce que ses débris soient accompagnés de plantes aquatiques flottantes et ses sols de végétation de plantes aquatiques de fond; c'est ce qui a lieu, le contraire étonnerait plutôt.

La plupart des fossiles sont en effet entrelacés d'Annularias, et d'un autre côté sur les sols fossiles, ce nouveau champ d'observation, j'ai découvert en place diverses sortes de plantes aquatiques, les unes ayant des formes qui les reliait aux Névroptéridées, d'autres qui ne sont pas sans ressembler aux *Schizopteris trichomanoides* de M. Zeiller ⁽¹⁾ ou aux *Aphlebia irregularis* de Germar ⁽²⁾.

D'un autre côté les graines à vessie natatoire provenant de plantes de marais, sont variées, répandues et nombreuses.

Végétation des Annularias. — Aux plantes ordinaires du terrain houiller sont entremêlés partout des Annularias entiers, intacts, d'une manière si intime que l'on peut tenir pour certain que les uns et les autres ont végété dans les mêmes eaux claires des marais houillers.

A la vue de leurs branches pinnées et des verticilles de feuilles étalées dans le même plan, personne n'a douté que ces organes n'aient nagé à la surface des

(1) Bull. Soc. Géol., 1879 à 1880, p. 199, pl. IV.

(2) Verst. Steink. Wettin u. Löbejüni, p. 57, pl. XXIV.

eaux. Toutefois avec eux se trouvent de nombreux verticilles de feuilles flexueuses (croquis 47 A) qui ont flotté au-dessous.

A l'état fossile, les tiges larges de 0,03 à 0,06, sont réduites à une très mince écorce unie sans tissu fibreux ou vasculaire de soutien, mais renforcées aux articulations par des diaphragmes rigides entiers qui, partageant les tiges en compartiments creux remplis d'air, leur imprimaient une force ascensionnelle qui élevait et maintenait les feuilles à la surface ou près de la surface des eaux.

Au niveau des articulations, des anneaux foliaires débordent de la tige; ces anneaux, entiers en bas, esquissent plus haut des languettes foliaires également figurées par Germar ⁽¹⁾ sous le nom d'*Equisetites lingulatus*, et près de la surface des eaux des verticilles et feuilles normales, conformément à la gamme ascendante (croquis n° 47), gamme où l'on voit les feuilles se dégrader dans l'eau comme celles de l'*Ast. subterraneus* dans le sol.

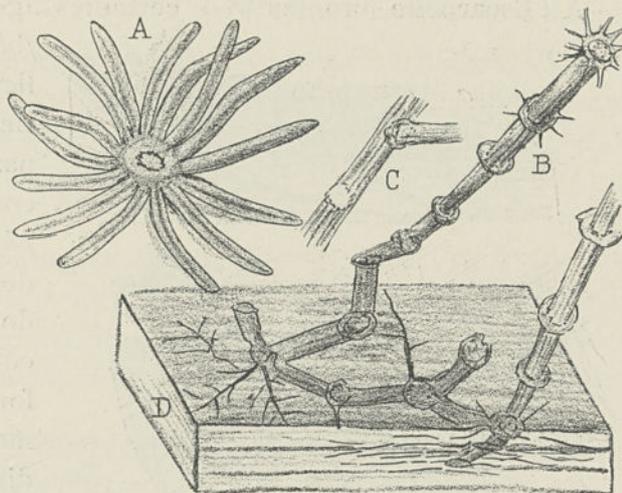
Mais bien que les Annularias soient le plus souvent réunis en grand nombre à l'endroit ou près de l'endroit natal, j'ai vainement cherché à en suivre les tiges jusqu'aux rhizomes; je n'ai reconnu ceux-ci qu'à des diaphragmes semblables à ceux des tiges (croquis 47). Les racines qui s'échappent de ces rhizomes, sont pinnées comme celles des Calamites, elles sont seulement plus minces, plus délicates.

Ces plantes flottantes et nageantes pullulaient dans les marais houillers, entre les autres qu'elles enveloppaient.

Végétation des Sphenophyllum. — Détachés également par paquets et non moins bien conservés, les *Sphenophyllum* gisent aussi non loin de l'endroit natal.

Le D^r Newberry, en face de tiges garnies à un bout de feuilles de *Sphenophyllum* et de l'autre d'appendices capillaires, s'est laissé convaincre que ces plantes ont vécu en partie submergées. Renault en effet a constaté (*Cours de botanique fossile*, 3^e année, p. 24 et 25), autour de la gaine de tubes ponctués des tiges, la présence d'un parenchyme lacuneux.

Aux Chaumières j'ai trouvé en place le *Sphen. longifolium* (croquis 48 A) dont les tiges, s'élevant obliquement d'un joint, sont garnies en haut de

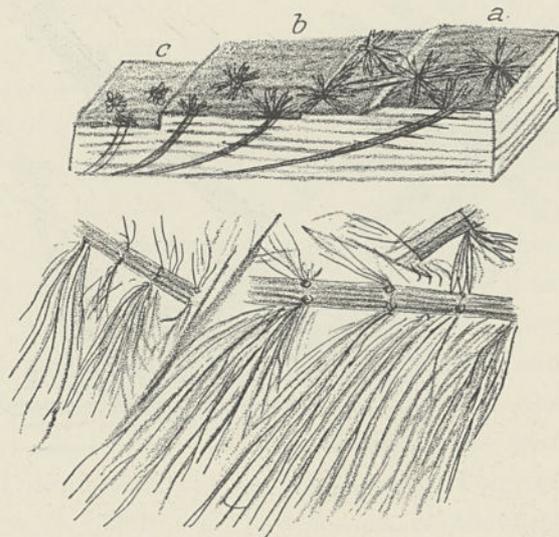


Croquis n° 47.

(1) *Ibid.*, pl. X.

feuilles normales *a* étalées dans le schiste, plus bas de feuilles raccourcies *b* et en bas d'écaillies foliaires *c* sans nervures; en descendant les tiges s'amincissent, perdent leur raideur habituelle et convergent vers un point de départ commun.

A l'Escarpelle (croquis 48 B) certaines tiges à peine costulées de *Sphen. cunei-*



Croquis n° 48.

folium émettent des filets radicants flexueux nettement bifurqués que je tiens pour des racines, ces filets n'étant pas parcourus par une nervure moyenne comme les partitions du *Sphen. myriophyllum*. Et à Rive-de-Gier d'une sorte de touffe de *Sph. dentatum* s'échappent de tiges vaguement articulées sans côtes, des faisceaux de radicelles filiformes paraissant avoir poussé librement dans l'eau, mais, vu la faible dimension de la plante, dans une eau peu profonde.

En somme les Spénophyllées paraissent avoir végété comme l'*Hippuris vulgaris*, ayant comme lui produit des

racines capillaires, mais sans le moindre vestige de feuilles écailleuses aux articulations, ce qui laisse à penser que les feuilles laciniées des *Sphenophyllum* leur tenaient lieu de racines aquatiques.

Végétation des Doleropteris (Névroptéridées à feuilles nageantes et graines à vessie natatoire). — Sous ce nom j'ai séparé des *Cyclopteris*, des feuilles plus grandes, orbiculaires, dont la surface est souvent recouverte de nombreux canaux gommeux parallèles aux nervures. A ces feuilles sont souvent associées des *Schizopteris pinnata*, dans un si étroit voisinage qu'ils paraissent en être une modification. Et de fait j'ai eu la bonne fortune de mettre la main sur des *Doleropteris pseudo-peltata* passant nettement au *Schizopteris pinnata*.

A Saint-Etienne, les *Doleropteris* sont communs ainsi que les *Codonospermum*, les uns et les autres se trouvent dans les mêmes roches et dans la plupart des cas on ne voit pas d'autres feuilles auxquelles on puisse rapporter ces graines.

Or Renault a reconnu que ces feuilles s'étaient sur l'eau flottant à sa surface (*Flore fossile d'Autun*, p. 266). Elles appartiennent incontestablement à des plantes aquatiques dans lesquelles les *Sch. pinnata* étaient aux feuilles ordinaires ce que les feuilles aquatiques du *Ranunculus aquatilis* sont aux feuilles normales de cette espèce.

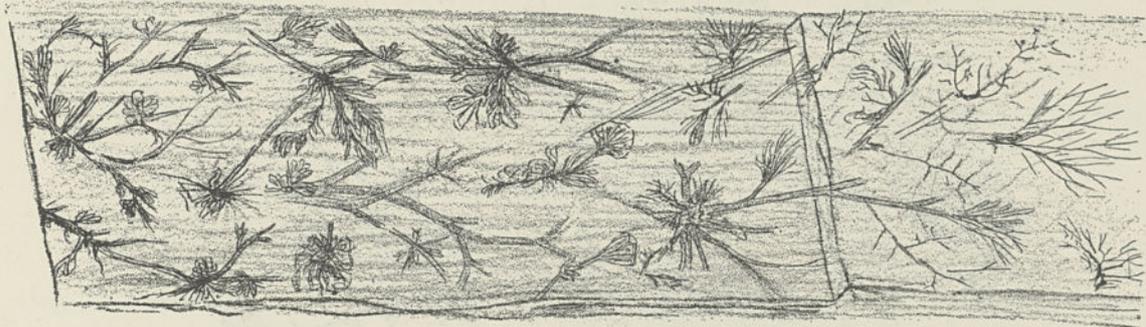
Botryopteris. — Ce type, commun à Saint-Etienne, est aussi une plante aqua-

tique à frondes flottantes, au dire de Renault (*Flore fossile d'Autun*, p. 33 et 34, 51 et 52).

PLANTES AQUATIQUES DE FOND

Après les plantes à feuilles nageantes et flottantes il reste à donner un premier aperçu de plantes aquatiques de fond, c'est-à-dire dont les organes sont appliqués et enracinés sur des fonds submergés. Ces plantes sont entières et en place, je n'en ai trouvé qu'un petit fragment détaché.

Thallopteris (Névroptéridées aquatiques de fond). — La plus singulière des plantes aquatiques de fond, celle que je me suis le plus efforcé de connaître par de très nombreuses visites à l'emprunt de remblais des Chaumières, apparaît sur le joint MN, Pl. VI *bis* sous la forme de rosaces reliées à la manière de celles



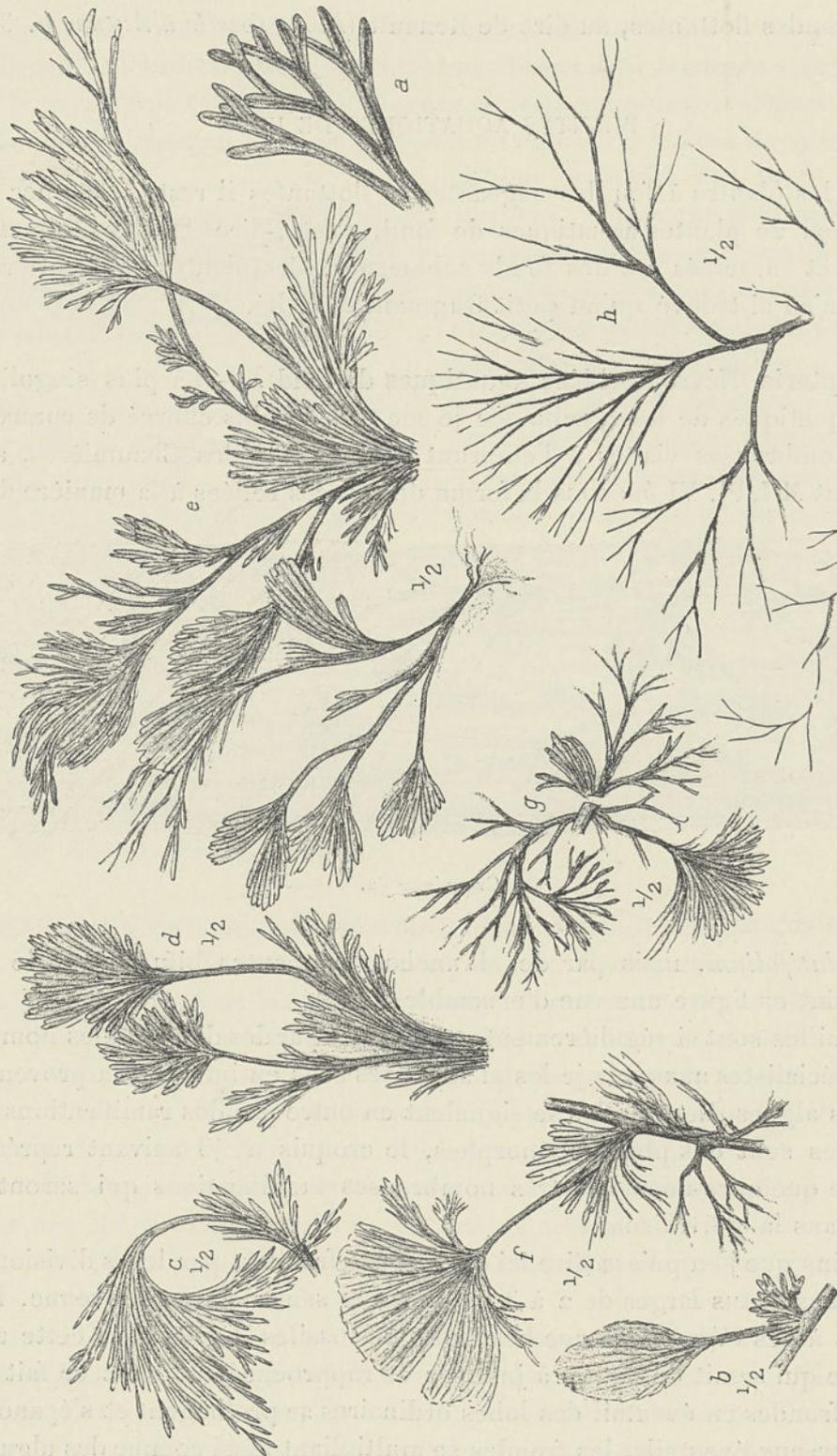
Croquis n° 42.

du *Sium latifolium*, mais par des branches rampantes bifurquées; le croquis n° 42 ci-joint en figure une vue d'ensemble.

Les feuilles sont si régulièrement subdivisées par des dichotomies nombreuses que les spécialistes auxquels je les ai soumises sans en indiquer la provenance, y ont vu des algues. Les feuilles se signalent en outre par des ramifications irrégulières, elles sont des plus polymorphes, le croquis n° 43 suivant représente le schéma de quelques-unes des très nombreuses modifications qui seront toutes décrites dans la 7^e livraison.

Le moins que j'en puisse dire ici est que les frondes, par leurs divisions répétées en lobes obtus larges de 2 à 3 millimètres sans nervure moyenne, ressemblent plus à des *Chondrites* que beaucoup de fossiles décrits sous cette appellation. Et ce qui serait de nature à justifier ce rapprochement c'est ce fait que de certaines frondes en éventail des lobes ordinaires se prolongent et s'épanouissent en de nouveaux éventails, les frondes se multipliant ainsi comme des algues sans s'épuiser.

Mais les éventails ressemblent autant au *Schizopteris dichotoma* Sw. qu'au



Croquis n° 43.

Dactyloctenium aegyptium, Lam.; leurs partitions se rapprochent parfois jusqu'à se toucher, se souder, formant des frondes Adiantoïdes *b*, les stolons sont bifurqués et

striés, de plus, les racines ne sont pas sans ressembler à celles des Nevropteris, et à tout prendre je les décrirai comme alliées aux Fougères, sous le nom convenant à la forme des feuilles, de *Thallopteris*.

Loin d'être toutes étalées à la surface, les frondes sont en partie intercalées entre les lames du schiste, passant de la forme chondroïde *a* aux dichotomies filiformes *h*; certaines frondes *f* et *g* réunissent des formes différentes, celles *c*, *d*, *e* sont des plus complexes : ce sont des feuilles souterraines sous lesquelles se trouvent les racines. Or, tandis que ces feuilles sont très minces et parfaitement planes, les frondes superficielles ont des lobes flexueux flottants, coriaces.

Sur sol exondé, cette végétation épigée avec rosaces de feuilles aurait pu se suffire, mais rien ne prouve qu'il en fut ainsi et l'on doit envisager le cas où submergées, elles se complétaient par des organes ascendants.

Précisément, au-dessus s'est rencontrée comme pouvant s'y rattacher par des traits communs, une touffe de grandes feuilles divisées par dichotomies très ouvertes et élargies avant la division comme celles de l'*Acrostichum alcicorne*, mais entièrement cellulaires, très minces, sans nervure aucune, très certainement aquatiques. J'ai vainement recherché des organes ascendants plus fermes.

FEUILLES SOUTERRAINES

Les frondes souterraines ci-dessus signalées jointes aux feuilles souterraines des *Ast. subterraneus*, page 69, *Ast. bifurcatus*, page 96, *Sphenophyllum longifolium*, page 106, sont des anomalies fort étranges.

Il ne s'agit pas de feuilles réduites à des écailles, mais, quelque paradoxal que cela paraisse, de véritables feuilles qui ont poussé dans les joints du schiste. Il faut dire qu'elles se réduisent à quelques unités rapprochées du sol de végétation.

Vu leur position, on ne peut s'arrêter à l'idée que les feuilles souterraines se soient étalées sur la vase, au fur et à mesure de son dépôt dans une mesure adéquate à l'activité de végétation, et encore moins, les verticilles foliaires étant étalées dans des plans parallèles, qu'ils font partie de branches embourbées. Il faut se rendre à l'évidence : elles ont réellement poussé dans le limon. Les gaines étalées du *Bornia transitionis* ont bien poussé dans le sable.

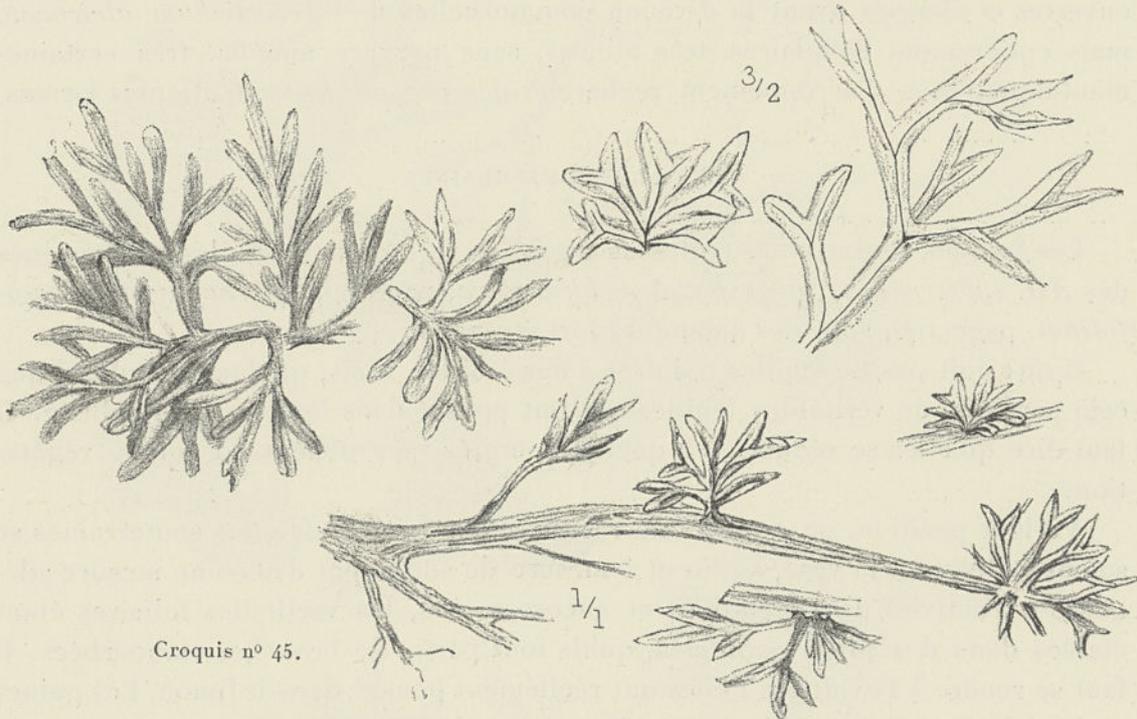
Thallopteris schizopteroïdes. — Ressemblant encore plus à des algues, se trouve au toit, au mur, jusque dans l'intérieur de la première Crue à Montram-bert, un autre type de Thalles appliqués sur le schiste argileux comme les Hépatiques sur sol humide. Ces thalles sont très subdivisés en lobes cunéiformes qui s'entrecroisent ; les lobes sont finement striés sans aucune nervure moyenne, ils sont tantôt coriaces, tantôt si minces qu'on les aperçoit à peine entre les feuillettes d'un schiste argileux.



Croquis n° 44.

Comme le montre le croquis 44, les frondes sont attachées par côté à des branches rampantes non striées quoique marquées de points étirés en longueur. Certaines frondes dont les lobes sont très divergents, forment rosaces.

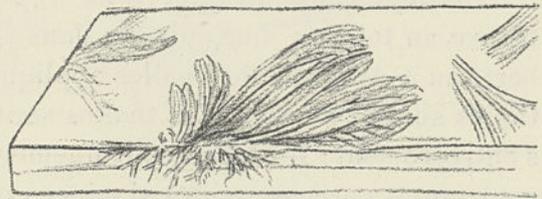
Au toit, au mur et en dedans de La Bleue serpentent (croquis 45), entre des empreintes diverses, de minces branches bifurquées fixées par des racines et bordées d'expansions schizoptéroïdes d'une minceur extrême sans nervure moyenne. Et parmi eux, paraissant en être une



Croquis n° 45.

modification, se font remarquer des Schizopteris dont les lobes sont parcourus par une nervure moyenne.

Daubreia Zeil. — Au toit de la 10^e couche au Treuil, dans le schiste à Unios p. 17, sont particulièrement nombreuses des feuilles entièrement cellulaires assimilables à celles de Daubreia,



Croquis n° 46.

parcourues comme elles par des veines et non des nervures ; ces feuilles sont longues et lacérées, celles en forme de cornets sont rares. Dans le même gisement j'ai dessiné croquis n° 46 une touffe en place de ces feuilles fixée par des racines tortueuses réduites à l'épiderme.

Les mêmes ou d'autres empreintes à surface cellulaire ou lisse, gisent également en place dans les schistes de triage de la 8^e couche, de la 3^e, de la 1^{re} au Treuil, etc.

LA VÉGÉTATION HOUILLÈRE EST AUTOCHTONE

Ce postulat est la conséquence de l'habitat palustre d'une végétation qui ne s'étendait pas au delà du bassin de dépôt.

Cette proposition d'importance à motiver un surcroît de preuves, trouve un nouvel appui sur les considérations suivantes :

- 1° Etat de conservation des plantes fossiles ?
- 2° Communauté de gisement des organes congénères.
- 3° Y a-t-il suffisamment de sols fossiles ?
- 4° La végétation houillère est passablement humicole

1° L'état de conservation des débris de plantes fossiles implique leur chute et conservation dans l'eau. — La parfaite conservation des empreintes végétales les plus grandes ou délicates, implique leur chute à l'eau où elles ont macéré, se sont aplaties avant d'en gagner le fond, tout comme les feuilles des arbres qui bordent les étangs ; de leur intégrité sans meurtrissures on est en droit d'inférer, avec d'Aubuisson des Voisins, Lindley, Potonié, qu'elles sont non loin de leur lieu d'origine. Car, tombées sur terre ferme, elles se seraient altérées et déformées, avant leur transport dans le bassin de dépôt par des eaux ruisselantes qui les auraient en outre plus ou moins morcelées, et transportées au loin par des eaux agitées il n'en serait parvenu que des fragments méconnaissables.

C'est cependant bien ce que nous avons constaté à la pointe schisteuse des grès 19 Pl. XX et dans le massif de grès schisteux 5, mais il est facile de se rendre compte que les parcelles végétales proviennent de débris végétaux émiettés, hachés (hakseln) par leur frottement contre le sable, car dans les schistes miroités du Gard et fissiles de Langeac, les fossiles bien qu'entraînés de loin par de grandes eaux, sont peu altérés, ils appartiennent aux mêmes espèces que ceux des schistes ordinaires, et comme dans les grès à parcelles végétales ⁽¹⁾, se trouvent des Sigillaires, Calamites, écorces de Cordaïtes et autres empreintes ordinaires de terrain houiller, on peut dire que la végétation tout entière partageait le même habitat.

(1) *Annales des Mines*, 1882, tiré à part, p. 13.

Rien ne motive donc, quant à l'origine, la distinction de plantes autochtones et allochtones.

2° *Communauté de gisement des organes congénères.* — Les organes désintégrés des plantes fossiles ne sont pas dispersés au hasard de la sédimentation, mais ceux des mêmes plantes sont assez ordinairement rapprochés pour exclure tout transport notable, et même parfois rassemblés comme ceux tombés au pied des arbres qui les ont portés.

Ainsi à Saint-Etienne, Alais, Belgique, Belmez..., avec les Sigillaires, gisent ordinairement leurs feuilles détachées, strobiles, sporanges et macrospores; à Saint-Jean de Valériscle se trouvent réunis tous les organes aériens du *Lepid. Sternbergii*, à Rive-de-Gier tous ceux du *Lep. rimosum*. A la Malafolie, Gagnières, Fontanes....., on trouve ensemble : *Cal. cannæformis*, *Ast. equisetiformis*, *Volkm. gracilis*; à Roche-la-Molière, Treuil,..... *Cal. giganteus*, *Ast. densifolius*, *Mac. infundibuliformis*. A la Chazotte, à Dechy,..... sont rapprochés dans la houille comme dans les chistes, feuilles, épis, graines, rameaux et tiges de Cordaites.

Très communément sont réunis au Treuil, Montmartre, Grand'Combe, etc..... les *Pecopteris Cyatheides*, *Stipitopteris*, *Ptychopteris macrodiscus*, *Psaroniocaulon*, *Psaronius*, et exclusivement sont groupés feuilles, stipes, radicelles, Cyclopteris de *Od. Reichiana*, notamment à la Bâtie, à Montaud, à l'Eparre.....; de même avec l'*Aleth. Grandini* ses puissants stipes et souvent ses graines. Dans le bassin Franco-Belge, dans le Donetz, dans les Asturies,..... abondent les divers organes de *Nevropteris* sans autres fossiles; de même dans le Gard ceux du *N. flexuosa*. A Dourges et à Bully-Grenay en particulier, sont accumulés en masse, les organes désunis, y compris les graines, de *Linopteris sub-Brongniarti*. Au Grand-Hornu, il n'y a au toit de la couche du Grand-Moulin, pour ainsi dire, que des *Sphenopteris obtusiloba*, et à Dourges dans un schiste du puits n° 3 que *Sph. trifoliata*.

C'est le propre des plantes sociales d'avoir leurs débris rassemblés à l'exclusion de tous autres fossiles, sur de grands espaces, par exemple de l'*Odontopteris Reichiana* à l'Eparre, du *Nevropteris flexuosa* à Gagnières, etc. Et l'on ne rencontre guère ensemble que les types qui ayant même port ont pu vivre côte à côte, comme l'*Al. Grandini* et l'*Od. Reichiana*, au Treuil, Marais, les *Calamodendron* et *Ptychopteris*, à Saint-Etienne et Decazeville, les *Cal. Suckowii*, *undulatus*, *ramosus* avec branches et épis, à Ostricourt, Sin (Nord).

Je n'ai pas besoin de dire que les associations d'organes congénères, ne sont pas éloignées de l'endroit natal; les organes des mêmes plantes, seulement plus désunis, plus espacés, offrent au moins dans les roches où il y a des sols fossiles les mêmes combinaisons que ceux tombés et ensevelis sur leurs propres racines. Ainsi les divers débris de Calamites, tiges, branches et épis sont parfois rassemblés comme ceux trouvés à la Malafolie, au Crêt-de-Mars en connexion avec les

racines (1). Il en est de même des Sigillaires, Syringodendrons, Cypérites et Macropores vis-à-vis des mêmes organes tombés sur Stigmariopsis, Pl. XIX, fig. 9, de même aussi des débris de Pécoptéridées vis-à-vis de ceux qui accompagnent leurs stolons rampants, de même surtout les restes de Cordaïtes vis-à-vis de ceux tombés et enfouis sur les souches et racines de ces plantes.

Il n'y a pas là une règle générale, les restes des plantes sont le plus souvent dispersés, mais sans trop de confusion et, étant bien conservés, tous témoignent d'une végétation autochtone.

M. Lester Ward représentant des Etats-Unis au Congrès de géologie à Saint-Etienne en 1900, estime (2) que ses observations sont en faveur de l'autochtonie des plantes du bassin de la Loire, et en tout cas incompatibles avec la théorie de leur transport à grande distance.

Cependant — et il ne pouvait en être autrement — la végétation des plantes, même les plus envahissantes, changeait d'un point à un autre, par exemple de la coupe fig. 6 à la coupe fig. 7, Pl. XIX. Au dire de M. Deltenre (3), à Mariemont, au toit d'une même couche de houille, on voit dominer ici les *Nevrop. heterophylla* et là le *Cal. varians*. La plupart des couches en sont là : la 8^e est accompagnée de végétaux assez différents à Firminy, Eparre, Quartier-Gaillard, etc. Au Marais, à la Porchère, les 14^e et 15^e sont encombrées d'*Od. Reichiana* au lieu de Cordaïtes comme à la Chazotte.

Dans l'ensemble, la flore d'un faisceau de couches, des 9^e à 12^e par exemple, est même susceptible de présenter des différences complètes d'un côté à l'autre du bassin : composée à l'Ouest, au Cluzel, à Roche-la-Molière et Firminy, d'une grande quantité de Sigillaires, ces plantes font défaut à l'Est, du Treuil jusqu'à Saint-Jean-de-Bonnefond où l'une de ces couches est formée de Pecopteris et une autre de Cordaïtes. Pareillement dans le Nord de la France, il n'y a pas, au puits Saint-Louis de Somain, d'empreintes de fougères dans un groupe de couches où dans un district voisin, abondent ces fossiles.

Il n'en serait pas de même si la végétation n'était pas autochtone, les fossiles transportés par de grandes eaux seraient beaucoup plus uniformément répartis et ne changeraient pas à peu de distance, et l'on pourrait avec plus de certitude classer les couches au moyen des fossiles.

La flore varie encore plus dans les bancs superposés de roches de même provenance. Ainsi au toit de la 10^e, au Treuil, les Poa-Cordaïtes, Pecopteris, Alethopteris sont également dans des bancs séparés, de même à Quartier Gaillard, les Calamites, Pecopteris, *Od. Reichiana*, etc.

3^o La végétation était-elle donc tout entière enracinée dans le bassin de dépôt. — Mais si la végétation était autochtone, il doit se trouver, toute proportion

(1) *Comptes rendus*, 1900, 21 mai.

(2) *The autochthonous or allochthonous origin of the Coal and Coal-plants of central France*.

(3) *Bulletin Soc. Géol. de Belgique*, livr. 1907-1909, p. 212.

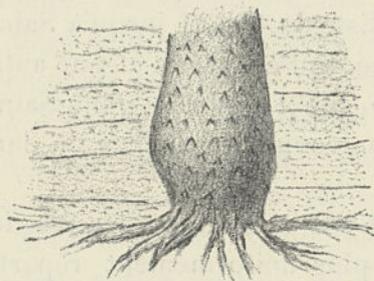
gardée, dans le terrain houiller qui est une réduction du bassin de dépôt, suffisamment de souches et racines en plan, pour avoir fourni les fossiles répandus dans les roches, et de sols fossiles ayant servi de siège à la végétation qui a formé la houille.

Sur le premier point, à Montrambert au milieu de la tranchée Saint-Pierre, les Calamites, Cordaïtes, Rhabdocorpus, Poa-Cordaïtes, Pecopteris, gisent séparément au-dessus de 4 à 5 sols fossiles de végétation qui paraissent avoir suffi à les produire.

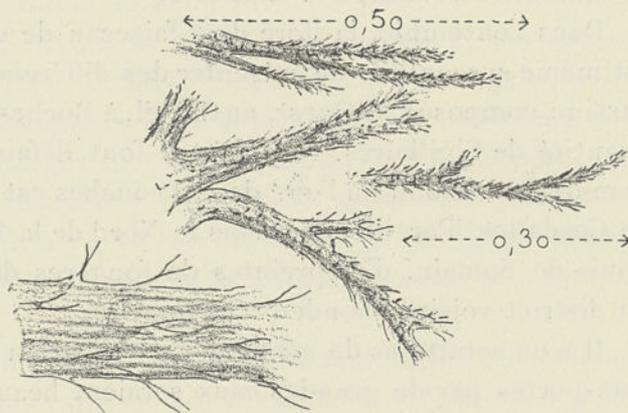
Sur le second point, j'ai signalé en 1900 du charbon formé sur place ⁽¹⁾. Depuis, dans et au voisinage de la 1^{re} crue (voir Pl. XXI, 3^e livre), j'ai constaté que les empreintes des schistes et du charbon proviennent apparemment de la végétation enracinée sur place. De même à l'Eparre où les sols de végétation sont excessivement nombreux dans deux couches de houille.

Mais il y a de la houille et beaucoup de houille formée par transport, et comme elle est composée des mêmes détritiques conservés de la même manière que la houille née sur place, j'ai dû faire appel à la végétation de régions voisines et admettre le transport de ses débris tout au plus du bord dans l'intérieur du vase de dépôt ⁽²⁾.

Cela me ramène encore à la question de savoir s'il n'y avait pas des plantes allogènes, étrangères au géosynclinal? J'en doute d'autant plus, que en outre des souches en excès



Croquis n° 50.



Croquis n° 51.

signalées à la suite des Lépidophytes, Cordaïtes, Névroptéridées, il en existe d'autres non classées, telles par exemple celles (croquis 50 et 51), représentant la première un bulbe des Bouzuges (Gard) sur racines étalées tout différentes de celles des Lépidophytes, et l'autre une souche à allure de Stigmariopsis, mais à branches radicales armées d'appendices épineux bifurqués (Acanthorhiza); cette souche anormale d'abord trouvée à Fontanes (Gard) s'est montrée à Rive-de-Gier, Combelibert, Collenon, puits Saint-Etienne.

(1) *Comptes rendus*, 1900, 5 juin et *Livret-guide*, p. 18.

(2) *Société hist. naturelle d'Autun*, 1902, p. 123.

Les n^{os} 37 et 38, Pl. VI, sont accolés à d'autres souches hors cadres; on admettra bien que je ne les connais pas toutes: il y en a vraisemblablement pour tous les types de plantes fossiles et l'on peut dire que, la végétation primitive était limitée aux terres basses inondées, où, recueillis par les eaux, ses débris ont échappé à la destruction.

Mais lors même que quelques plantes auraient envahi les plaines et remonté les pentes, cela ne changerait rien aux conditions et procédés précités de formation du charbon dans des lagunes boisées.

LA VÉGÉTATION HOUILLÈRE ÉTAIT PASSABLEMENT HUMICOLE

Ici se place une question intéressante au premier chef la formation de la houille, l'aptitude qu'avaient les plantes houillères à pousser sur et dans leurs propres détritiques.

Il est probable que vivant dans les marais, elles ne répugnaient pas à enfoncer leurs racines dans l'humus floconneux encore aéré. Et de fait, j'ai vu : 1° des racines et beaucoup de racines en place dans les nerfs du charbon, et dans la houille schisteuse; 2° une infinité de *Stigmarias* avec leurs racines dans les joints du charbon; 3° des souches de *Sigillaires* enracinées dans le charbon terne; et l'on peut dire que la végétation houillère était passablement humicole, dans le sens strict du mot. Nous décrirons dans le 3^e livre de nombreux exemples de houille ayant toutes les apparences d'avoir été formée sur place (voir à ce sujet Pl. XXIII, fig. 4. PQ, fig. 7, fig. 8. C, fig. 9. E).

Mieux encore, dans les couches de braunkohle, 4^e livre, on sera frappé de la multitude de tiges, souches et racines qui ont poussé dans l'humus de ce combustible. Et c'est ainsi que les charbons fossiles eux-mêmes se montrent susceptibles de renfermer les sols de végétation nécessaires à leur formation sur place.

SUR LE MILIEU CLIMATÉRIQUE

Connaissant le milieu batracien où se déployait la végétation et se formait la houille, il n'est pas sans intérêt de savoir sous quel milieu climatique cela s'est passé.

En se fondant sur les rapports les plus constants qui relient les facteurs du climat aux caractères généraux de la végétation vivante, on se convainc que la végétation houillère se développait dans une atmosphère tiède, humide, lourde, et sous un climat égal et invariable, et cela en raison de : 1° la grande élongation des tiges de Cryptogames, la phyllomanie des Cordaïtes, l'absence de plantes tuberculeuses; 2° l'ampleur des formes, la poussée rapide à plein diamètre de tiges médulleuses de 0,50 à 1 mètre d'innombrables Lépidoxytes, de tiges fis-

tuleuses de 0,10 à 0,30 de Calamites et Calamodendron, de stipes charnus de 0,10 à 0,30 de Névroptéridées; 3° l'hypertrophie des tissus cellulaires, la turgescence des Stigmarias, Rhizopteris, etc..., tout dénotant une végétation débordante de vie dans des marais, où toute chose égale d'ailleurs, elle est plus active et vigoureuse que sur terre ferme.

Sous un climat invariable dans le temps et l'espace, le calme fixe des zones anticycloniques présidait à la décomposition et détrition des végétaux; aucune perturbation atmosphérique ne ravageait les forêts marécageuses qui étant peu fixées au sol, auraient été renversées par le moindre coup de vent: or, les tiges renversées sur place sont rares, et il est facile de se rendre compte que le fait s'est produit sous la poussée des eaux courantes.

D'autre part la forte proportion et la densité des tissus corticaux, les souches si ligneuses et charbonneuses de plantes ayant vécu le pied dans l'eau, la puissance de végétation qu'a si bien dépeinte le marquis de Saporta (1), tout suggère l'idée, mise en avant par Ad. Brongniart sans aller aussi loin que Bischof, que l'atmosphère où les plantes ont puisé tout leur carbone, était plus riche qu'aujourd'hui en acide carbonique, la masse de houille accumulée dans le terrain houiller dépassant un certain nombre de fois la quantité de carbone contenu actuellement dans l'atmosphère terrestre.

(1) *Revue des Deux Mondes*, 1882, livre du 1^{er} décembre.

Stigmaria autonomes.

Grand'Eury.-Recherches géobotaniques sur les sols fossiles de végétation.

PLX

Fig. 1.

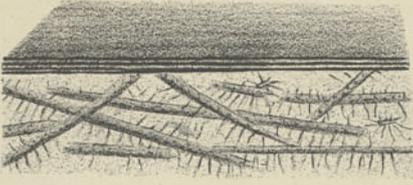


Fig. 2.

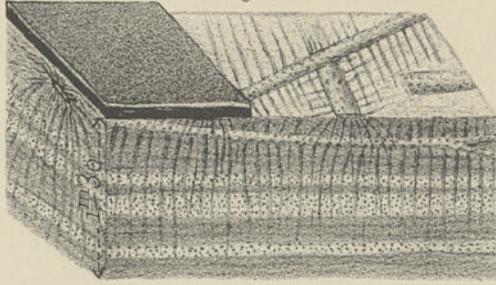


Fig. 3.

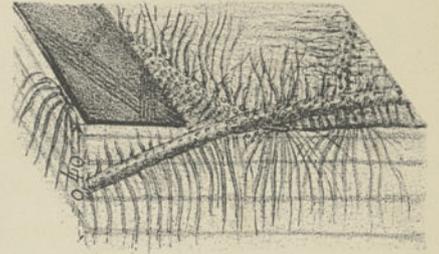


Fig. 7.

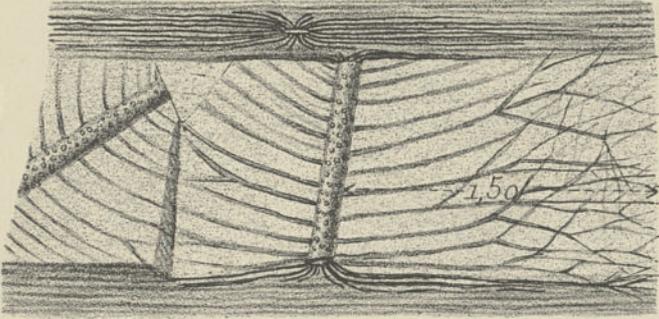


Fig. 9.

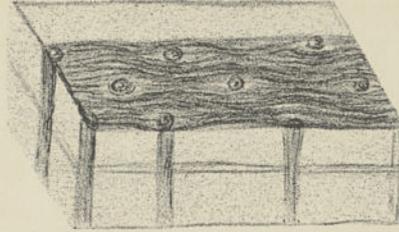


Fig. 4.

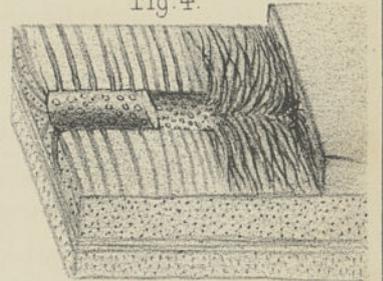


Fig. 5 - Matallana.

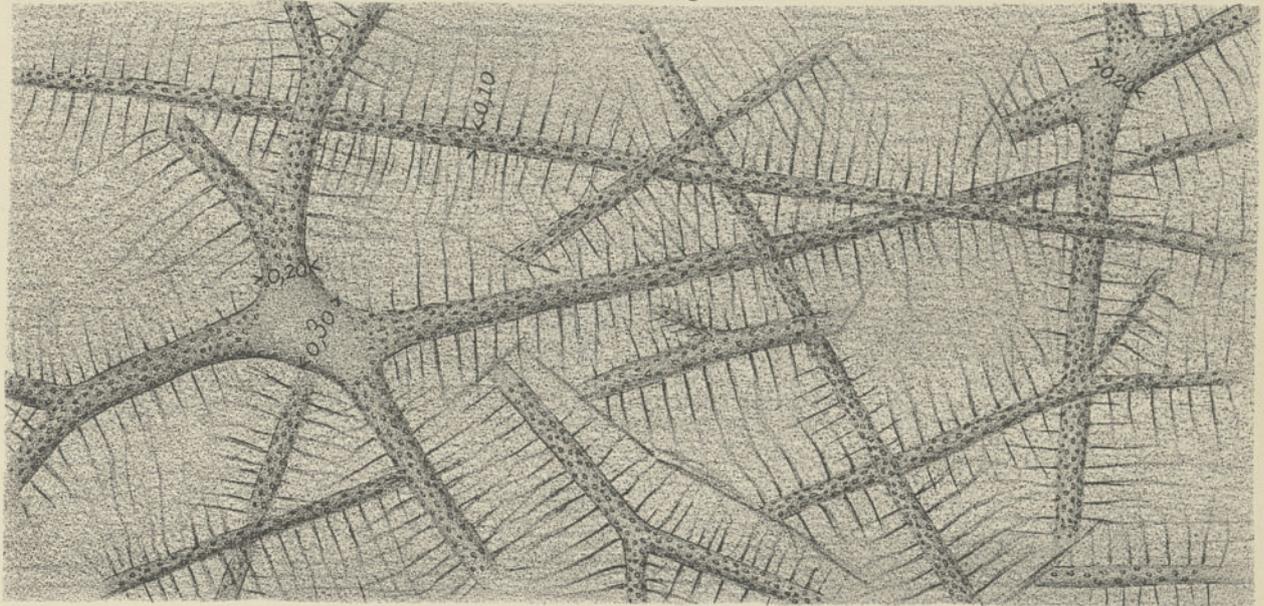


Fig. 10.

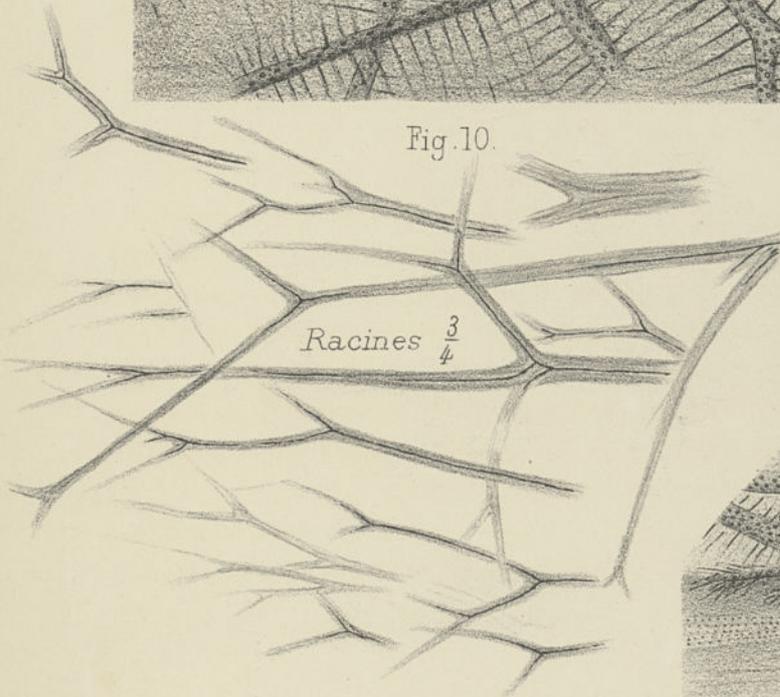


Fig. 8.

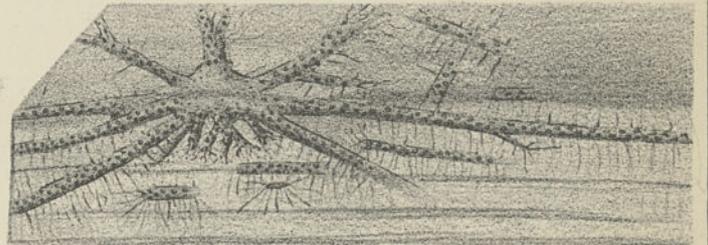


Fig. 6.



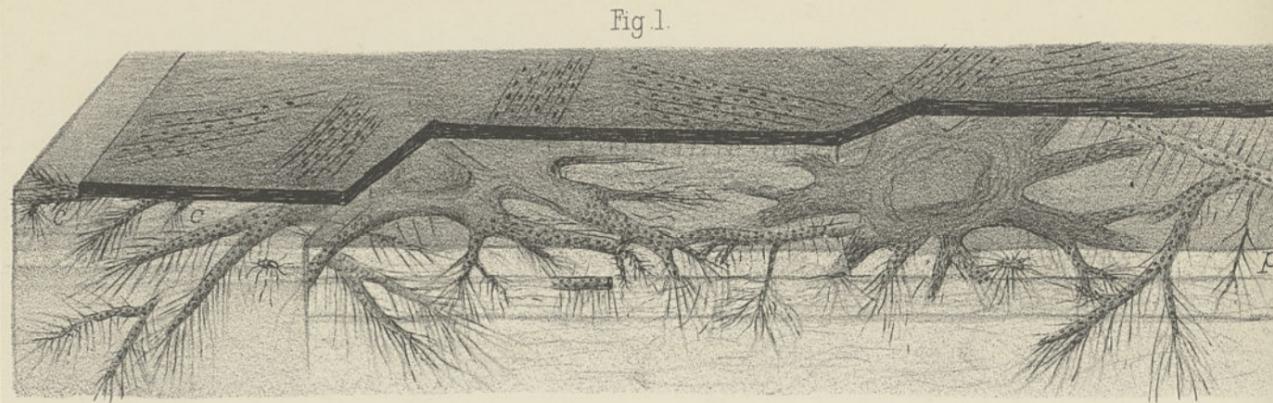


Fig. 1.

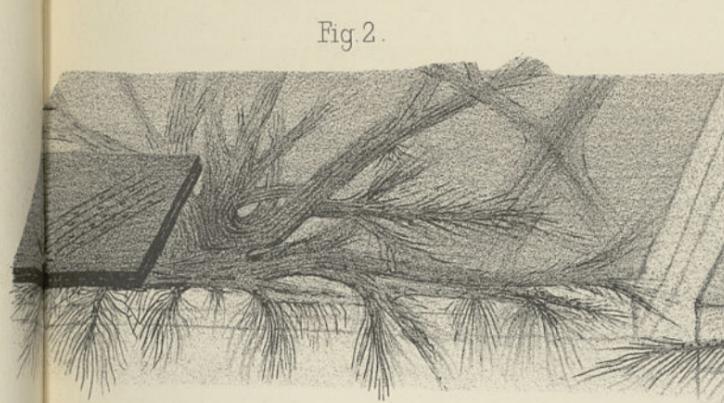


Fig. 2.

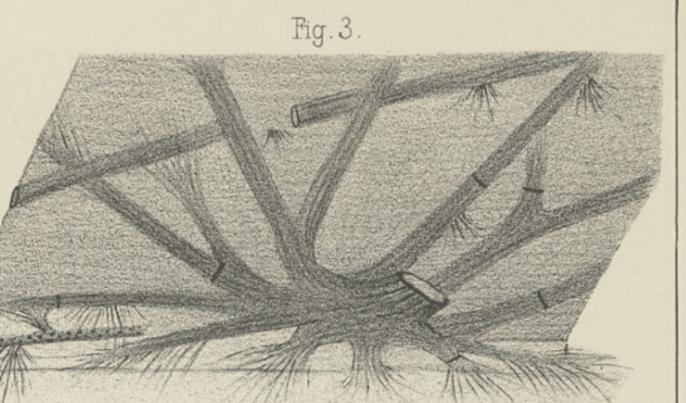


Fig. 3.

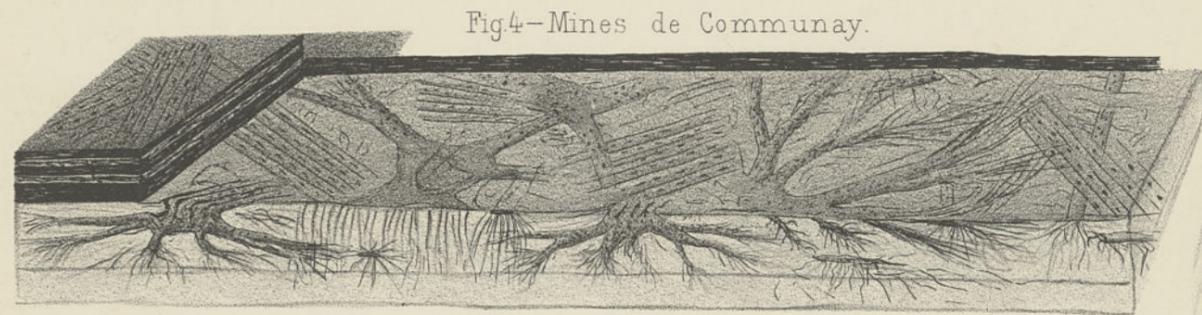


Fig. 4 - Mines de Communay.

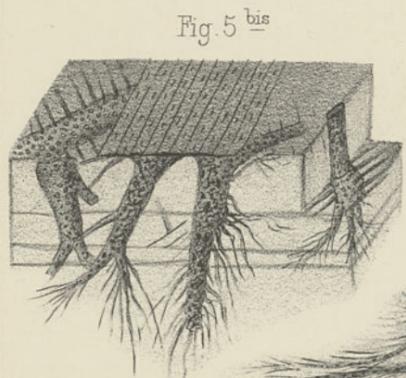


Fig. 5 bis

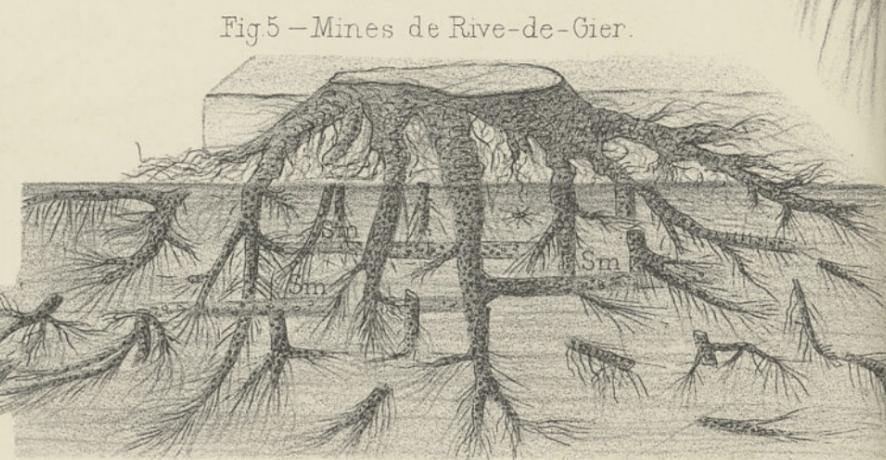


Fig. 5 - Mines de Rive-de-Gier.

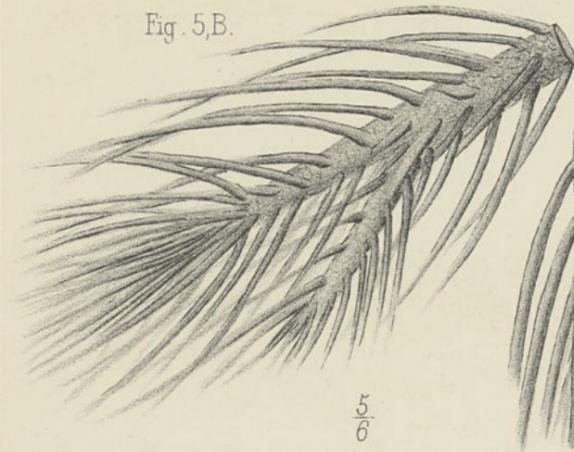


Fig. 5.B.

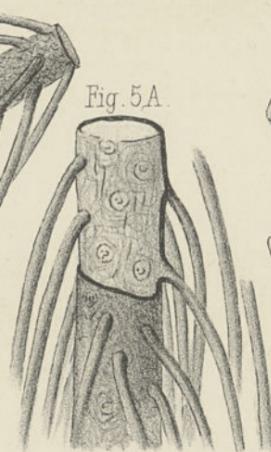


Fig. 5A

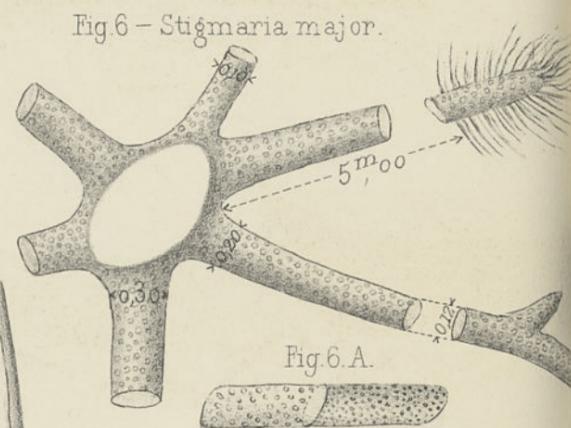
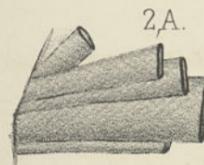


Fig. 6 - Stigmaria major.

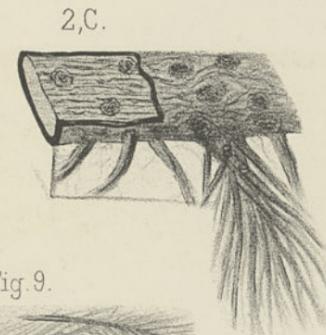
Fig. 6.A.



Fig. 9.



2A.



2,C.

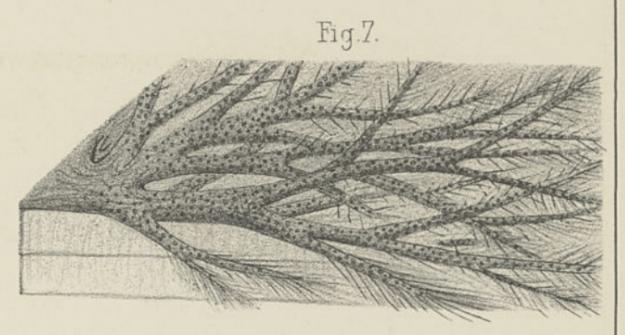


Fig. 7.

Fig. 8 - Mines de S^t Jean de Valérisole.

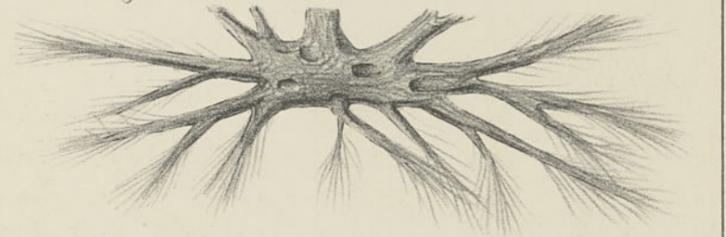


Fig. 10 - Mur de la 2^e de Gagnières

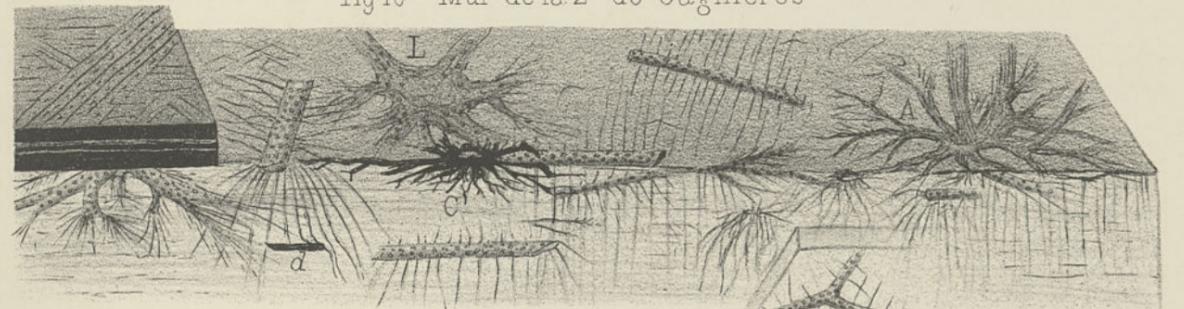


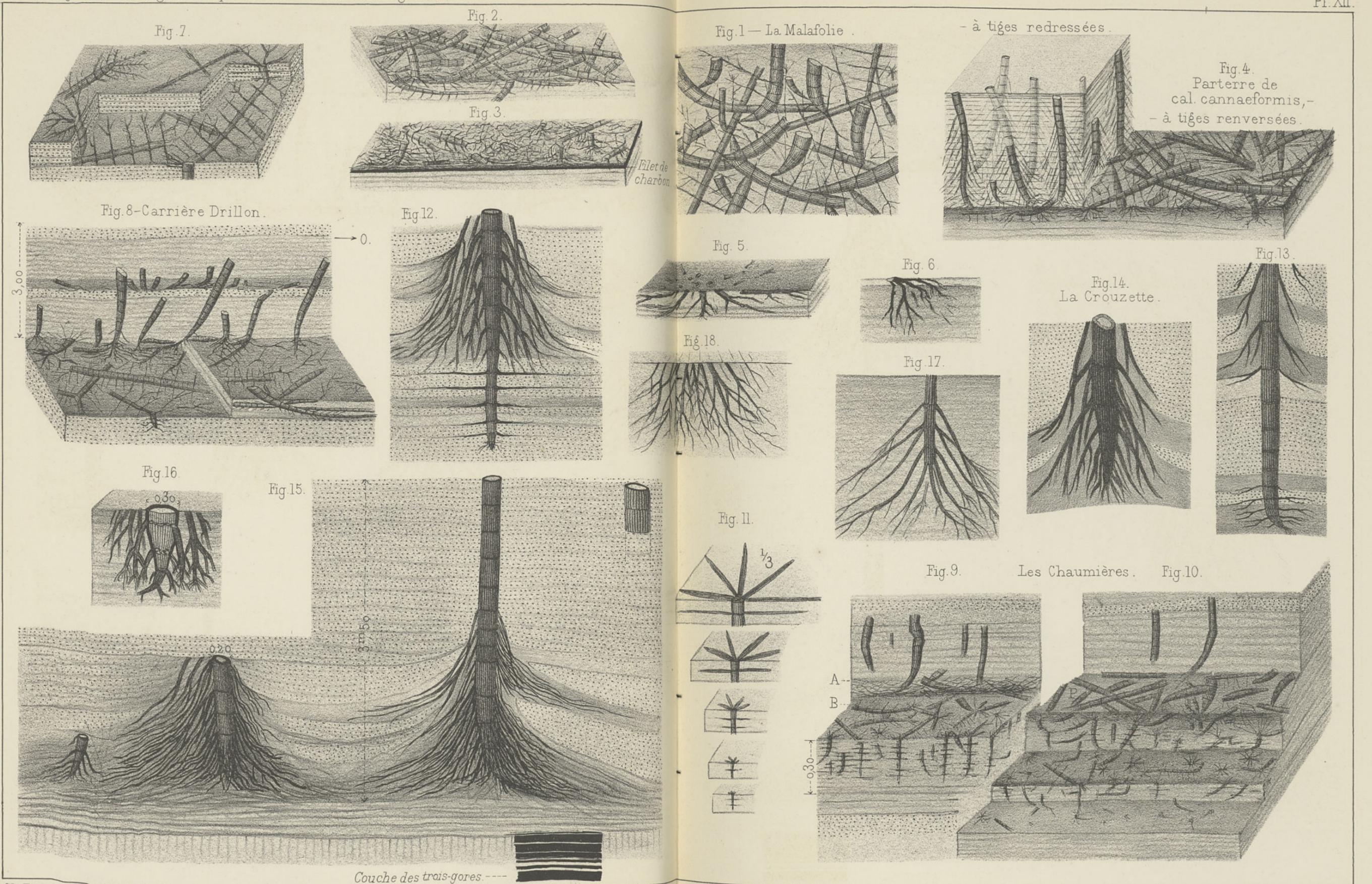
Fig. 11 - Mur de la Bâtarde.



Sols fossiles et enracinement des Calamariées.

Grand'Eury - Recherches géobotaniques sur les sols fossiles de végétation.

Pl. XII.



Racines des Calamariées.

Grand'Eury - Recherches géobotaniques sur les sols fossiles de végétation.

Pl. XI

Fig 1.



Fig 2.



Fig 3.

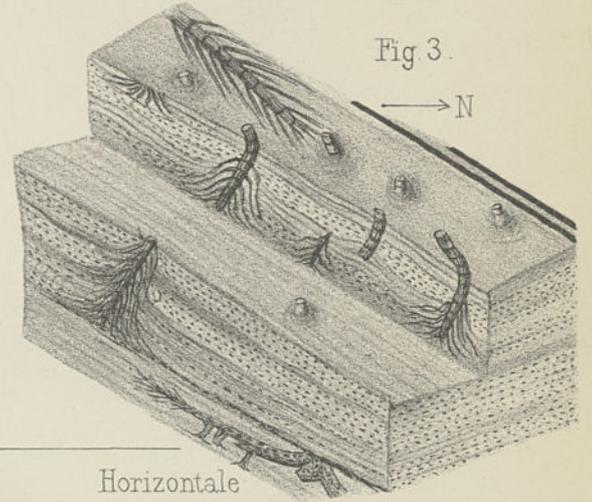


Fig 6 - Calamites cruciatus.



Horizontale

Fig 5.

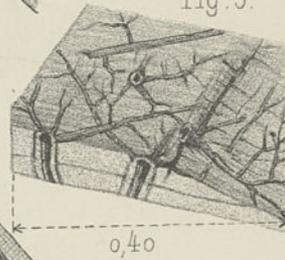


Fig 4.

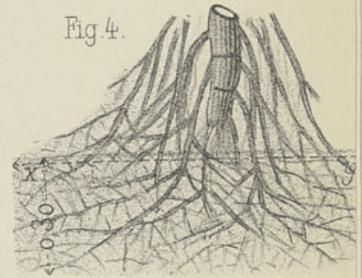


Fig 6.

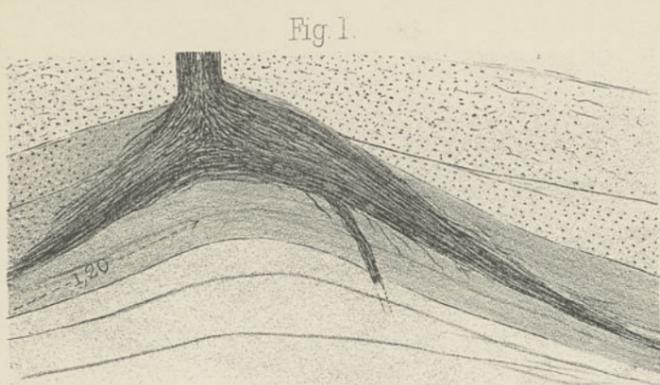


Fig. 1.

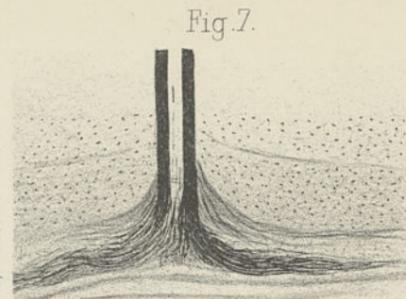


Fig. 3.

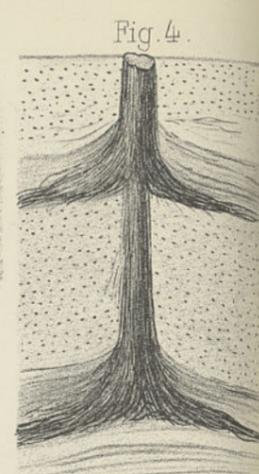


Fig. 4.

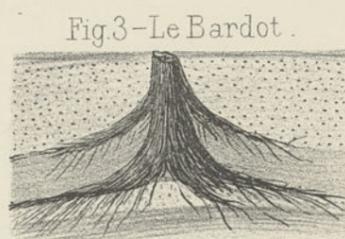


Fig. 3 - Le Bardot.

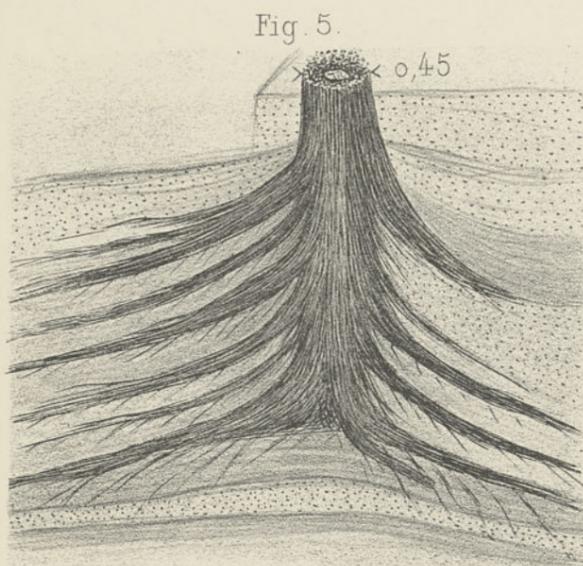


Fig. 5.

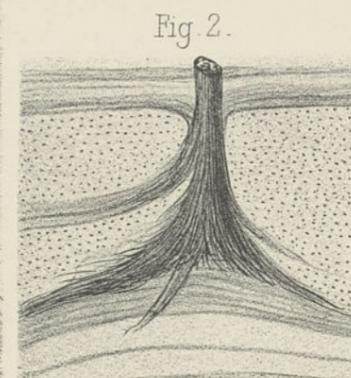


Fig. 2.

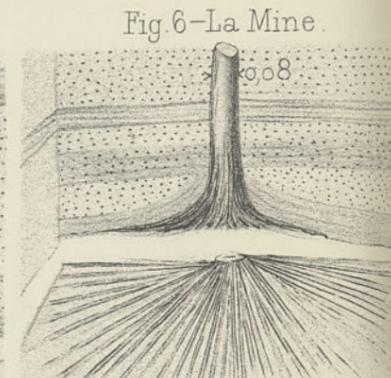


Fig. 6 - La Mine.

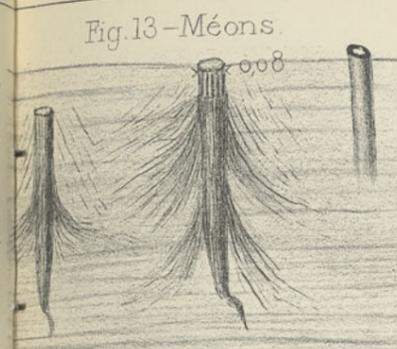


Fig. 13 - Méons.

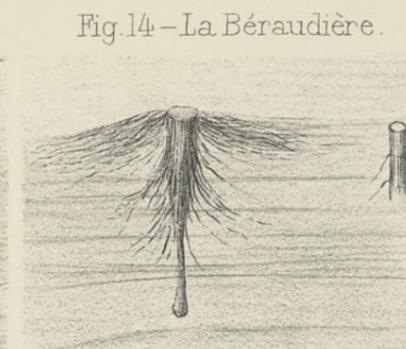


Fig. 14 - La Béraudière.

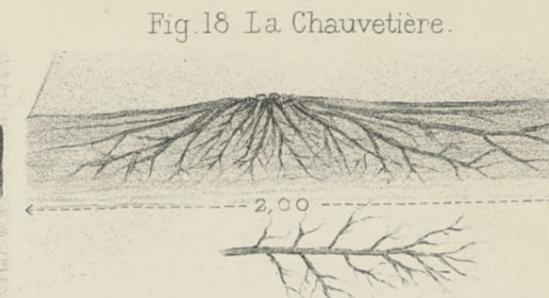


Fig. 18 La Chauvetière.

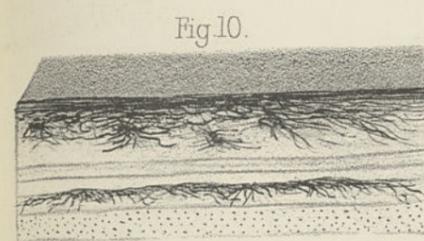


Fig. 10.

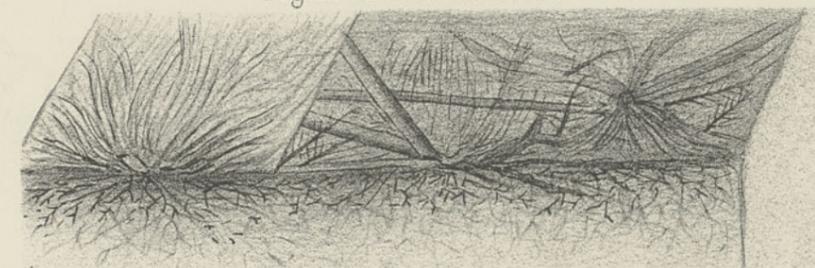


Fig. 15 - Montrambert.

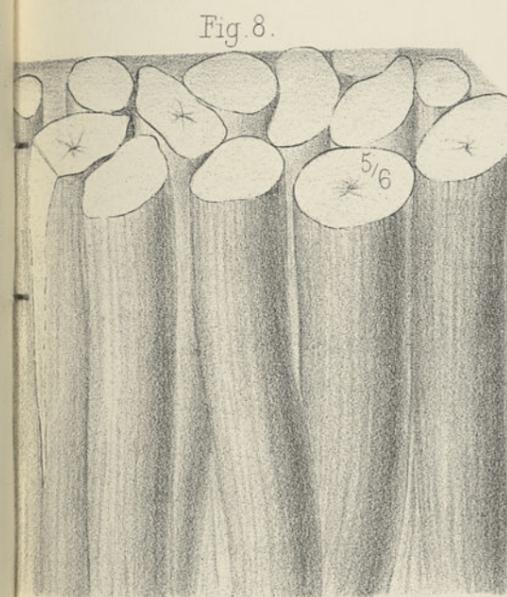


Fig. 8.



Fig. 16 - Mur de la 8ème au Bois-Monzil.

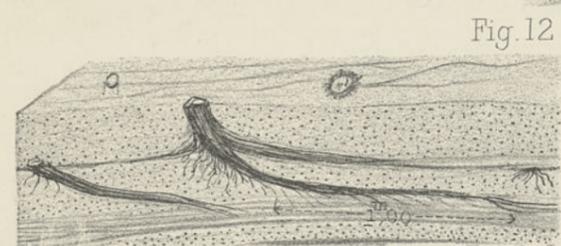


Fig. 12 - L'Eparre.

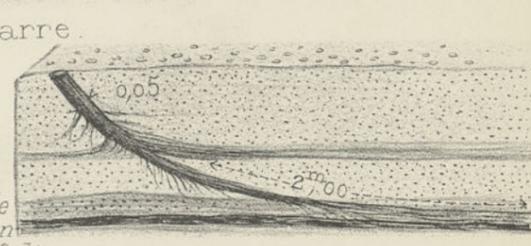


Fig. 9 - La Malafolie.

Blet de charbon



L'Eparre

Le Cros

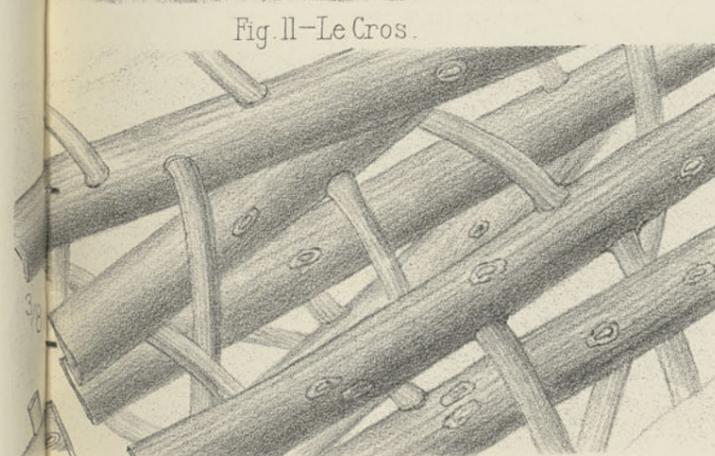


Fig. 11 - Le Cros.

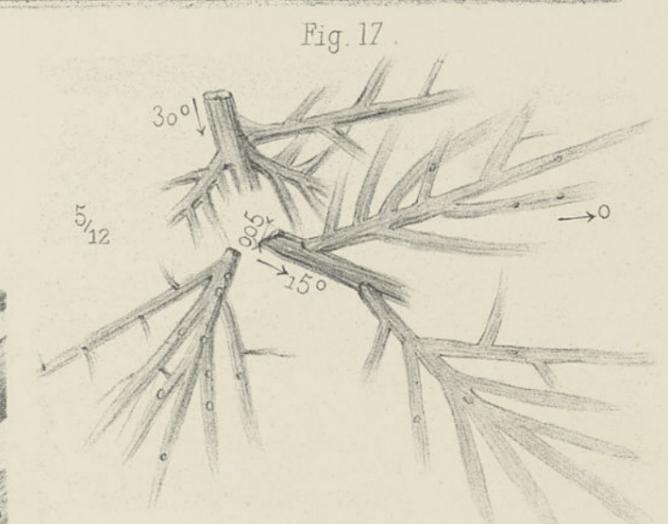


Fig. 17.



Fig. 19.

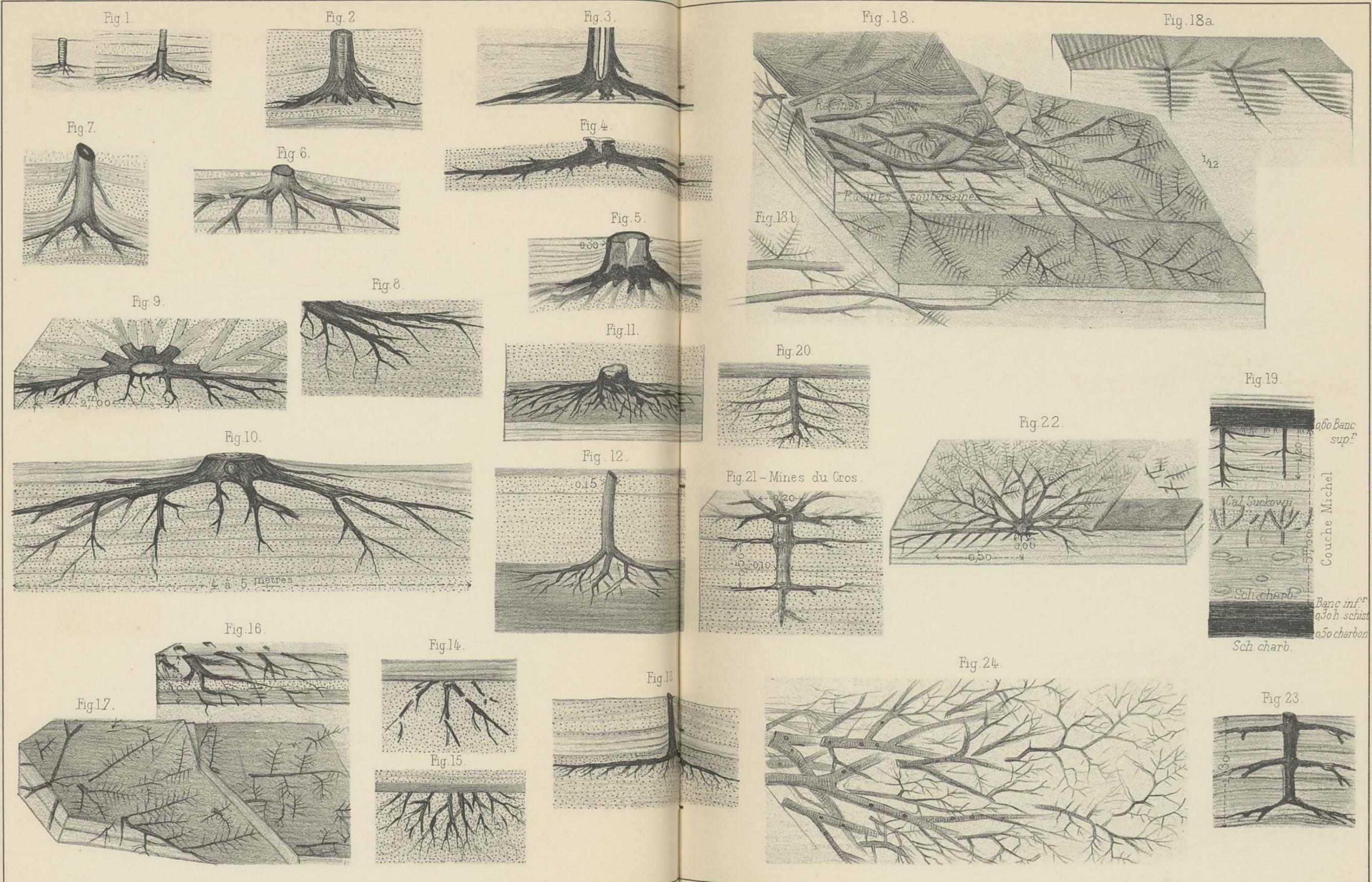


Fig. 1.



Fig. 2.

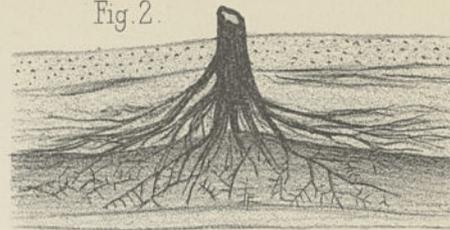


Fig. 4.

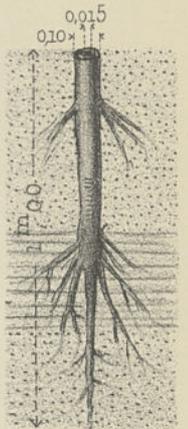


Fig. 8.



Fig. 3.

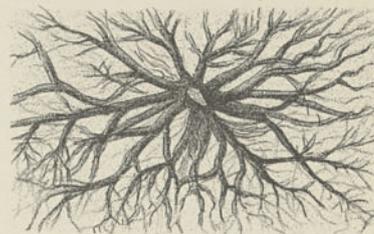


Fig. 7.

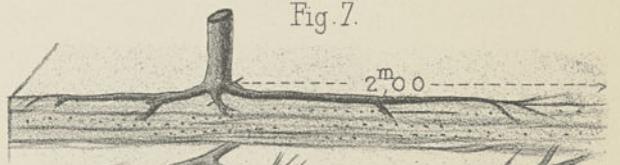


Fig. 9.

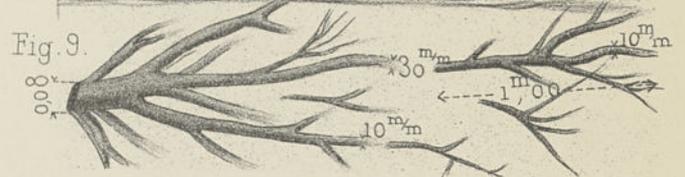


Fig. 5.

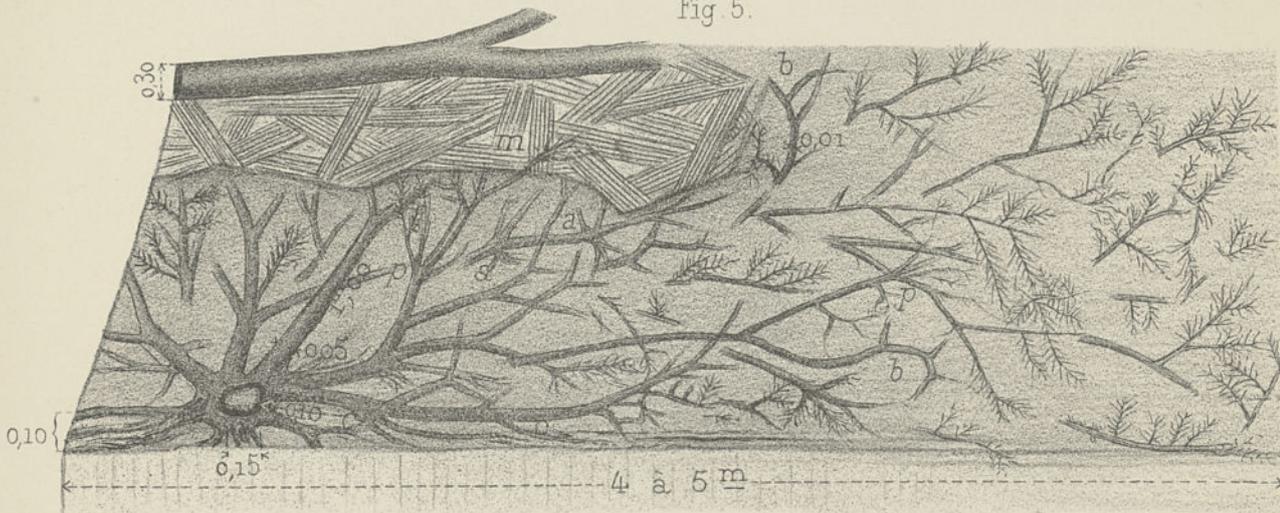
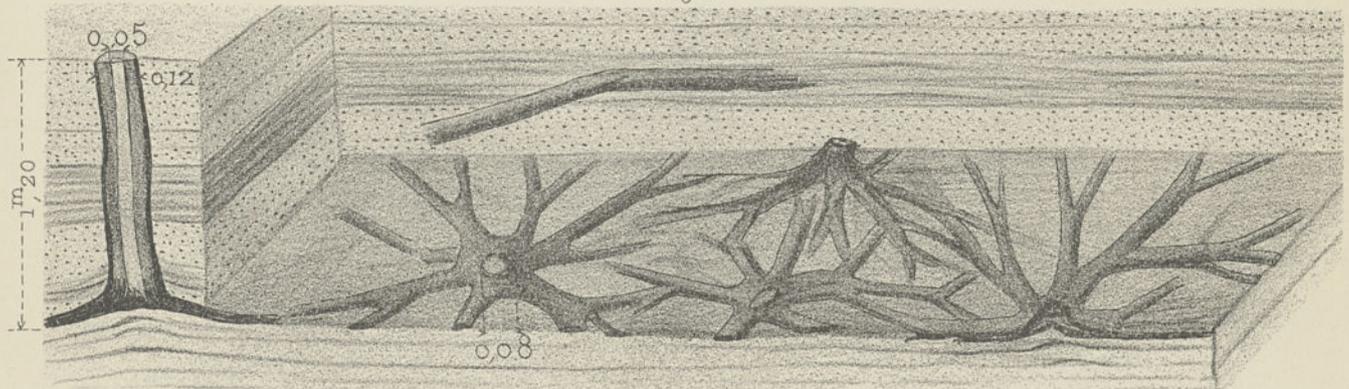


Fig. 6.



Grand'Eury-Recherches géobotaniques sur les sols fossiles de végétation.

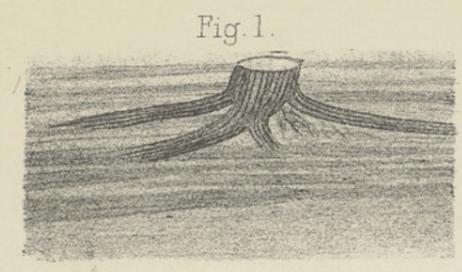


Fig. 1.

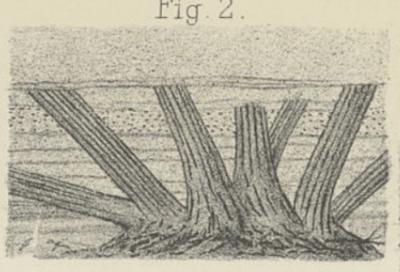


Fig. 2.

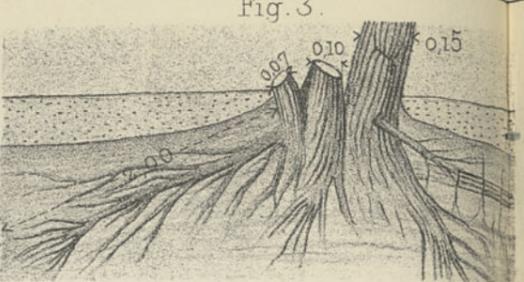


Fig. 3.

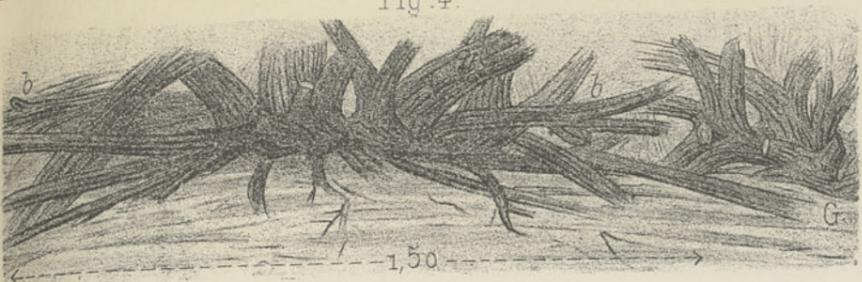


Fig. 4.

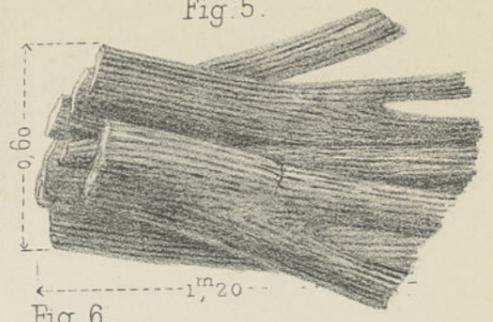


Fig. 5.



Fig. 7.

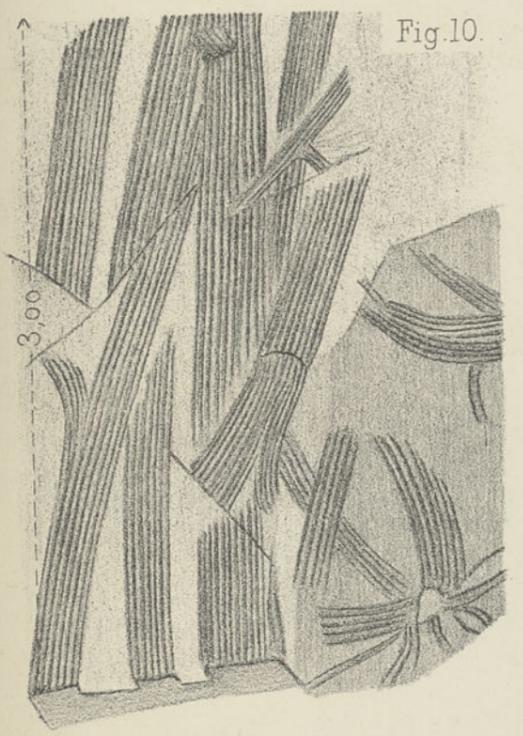


Fig. 10.

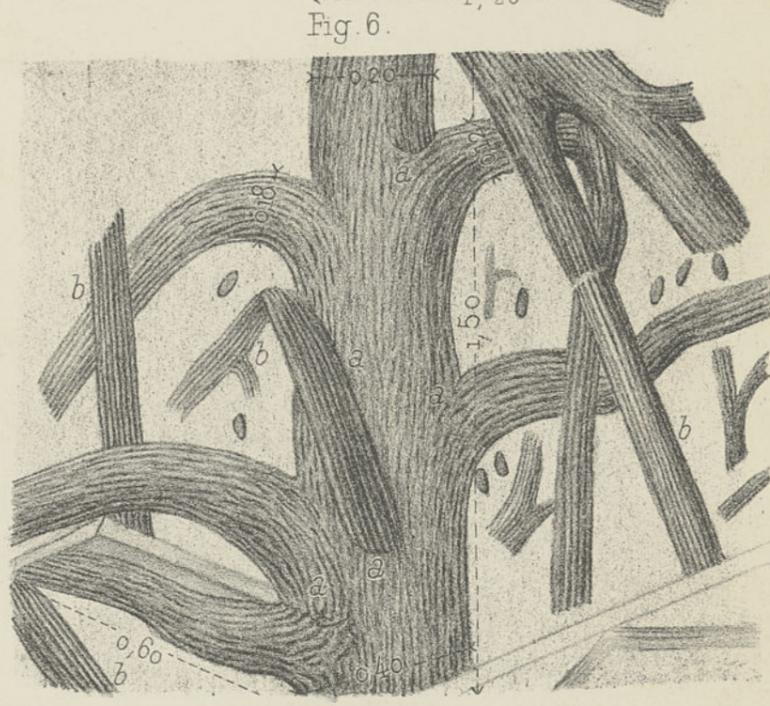


Fig. 6.



Fig. 8.



Fig. 11.

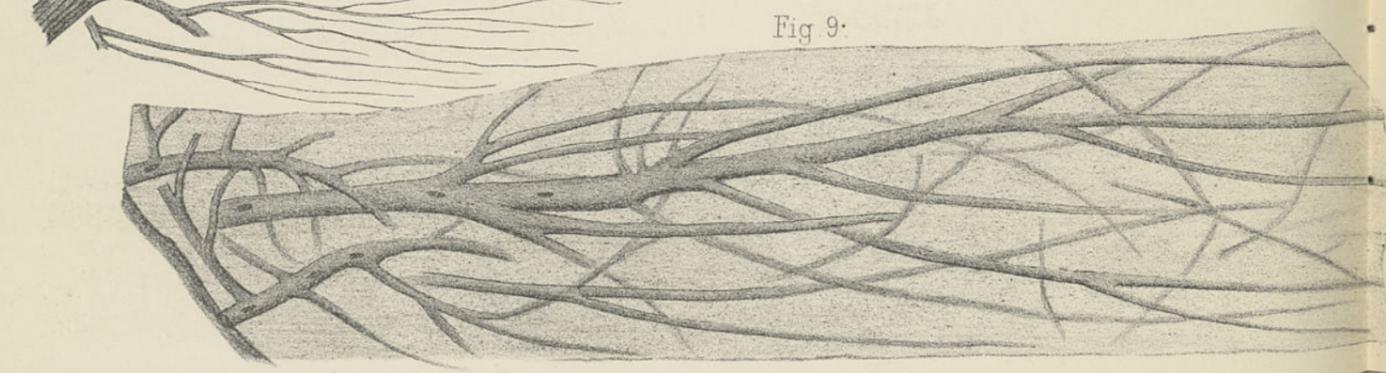
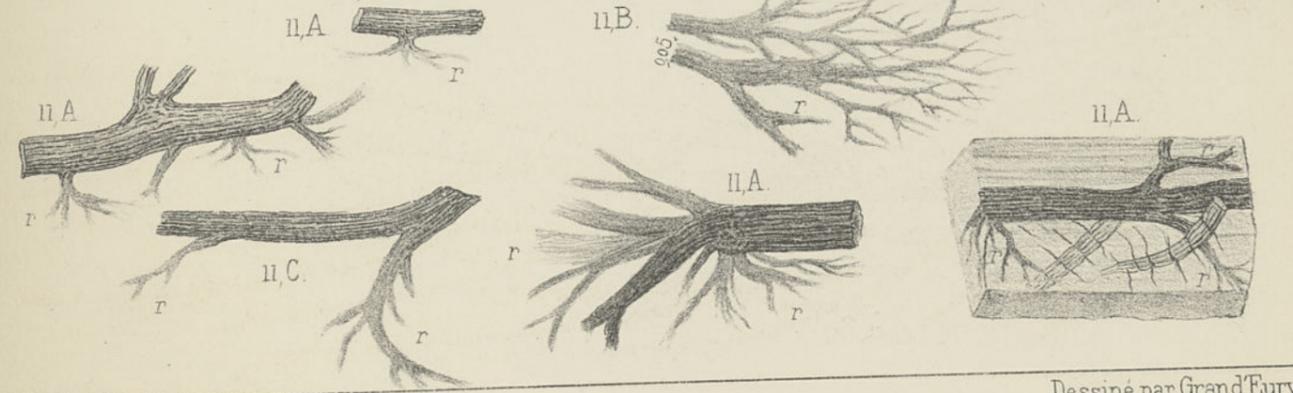


Fig. 9.



Dessiné par Grand'Eury.

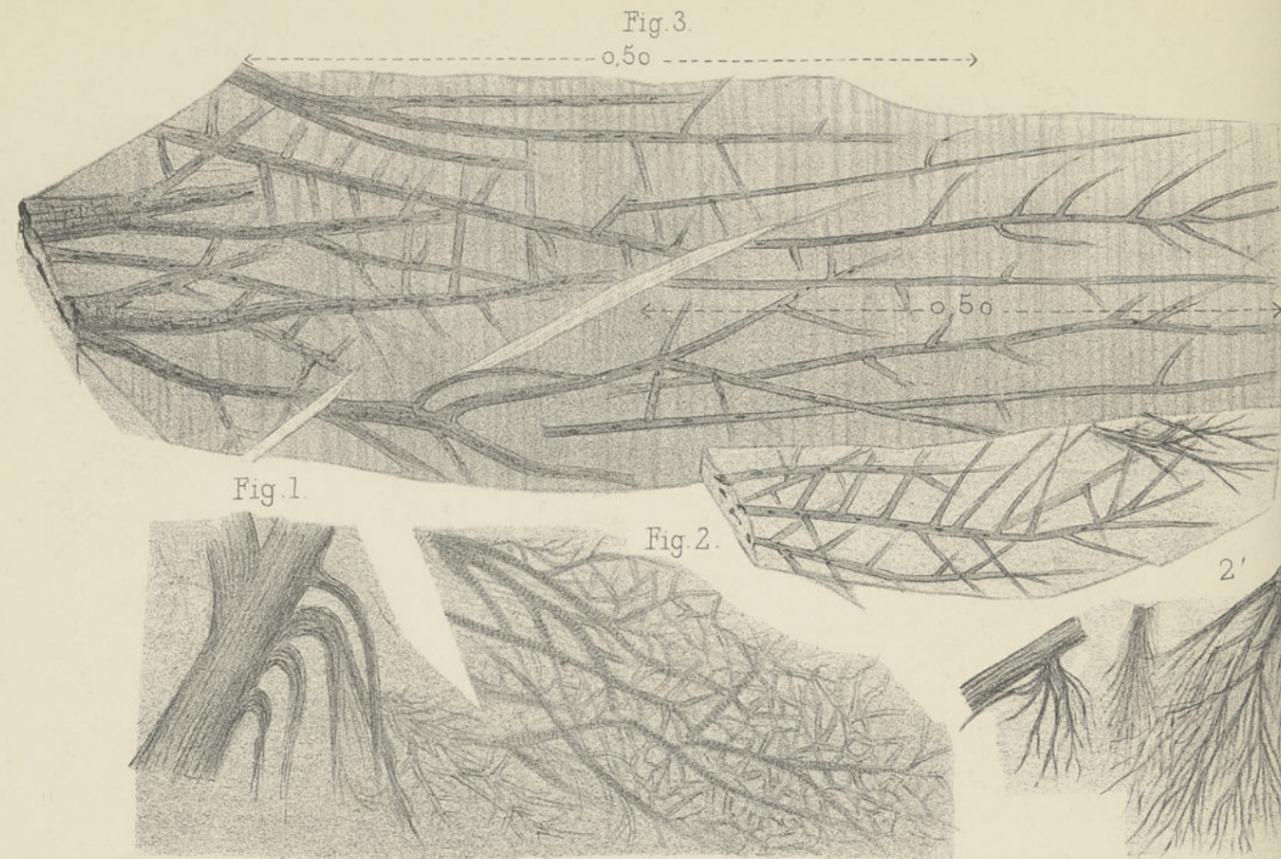


Fig. 1.

Fig. 2.

2'

Fig. 4.



1/4

1/4

Fig. 5.

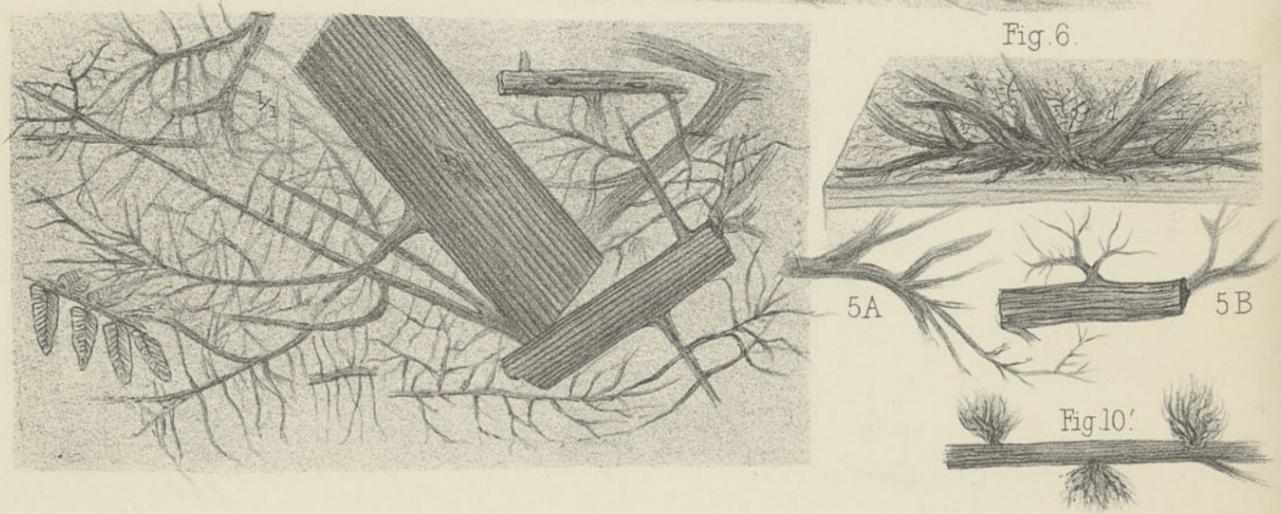


Fig. 6.

5A

5B

Fig 10'

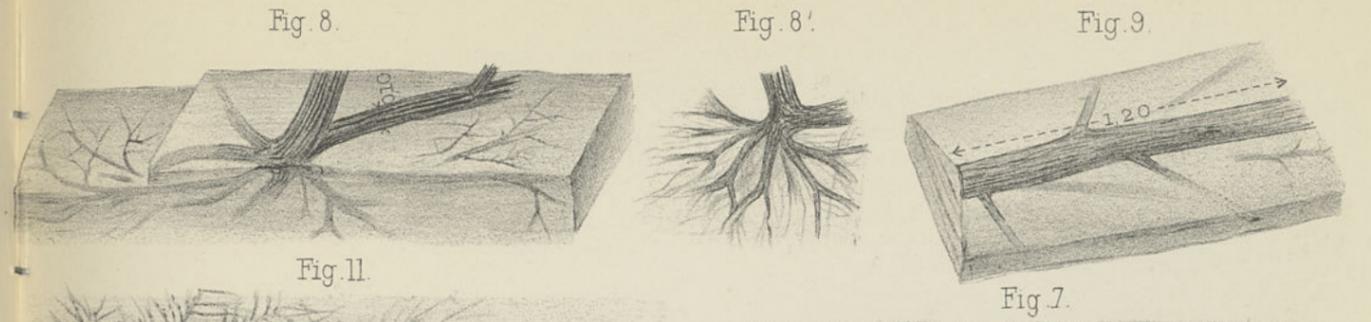


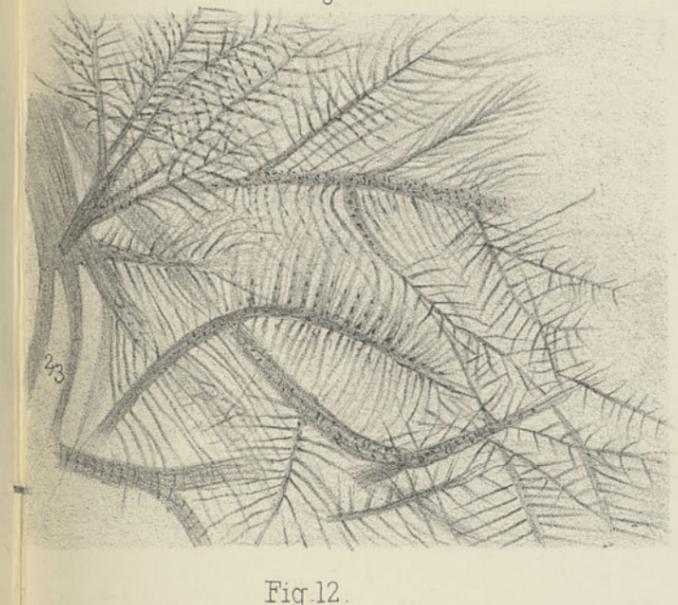
Fig. 8.

Fig. 8'.

Fig. 9.

Fig. 11.

Fig. 7.



2/3

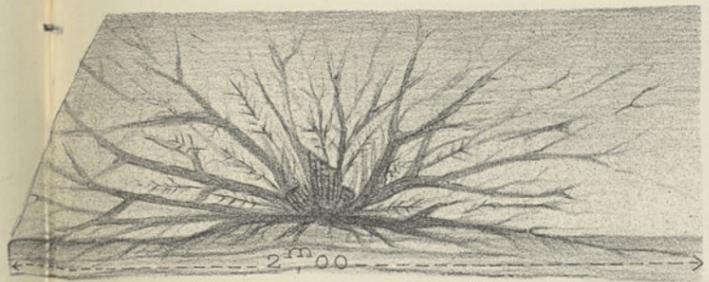
Fig. 12.



2/3

Fig. 14.

Fig. 13.



2m00

Fig. 10.



Détails



1m50

Sols de végétation en rapport avec la houille.

Grand'Eury—Recherches géobotaniques sur les sols fossiles de végétation.

Pl. XIX

Fig. 1.

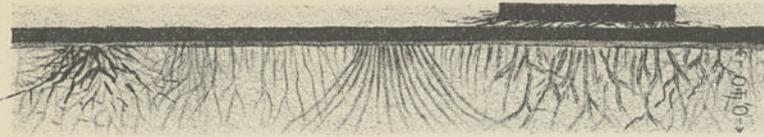


Fig. 2.



Fig. 3.

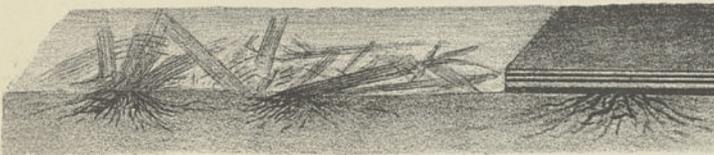


Fig. 8.

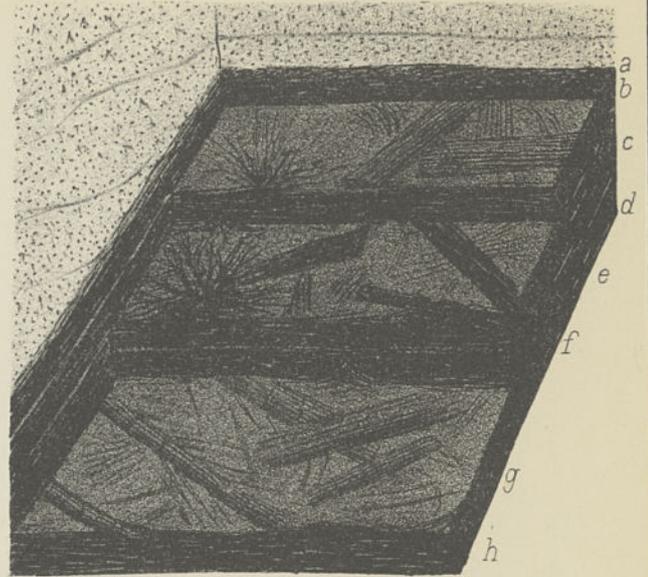


Fig. 4.



Fig. 7.

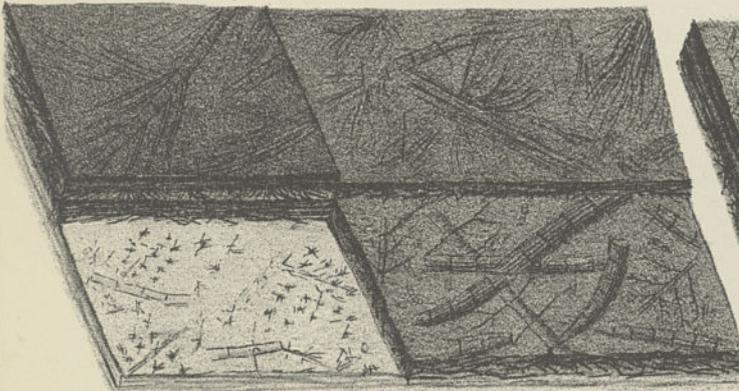


Fig. 6.



Fig. 9.

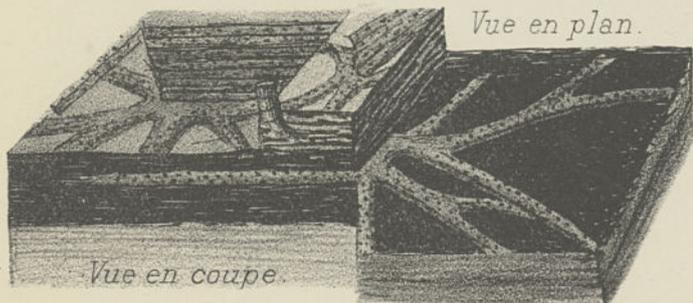


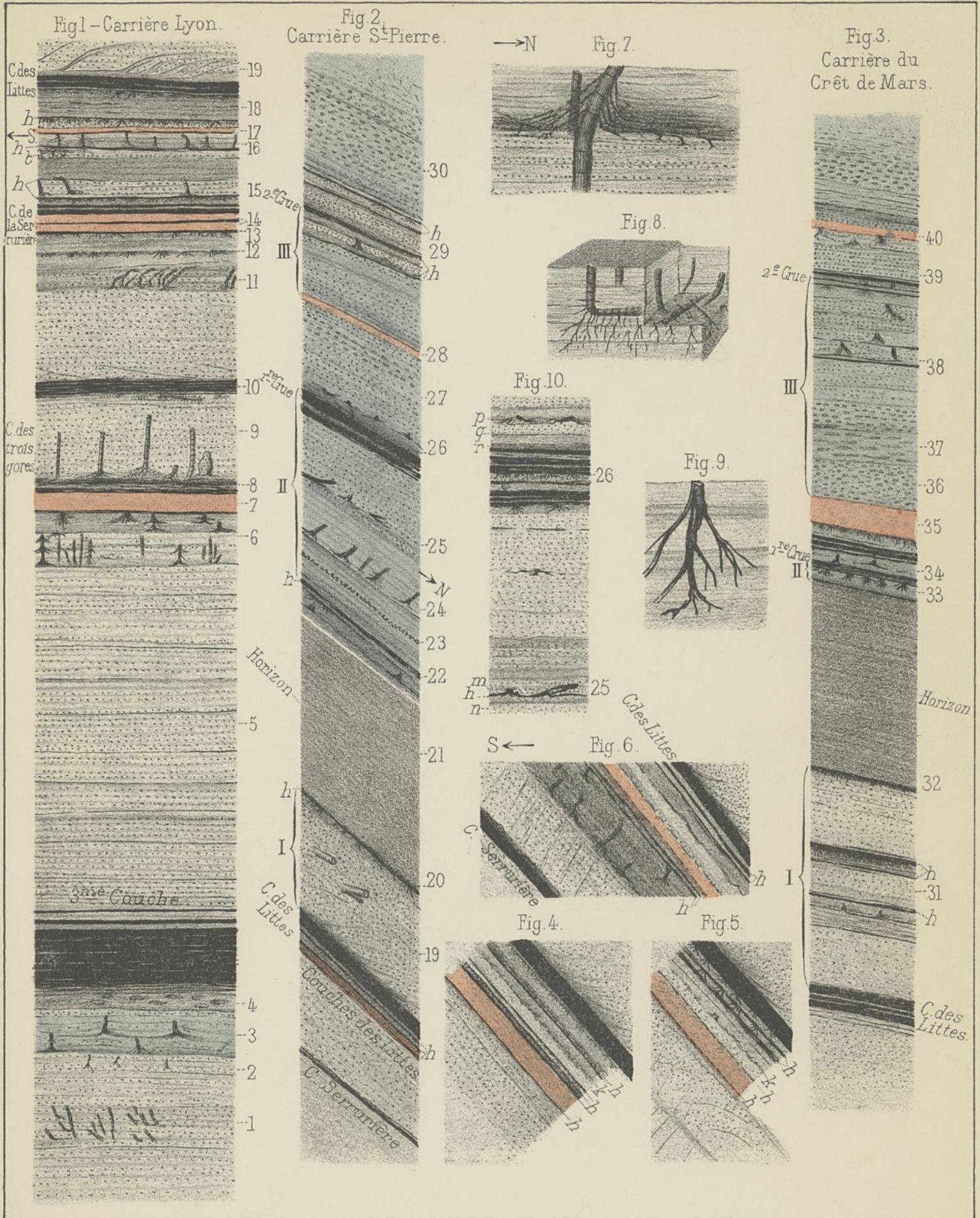
Fig. 5.



Couches géobotaniques d'un système de couches de houille.

Grand'Eury-Recherches géobotaniques sur les sols fossiles de végétation.

Pl. XX.



Ch Béranger, Editeur Paris.

Dessiné par Grand'Eury