

769.079.5

MÉMOIRES

de la

SOCIÉTÉ DES SCIENCES

DE NANCY

— Fondée en 1828 —

Année 1931



NANCY
SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES
1931

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES

DE NANCY

ROBERT WHITCOMB KARPINSKI

A. B. University of Michigan
Ingénieur Géologue. — Université de Nancy
Docteur ès-Sciences. — Université de Nancy

Contribution à l'Étude métallogénique
des Vosges méridionales

(Vallées du Rahin, de l'Oignon, du Breuchin, du Raddon)

PREMIÈRE PARTIE

PRÉFACE

Ce n'est que dans ces dernières années que fut abordée l'étude des Vosges au point de vue métallogénique; en présentant cette thèse, je n'ai donc voulu que pousser plus avant la mise au point des connaissances de cette branche de la science.

C'est sur les conseils de M. le Professeur FALLOT et de M. THIÉBAUT que j'ai adopté comme sujet l'étude de la région au sud des Vosges, à l'ouest de la vallée de Giromagny, dont l'examen avait déjà été commencé.

Mon but aura été atteint si cet ouvrage jette quelque clarté nouvelle et coordonne les connaissances acquises sur les gisements métalliques, ainsi que sur la géologie générale du secteur compris entre Plancher-les-Mines et Saint-Bresson.

Mais avant d'entamer ce travail, il me reste un devoir de reconnaissance à remplir, et c'est avec un réel plaisir que je le fais.

Ma gratitude reste acquise à M. le Professeur P. FALLOT, Directeur de l'Institut de Géologie, qui a bien voulu me consacrer, sur le terrain et dans son laboratoire, de longs moments de son temps précieux, et ma respectueuse admiration à Madame Robert DAVIS fondatrice de la bourse « Edouard de Billy » pour les étudiants américains à l'Université de Nancy, en mémoire de son mari décédé peu après son retour des Etats-Unis, où il avait puissamment contribué au succès de la mission Tardieu.

J'adresse aussi l'expression de ma reconnaissance à M. THIÉBAUT, chargé de cours à l'Institut de Géologie et à l'Ecole des Mines, dont la grande connaissance des gisements métalliques m'a toujours été précieuse, et qui n'a jamais cessé de s'intéresser aux progrès de cette étude.

M. le Professeur LACROIX, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, a bien voulu examiner avec moi quelques-unes des roches dont l'étude était la plus délicate. Je le prie de croire à ma respectueuse gratitude.

M. le général BELLOT, Directeur du Service Géographique de l'Armée, a eu la grande obligeance de m'autoriser à utiliser comme base d'impression pour la publication de mes levées géologiques la carte de l'Etat-Major au 1/20.000^e.

Je veux aussi remercier pour l'intérêt qu'ils ont bien voulu me témoigner durant mes recherches, M. le Doyen PETIT et les Professeurs JOLY, DE LAPPARENT, JUNG et LONGCHAMBON; M. le Professeur Albert MICHEL-LÉVY, qui m'a expliqué certains détails de la pétrographie des Vosges; Mme JÉRÉMINE, qui m'a aidé dans mon étude pétrographique.

La Société des Sciences de Nancy a bien voulu honorer cette étude en la faisant paraître dans son « Bulletin » et en contribuant largement aux frais d'impression. Je lui adresse tous mes remerciements, et ma reconnaissance va particulièrement à son Président, M. SEYOT, Doyen de la Faculté de Pharmacie; à son trésorier, M. GOURY, et à son secrétaire, M. PELTIER.

J'adresse enfin mes remerciements, et non les moindres, à MM. CORROY et CHEVALIER.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

PRÉFACE	IV
INTRODUCTION A L'ÉTUDE DE LA GÉOLOGIE.....	1
Données Générales sur la Géologie et l'Orographie des Vosges Méridionales.....	3
Orographie. — Hautes-Vosges.....	4
Basses-Vosges.....	5
DÉVONIEN. — Stratigraphie.....	4
Question de la formation des roches basiques.....	6
TOURNAISIEN. — Distribution.....	7
Pétrographie.....	8
Morphologie.....	8
VISÉEN. — Stratigraphie.....	8
Liste des roches trouvées dans cette formation.....	11
Arkose.....	11
Conglomérat.....	12
Schiste.....	14
PERMIEN.....	15
TRIAS.....	16
QUARTERNAIRE.....	17
ROCHES. — Ignées.....	19
LE GRANITE ET LES ROCHES ASSOCIÉES.....	19
Granite à amphibole des ballons.....	20
Monzonite.....	21
Microgranite (en bordure de G. à amphibole).....	22
Granite gris porphyroïde.....	24
Minette.....	24
ORIGINE DES GRANITES.....	25
ROCHES SE TROUVANT DANS LA ZONE DU VISÉEN ET DU TOURNAISIEN.	27
VISÉEN. — Hypabyssa]	
Granophyre.....	27
Granophyre-brèche.....	27
Orthophyre-brèche.....	28
Volcaniques:	
Rhyolite-brèche.....	29
Tufs.....	30
Intrusion dans le Viséen	
Andésite.....	31
Labradorite de Belfahy.....	32
Granophyre.....	33
Microgranite.....	34
TOURNAISIEN. — Dacite.....	34
Diorite.....	35

CHAPITRE III

TECTONIQUE Générale pour l'ensemble des Vosges.....	36
TECTONIQUE Locale.....	38
HISTOIRE GÉOLOGIQUE DES VOSGES.....	40

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE IV

INTRODUCTION A L'ÉTUDE DES GITES.....	41
HISTORIQUE de la région de Plancher-les-Mines.....	43
Les gisements Cupro-Plombo-Zincifères.....	44
a) Gîtes dans les Schistes du Tournaisien	
1. Mont de Vannes.....	47
Position géographique et Géologie générale.....	47
Description du Gisement.....	47
Minéraux.....	48
Remplissage et Genèse.....	50
2. Le Magny de Fresse.....	51
3. Le Combrageot.....	53
4. Le Mont.....	55
b) Gîtes dans le complexe du Viséen.	
1. La Grande Montagne.....	57
2. Le Loury.....	60
La mine du Chêne.....	61
Les Roches.....	62
3. Le Crémillot.....	64
4. La Baisse-de-la-Vache.....	67
5. Après la Croix-du-Choléra.....	69
6. - Pont Petignan.....	70
c) Dans la Monzonite.	
1. Pont Piron.....	72
d) Dans la Diorite.	
1. Le Baudy.....	75
e) Dans le Granite.	
1. Saint-Bresson.....	77
2. La Vieille-Hutte.....	82
f) Dans le grès du Viséen.	
1. Plancher-les-Mines-Gare. — Etude du Gîte.....	83
Analyse.....	85
Préparation Mécanique.....	85
g) Genèse des Gîtes Cupro-Plombo-Zincifère.....	86
h) Résumé pour les Gîtes de Plomb, Zinc et Cuivre.....	91

CHAPITRE V.

INTRODUCTION aux gîtes de Fer et de Manganèse.	
a) Fer. — 1. Servance.....	93
2. L'Envers-de-la-Grève.....	98
b) Mn. — 3. Saphoz.....	101
a) La Broche.....	104
4. La Fonderie.....	104
c) Genèse des gîtes de Fer et de Manganèse.....	108
d) Résumé.....	112

CHAPITRE VI.

Gisement Cupro-Molybdifère de Château-Lambert.	
Géographie.....	113
Historique.....	113
Géologie générale.....	115
Pétrographie.....	116
Description du gisement.....	119
Nature du remplissage.....	120

— XI —

Minéralogie du gisement.....	120
Filon Croiseur.....	122
Genèse du gisement.....	123
Classification.....	125
Résumé.....	127
Considérations Economiques.....	128

CHAPITRE VII.

AGE des Filons.....	129
COMPARAISON entre les Vosges et la Forêt-Noire.....	131
QUESTIONS Economiques.....	133
CONCLUSIONS d'ordre géologiques.....	135
CONCLUSIONS d'ordre Métallogénique.....	135
BIBLIOGRAPHIE.....	138

FIGURES

1. Schéma des Vosges Hercyniennes d'après J. JUNG.....	2
2. Schéma montrant les filons: (1) Combrageot, (2) Le Magny de Fresse (3) Mont de Vannes.....	46
3. Schéma montrant le Filon Saint-Bresson.....	78
4. Schéma montrant le Filon de Servance.....	94

HORS-TEXTE

5. Carte Géologique de Plancher-les-Mines à 20.000° avec indications des filons.	
6. Coupe Géologique de la région de Plancher-les-Mines à 40.000°.	
7. Carte Géologique de Château-Lambert à 20.000° avec indications pour les Filons de Château-Lambert et pour le Baudy.	
8. Carte Géologique de Saphoz (Faucogney) avec indication du filon.	

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Depuis très longtemps, divers géologues et ingénieurs ont étudié cette région. GENSANNE, le minéralogiste de Louis XVI, a écrit un livre détaillé sur les gisements connus dans les Vosges, ce qui est très appréciable au point de vue de la localisation des dépôts, de leur teneur, de l'importance des filons et des travaux (37) (1).

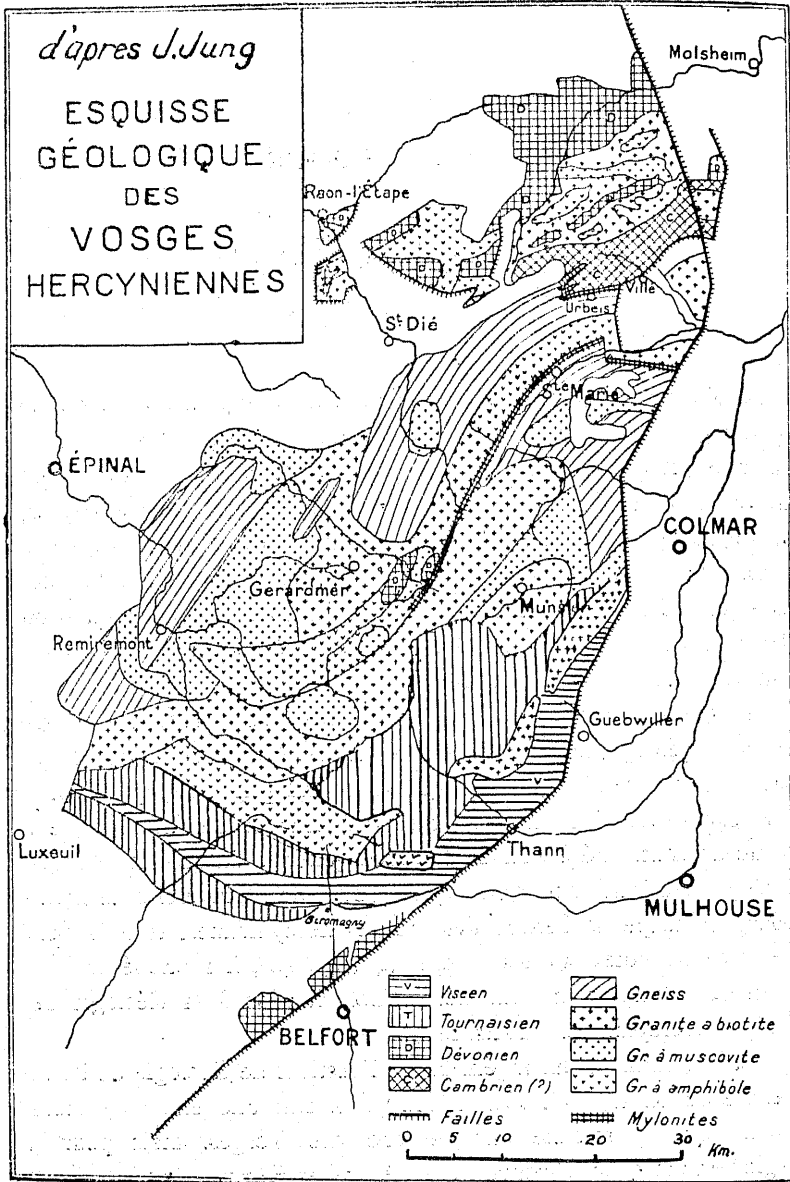
Vers le milieu du XIX^e siècle, DAUBRÉE a fait des recherches dans les Vosges, se spécialisant particulièrement dans la question des gîtes de fer (22, 23). Il s'est borné à l'étude des Vosges dans leur ensemble.

En 1910 et 1911, MM. A. MICHEL-LÉVY et VELAIN ont dressé la carte géologique au 1/80.000^e, feuille Mulhouse-Lure. Ils se sont occupés de la géologie générale, indiquant quelques mines sur leur carte, mais sans s'attarder à leur étude. Cette carte a beaucoup contribué à donner une idée générale du sud des Vosges.

Depuis quelques années, M. Jean JUNG, de l'Université de Strasbourg, s'occupe de l'étude des Vosges hercyniennes, et à la suite de plusieurs notes sur les Vosges (44, 45, 46), il a publié en 1928 sa thèse si importante intitulée « Contribution à la Géologie des Vosges Hercyniennes d'Alsace ».

Tout récemment, un ingénieur de l'Institut de Géologie de l'Université de Nancy, M. Ch. THIRION, a fait une étude de même nature que la mienne dans le sud des Vosges, mais pour la région minière de Giromagny et Auxelles-Haut, à l'est de Plan-

(1) Les numéros renvoient à la bibliographie.



I. Schéma des Vosges Hercyniennes d'après J. JUNG.

cher-les-Mines. Il a défini plusieurs formations éruptives et métamorphiques, et il est parvenu à préciser l'ordre des remplissages et prétend avoir déterminé l'âge des venues (82).

C'est un travail semblable que j'ai entrepris dans la région située à l'ouest d'Auxelles-Haut, dans les vallées du Rahin, de l'Oignon (1), du Breuchin et du Raddon, où paraissent les gisements de plomb, zinc, cuivre, et en plus ceux de fer, manganèse et molybdène. Tous ces gisements sont en relations soit avec le granit, soit avec les roches qui l'entourent.

Je me propose, dans la première partie de ce travail, de préciser les connaissances géologiques sur ces régions pour pouvoir, dans une étude détaillée, en dégager des conclusions utiles et intéressantes quant au rapport existant entre les venues magmatiques, les événements tectoniques et les gîtes métallifères. La deuxième partie traitera des descriptions des gîtes différents qui ont été étudiés, avec une discussion sur la paragenèse, l'origine et l'âge.

L'ensemble des roches dans la région située au sud du massif granitique de Corravillers, Château-Lambert et Saulxures, se trouvant entre Esmoulières et la forêt d'Ullise, est d'âge primaire, avec ici et là une couverture de ces formations par des couches secondaires fortement entamées par l'érosion. Le tout est couvert par endroits par une couche plus ou moins importante de moraine glaciaire et de dépôts récents, alluvions ou terre végétale.

Pour avoir un cadre à cette étude, en plus de la géologie des zones minéralisées, j'ai levé la carte géologique en détail pour une zone de sept kilomètres sur huit dans la région de Plancher-les-Mines, de trois kilomètres sur sept aux environs de Château-Lambert, et de trois kilomètres et demi dans la région de Saphoz, près de Faucogney. (Voir les cartes géologiques.)

DONNÉES GÉNÉRALES SUR LA GÉOLOGIE ET L'OROGRAPHIE DES VOSGES MÉRIDIIONALES

Orographie. — Les montagnes des Vosges et de la Forêt Noire

(1) Sur les cartes géographiques de l'Armée à 10.000^e, 20.000^e, 100.000 on écrit l'Oignon, sur la carte au 320.000^e on écrit Ognon; j'ai adopté Oignon.

forment deux parties d'un massif ancien, coupé à l'époque tertiaire par un « graben » qui donna naissance à la vallée du Rhin.

Le constituant dominant de ces deux massifs est le granite autour duquel se groupent les autres formations. Le contour des Vosges a essentiellement la forme d'un S allongé, présentant au Sud une région principalement cristalline, et au Nord une région où prédominent les sédiments (voir schéma des Vosges, p. 2); c'est à ce fait qu'on doit la séparation en deux divisions physiographiques, les Hautes-Vosges et les Basses-Vosges.

Hautes-Vosges. — Aux endroits où prédominent les roches cristallines, le relief est plutôt arrondi. L'érosion glaciaire en est grandement responsable dans les régions dont l'altitude élevée permettrait de s'attendre à trouver des sommets escarpés. Dans les hautes montagnes des Vosges, se rencontrent très fréquemment des cimes érodées en forme de calotte, ce qui leur a valu le nom de « ballons » (ballons de Servance, de Guebwiller, de Rosskopf, etc.).

Basses-Vosges. — Au Nord, dans les Basses-Vosges, les grès ont une importance beaucoup plus considérable. La région intermédiaire est caractérisée par les escarpements abrupts et ruineuses des grès et par les vallées adoucies des roches cristallines.

DEVONIEN

Autour de Belfort affleurent des assises de dévonien, schistes argileux jaunâtres, ayant également des bancs épais de calcaire blanc. C'est le Dévonien supérieur, Famennien, d'après les études récentes de M. E. ASSELBERGHS (1), qui cite les fossiles suivants pour les schistes du niveau de Chagey :

Schuchertella pseudo elegans Gosselet.

Orthis (Dalmanella) interlineata Sowerby.

Orthis (Schizophoris) striatula d'Orbigny.

Camarotoechia cf. triaequalis Gosselet.

Spirifer Verneuxi Murchison.

Actinopteria aff. *Aemiliana* Frech.

Posidonia venusta Munster.

Phacops trimucleus Thomas.

Cyrtosymbole bergica Richter.

M. ASSELBERGHS met cette faune dans le Famennien supérieur.

M. JUNG indique (46, p. 281) que « La masse calcaire sous-jacente pourrait donc représenter soit le Famennien inférieur, soit le Frasnien, soit les deux à la fois ».

Entre les sédiments d'âge Dévonien et ceux d'âge Carbonifère inférieur, on ne peut faire de distinction qu'en utilisant des différences lithologiques. Comme on verra dans la suite, on arrive à attribuer l'âge Tournaisien à des schistes de la région, Belonchamp à Plancher-les-Mines, par interpolation.

Dans la région qui intéresse cette étude, il n'y a pas d'affleurements de roches sédimentaires attribuées au Dévonien. Mais M. Alb. MICHEL-LÉVY a attribué les formations de roches vertes, diorites, diabases, et autres rochers basiques au Nord, vers le massif de granite, à une altération des formations du Dévonien en roches cristallines, par métamorphisme résultant de l'activité exomorphique du magma gratinique. Il base ses arguments sur l'analogie qui existe entre cette région et des régions semblables dans le Morvan et dans les Pyrénées, où ce procédé a été nettement démontré par des travaux (1, 2).

En partant de cette idée, particulièrement en ce qui concerne la partie de leur affleurement en Alsace, M. Jung remarque (46, p. 302) :

« L'examen de la carte fait voir que ces roches vertes viennent se coincer dans la région de Mollau. Si véritablement elles représentaient des calcaires dévoniens métamorphiques il faudrait que nous trouvions sur leur prolongement des sédiments dévoniens non calcaires, des grès et des schistes, que nous pourrions distinguer de ceux qui prolongent les albiphyres Tournaisiens. Même à supposer que l'anticlinal dévonien des roches vertes s'envoie en profondeur aux environs de la vallée de Thur, il faudrait encore trouver sur son prolongement des sédiments plus anciens que de part et d'autre. Or tel n'est point le cas. »

« La coupe de la vallée de Thur ne montre sur l'alignement des roches

(1) Aug. Michel LEVY « Les schistes micacés de Saint-Léon, Allier; *Bull. Soc. Géol. Fr.*, série 3, t. XI, 1881, p. 181.

(2) A. LACROIX « Les Granites des Pyrénées » *Bull. Service Géol.*, X no 64, 1898 et XI 71, 1900.

vertes aucune apparence d'anticlinal; ni la structure, ni la composition lithologique n'en offrent d'indice. Les sédiments qui sont dans les prolongements des albitophyres (marqués microgranites sur la carte de Plancher-les-Mines) sont les mêmes que dans le prolongement des diabases. »

« A cela s'ajoute un argument positif; il est donné par la présence dans les schistes noirs fissiles, visibles entre Viller et Moosch, d'intercalations de diabase grenue semblables aux roches vertes massives dont il vient d'être question. Ces diabases intercalées dans le Culm de Viller sont certainement d'origine intrusive, elles ne jalonnent nullement des anticlinaux. On ne peut absolument pas les considérer comme du Dénovien métamorphique. »

On voit que M. Jung écarte positivement l'idée de M. Alb. Michel-Lévy en ce qui concerne la partie alsacienne des Vosges pour la formation des roches vertes par voie de métamorphisme exomorphique sur les masses de calcaire Dévonien.

A l'ouest de la région où M. JUNG a travaillé, les formations de roches vertes disparaissent sous une couverture de roches secondaires, Grès vosgien et Grès bigarré du Trias. (Vers Breuchotte, Saint-Bresson et Val-d'Ajol.)

Près d'Aillewillers, au nord-est de notre région, le granite à amphibole des ballons disparaît, mais les assises pouvant représenter le Dévonien, si elles existent, sont cachées par les formations de Grès bigarré, de Muschelkalk, de Keuper et les alluvions anciennes et récentes.

C'est donc seulement en Alsace qu'on peut poursuivre les zones de roches vertes et d'albitophyres jusqu'à l'endroit où l'influence du massif granitique ne doit plus se faire sentir.

Dans les environs de Belonchamp, on remarque sur la carte géologique de Lure et Mulhouse des bandes de diabase puissantes, pouvant atteindre quatre ou cinq kilomètres de longueur et huit cents mètres de largeur, dans les schistes du Tournaisien. On peut difficilement admettre ici que les roches vertes se sont produites par suite d'activité exomorphique du massif granitique, qui se trouve à huit kilomètres au Nord, quand les roches encaissantes ne montrent pas l'influence de ce métamorphisme. Il est donc probable que même M. Alb. MICHEL-LÉVY fait appel aux intrusions pour expliquer l'origine de ces roches.

De plus, si ces roches vertes résultent du métamorphisme des calcaires, on devrait voir tout de suite des minéraux carbonatés et silicatés tels que les grenats, l'idocrase, l'épidote, la wollastonite,

la trémolite, etc..., qui sont typiques des altérations métamorphiques sur les calcaires par voie magmatique.

J'en arrive à la conclusion que les roches vertes de Château-Lambert, d'Esmoulières et de la commune d'Amont, ainsi que celles de Belonchamp et Ternuay, sont d'origine intrusive, et qu'elles proviennent de la différenciation du même magma ou d'un magma voisin de celui qui a formé le granite à amphibole des ballons.

TOURNAISIEN

Les travaux de M. A. MICHEL-LÉVY et M. VÉLAIN ont attribué les roches qui succèdent au Nord à ces calcaires de Chagey, au Dévono-Tournaisien, car ils croyaient, à ce moment, que le calcaire de Chagey était Dévonien moyen. L'âge Famennien de ces calcaires étant établi, la série schisteuse qui leur fait suite serait Tournaisienne. Les assises de grès et de conglomérat superposées aux schistes ont été attribuées au Viséen par différents auteurs (voir p. 9). Il est donc probable que les schistes qui ont été marqués (HD) sur la carte de Lure et Mulhouse, et (T) sur la carte de Plancher-les-Mines, sont d'âge Tournaisien, puisqu'ils sont compris entre le Famennien de Chagey et le Viséen de Plancher-les-Mines et de Bourbach-le-Haut.

Dans les études faites sur les zones minéralisées au sud du massif granitique, mes observations m'ont conduit à considérer les arkoses comme formant la base du Viséen, c'est ainsi qu'il est délimité sur la carte de Plancher-les-Mines. Les arkoses sont généralement en contact avec les schistes du Tournaisien.

La distribution. — Pour l'ensemble des Vosges méridionales, le Tournaisien se trouve au sud et au sud-est du massif granitique (Corravillers, Le Thillot et Cornimont).

Au sud de ce massif, les schistes sont intercalés entre le Viséen (arkoses, conglomérats et roches volcaniques) au Nord, et le Permien et le Trias au Sud. Au sud-est du massif, le Tournaisien est en contact avec le granite, et il y a des zones d'orthoalbitophyre (microgranite sur la carte de Lure et Mulhouse) et de rochers basiques à l'endroit où le Tournaisien est pris en écharpe par le granite.

Sur la carte de Plancher-les-Mines, le Tournaisien occupe le sud de la feuille : Le Mont, le Rapois, sud du col de Chevestraye, etc... Sur les autres cartes (Château-Lambert et Saphoz), les schistes Tournaisien n'existent pas.

La pétrographie. — La roche prédominante dans le Tournaisien de la région de Plancher-les-Mines est un schiste noirâtre qui montre un bon clivage et une stratification. Tantôt la stratification est très visible, tantôt le clivage. Dans les coupes minces on remarque la finesse de la sédimentation et l'importance de la pâte phylliteuse ; les éléments siliceux existent, mais dans des proportions moins considérables. On constate la présence de séricite en quantité et de chlorite. L'oligiste se trouve en quantités importantes dans la pâte.

Dans le schiste près du contact avec le Viséen, aux environs de Plancher-les-Mines, la proportion de quartz augmente pour produire presque un grès argileux.

Morphologie. — Dans la zone Tournaisienne, la physiographie ne présente rien d'anormal. L'érosion agit librement sur le terrain produisant des collines et des vallées, dans les directions différentes, au hasard, sans que des failles ou autres accidents en dirigent l'effet. Les roches basiques telles que l'andésite, forment des réseaux plus ou moins accusés. Le rabotage dû aux glaciers a peut-être joué un rôle dans l'érosion ici, mais les altérations subséquentes dues aux agents normaux ont masqué l'effet produit. Les vallées et pentes douces des collines sont cultivées, les autres endroits sont couverts de broussailles.

LE VISÉEN

Dans les régions que j'ai étudiées en détail, les schistes noirs sont caractéristiques du Tournaisien, et le Viséen s'annonce par les assises d'arkose et de grès feldspathiques. Sans doute, sur ces arkoses, on note des conglomérats à gros éléments, et tout une suite de roches éruptives comprenant le granophyre, l'orthophyre brèche, des tufs volcaniques, des intrusions d'andésite et de labradorite et des coulées de rhyolite brèche.

JOURDAN, vers 1847, a découvert un gisement de fossiles dans

les tufs situés vers la sortie nord de Plancher-les-Mines. En 1855, FOURNET (46, p. 287) a signalé les fossiles suivants :

<i>Gorgonia.</i>	— <i>undiferus.</i>
<i>Amplexus.</i>	<i>Leptaena.</i>
<i>Caryophyllia.</i>	<i>Orthis.</i>
<i>Encrinites.</i>	<i>Spirifer.</i>
<i>Poteriocrinites.</i>	<i>Terebratula.</i>
<i>Cardinia.</i>	<i>Euomphale.</i>
<i>Arca.</i>	<i>Pleurotomaria.</i>
<i>Avicula.</i>	<i>Moule de Murchisonia.</i>
<i>Cardium.</i>	<i>Capulus.</i>
<i>Productus Martini.</i>	<i>Orthoceratites.</i>
— <i>giganteus.</i>	<i>Phillipsia.</i>
— <i>semireticulatus.</i>	

Les fossiles sont conservés au Musée d'Histoire Naturelle de Lyon. M. Alb. MICHEL-LÉVY (1) a reconnu les mêmes types de *Productus* qu'à Bourbach-le-Haut. M. JUNG dit (46, p. 288) :

« Cette analogie tiendrait à faire regarder le niveau de Plancher-les-Mines comme appartenant au Viséen inférieur, horizon qui est celui de Bourbach-le-Haut. Mais avant de se prononcer sur l'attribution à tel ou tel niveau particulier de Viséen, il conviendrait d'attendre que les anciennes déterminations de FOURNET aient été revues par un spécialiste de la paléontologie du calcaire carbonifère. »

Les lentilles de calcaire dans la région de Viller et de Trémont ont également été reconnues pour du Viséen par VOLTZ, Tourniquist et Alb. MICHEL-LÉVY.

M. JUNG dit 46; p. 30) : « On trouve à Champary, au Nord de Ternuay Haute-Saône) des troncs nombreux dans les grauwackes passant à des brèches volcaniques. Cet horizon à végétaux semble correspondre à celui de Thann et de Bourbach-le-Bas comme le gisement marin de Plancher-les-Mines le ferait à celui de Bourbach-le-Haut. »

« L'abondance de végétaux dans les gisements de Culm a permis la formation de quelques couches d'antracite terreuse, dont l'existence n'offre d'ailleurs aucun intérêt au point de vue pratique. »

(1) Carte géologique de France Bull., vol. XXI, p. 53, campagne de 1910.

M. Alb. MICHEL-LÉVY fait une distinction entre les roches ignées d'âge Tournaisien et d'âge Viséen (92) basée sur la présence de potasse et de soude ; il indique que des roches du Tournaisien sont essentiellement, sodiques et les roches du Viséen essentiellement potassiques.

A propos de cette conclusion, M. JUNG (96, p. 303) dit :

« S'il est vrai que d'une façon générale le caractère potassique des laves s'accroît dans le Viséen, le changement n'est cependant pas assez net pour que ce caractère serve de critère stratigraphique. »

Cet auteur continue p. 305 en montrant l'importance de la séricitisation en augmentant la quantité de potasse dans les roches.

« On voit que, bien que la roche (labradorite de type porphyre vert antique de Bourbach-le-Haut) dans son ensemble soit de caractère plutôt potassique (ce qui justifierait son attribution au Viséen), la pâte est de caractère plutôt sodique. L'enrichissement en potasse provient uniquement de la transformation secondaire en séricite du labrador des phénocristaux. »

Comme les régions que j'ai étudiées étaient plutôt des régions minéralisées, c'était justement dans ces régions qu'il y avait une transformation intense des phénocristaux de plagioclase en séricite.

M. J. DE LAPPARENT, dans son travail (54) sur les roches porphyroïdes françaises, fait ressortir également l'importance de la séricitisation dans certaines régions.

Pour les besoins de ce travail, toutes les roches dans la zone entre les schistes du Tournaisien et le microgranite (ortho-albitophyre de Alb. Michel-Lévy), qui est juste au sud du massif de granite à amphibole des ballons, seront classées dans le Viséen avec les roches qui sont intrusives, telles que les andésites, labradorites, etc...

Les roches les plus importantes en superficie d'affleurement sont des granophyres et granophyres brèches. Les intrusions caractéristiques de ce complexe de roches sont les granophyres rougeâtres avec des gros phénocristaux blanchâtres (appelés albitophyres par Alb. Michel-Lévy), des andésites, des labradorites, du microgranite, de la minette et de la rhyolite brèche.

Dans la discussion des roches du Viséen, je parlerai de chaque

roche séparément et je traiterai de la distribution, de la pétrographie, du développement morphologique et d'autres questions particulières à ces roches.

LES ROCHES QU'ON TROUVE DANS LE VISÉEN, DANS LES VALLÉES
DU RAHIN, DE L'OIGNON, DU BREUCHIN ET DU RADDON

SÉDIMENTAIRES

Arkose
Conglomerat
Schiste noir

IGNÉES

HYPABYSSALES	VOLCANIQUES
Granophyre	Tufs
Granophyre-brèche	Rhyolite-brèche
Orthophyre-brèche	

INTRUSIONS DANS LE VISÉEN

Andésites	Granophyre
Labradorite de Belfahy	Microgranite
Dacite	Minette

L'ARKOSE

Distribution. — Sur la carte de Plancher-les-Mines, les arkoses sont marquées (a) et sont distribuées au sud de la carte, où elles forment le contact entre le Viséen et le Tournaisien. Elles sont disposées en bandes sur la carte, à cause de leur structure presque isoclinale ; mais, dans l'ensemble, elles s'inclinent vers le Nord avec les autres couches de la région comme pour former le flanc d'un synclinal. Ces formations ne paraissent pas sur les autres cartes (Château-Lambert et Saphoz), qui correspondent à des régions plus septentrionales que la zone d'extension de ces roches.

Sur la feuille de Lure-Mulhouse, on voit que les arkoses commencent, pour la région qui nous intéresse, vers Giromagny, et se suivent à l'Ouest, en passant par Plancher-les-Mines, le col de Chevestraye, Ternuay, la Mer, Saint-Martin, près de Faucogney, le nord de Sainte-Marie-en-Chanois, jusqu'à Raddon, où elles s'envoient sous le Trias.

La pétrographie. — L'arkose du Viséen est bien préservée, grâce à un ciment siliceux et carbonaté avec séricite. Ceci m'a permis de tracer en partie les affleurements d'après les formes de terrain malgré l'extension des dépôts glaciaires et récents.

La couleur est gris à gris verdâtre, et le grain est de dimensions moyennes.

Le principal élément de cette roche est le feldspath, représenté par l'orthoclase et un plagioclase sodique, albite. Le plagioclase montre les mâcles d'après la loi de Carlsbad et de l'albite. Certains de ces cristaux de feldspath ont été idiomorphiques, mais par suite du transport dans l'eau, les angles ont été arrondis, et souvent il n'y a que des petits fragments de cristaux qui restent.

Le quartz est bien représenté dans cette roche, où il occupe parfois jusqu'à 30 % de la masse. Les grains sont irréguliers et ne semblent pas s'être accrus pendant ou après leur période de dépôt. On peut dire, d'après la terminologie de M. CAYEUX (II), que c'est une *arkose grès* et non une *arkose quartzeite*.

On trouve des fragments d'autres roches en quantités variables et notamment des morceaux de porphyrite.

La calcite est aussi très variable en quantité, se trouvant fréquemment comme ciment dans l'arkose. De plus, la roche renferme de l'apatite, du zircon, du sphène, de la magnétite, de la pyrite et un peu de talc. La chlorite est abondante et aussi la séricite ; on remarque également de la calcédoine.

Les arkoses sont, par définition, des roches, dont les éléments ont subi peu de transport, autrement ceux-ci, tels que les feldspaths et des fragments de roches, auraient été détruits avant leur accumulation et leur consolidation. Il faut donc chercher assez près de l'endroit où ils affleurent pour trouver l'origine de ces débris. D'après les roches qui sont visibles dans la région, le granite porphyroïde de la région du Château-Lambert est celui qui paraît le plus susceptible d'avoir fourni ces constituants. Le granite à amphibole des ballons est plus près ; mais là le feldspath est essentiellement rougeâtre, et sauf pour quelques régions (col de Chevestraye, par exemple), la couleur dominante des feldspaths de l'arkose est blanchâtre.

CONGLOMÉRAT

Distribution. — Il y a deux espèces de conglomérats dans la région de Plancher-les-Mines ; un est bréchoïde avec des éléments

de dimension moyenne et relativement peu arrondie, l'autre est à gros éléments arrondis où la « labradorite de Belfahy » est très apparente.

Le conglomérat à grains moyens se trouve au sud et au nord de la Grande-Montagne, à l'ouest du village de Plancher-les-Mines ; au nord de Plancher-les-Mines, sur la Baisse-de-la-Vache, à « 425,4-108,4 », il existe également ; en allant à l'Ouest, on le trouve encore près du Montviley et du Saphoz (entre Fresse et Plancher-les-Mines).

Le conglomérat à gros éléments est bien développé seulement près du gisement « Baisse-de-la-Vache », au nord de Plancher-les-Mines, à « 425,75-108,70 ».

CONGLOMÉRAT A GRAINS MOYENS

Au microscope, on distingue des fragments d'andésite, de porphyrite oligoclasique, d'orthophyre, des fragments de verre volcanique et quelques autres roches qui ont été si altérées qu'on ne peut plus les distinguer.

Le quartz n'est pas très abondant, mais il contient fréquemment des cristaux émoussés de feldspath, d'orthose et des plagiocages sodiques.

Parmi les *minéraux secondaires*, on constate du mica muscovite, de la calcite, du talc et de la chlorite. Les *minéraux accessoires* sont de la magnétite et de l'oligiste.

CONGLOMÉRAT A GROS ÉLÉMENTS

Pétrographie. — La couleur de l'ensemble de la roche va du vert au noir, mais, dans certains endroits, les constituants rouges prennent plus d'importance, et il se produit un changement dans la couleur de l'ensemble.

L'élément le plus frappant dans ce conglomérat est la « labradorite de Belfahy », qui est amygdaloïde, et dont les vacuoles sont remplies de calcite. La couleur de la roche est verdâtre avec les phénocristaux blancs de labrador nageant dans la pâte compacte. (Voir page 32 pour la description pétrographique de cette roche.)

Le granophyre est l'autre constituant particulièrement visible ici. Cette roche a la couleur rouge habituelle avec une pâte très finement cristallisée et quelques rares phénocristaux de feldspath. (Voir page 27 pour la description de cette roche.)

On distingue également des inclusions de microgranite du type de celui qui se trouve dans la vallée du Rahin, entre la monzonite et le complexe d'orthophyre et orthophyre-brèche. La pâte, d'un rosâtre clair, contient de petits phénocristaux de feldspath blanchâtre.

Des roches andésitiques se présentent dans le conglomérat avec leurs différentes caractéristiques. On rencontre aussi des fragments de roche noirâtre qui auraient pu être des schistes silicifiés. La pâte donne plutôt l'impression d'une roche volcanique, mais les fragments arrondis des autres roches font valoir son origine sédimentaire. On y constate la présence de pyrite en quantité assez considérable.

LE SCHISTE NOIR

Distribution. — Dans la région des maisons forestières de Saint-Antoine, dans la vallée du Rahin, vers « 427,1-109,3 » (1), il y a un affleurement de ce schiste noir très compact. Il est beaucoup plus dense que les autres schistes du Viséen, ou même que le schiste caractéristique du Tournaisien, et il contient une quantité appréciable de pyrite. On observe quelques autres petits affleurements de schiste dans le Viséen, mais ils sont peu importants dans cette région du massif des ballons.

Pétrographie. — L'examen microscopique fait ressortir la présence d'une matrice phylliteuse de feldspath avec du quartz dans des proportions beaucoup plus réduites ou absent ; il y a aussi de multiples petits cristaux de pyrite. On constate également une certaine quantité de séricite, un peu de calcite et des traces de rutile.

La magnétite et la pyrite paraissent suivant certaines bandes dans le sédiment.

Dans certains endroits, sur la « Baisse-de-la-Vache », il y a des schistes qui contiennent des restes de plantes, ces fossiles sont

(1) Voir note page 47.

malheureusement en si mauvais état qu'il est impossible de les identifier.

PERMIEN

Cette formation n'affleure pas dans les régions comprises sur les trois cartes géologiques que j'ai levées.

Il est, de toute façon, intéressant, pour avoir une vue de la géologie générale de la région, de savoir que le Permien (vu sur la feuille Lure-Mulhouse) se développe au sud du massif des ballons, en transgression sur les schistes du Tournaisien (HD sur la carte de VÉLAIN et MICHEL-LÉVY, T sur ma carte de Plancherles-Mines).

L'affleurement de Permien prend naissance à l'Ouest, à 3 kilomètres de Ronchamp, pour venir atteindre Rougemont, au sud de Massevaux, en passant par Champagny, Frahier, Sermamagny et Petit-Magny.

Les roches caractéristiques de cette formation sont les grès rouges à grains de moyenne dimension, cimentés par des matières ferrugineuses, parfois calcaires ou siliceuses.

Dans son livre déjà ancien sur le Permien des Vosges (87), VÉLAIN donne aux couches de Ronchamp une épaisseur de 350 mètres pour les grès rouges, et 250 mètres pour les argiles rouges et grès argileux micacés. Il indique une absence complète de fossiles dans cette formation, et compare le Permien des Vosges à des grès rouges qui sont développés dans la Forêt Noire et dans le Rothliegendes de la Thuringe.

VÉLAIN parle également de l'activité volcanique importante pendant cette période dans certaines régions des Vosges, et il cite les porphyrites comme des roches fréquentes.

Il est utile de parler du Permien parce qu'au point de vue de l'âge des filons, c'est la formation la plus rapprochée en âge du Viséen, qui existe dans la région. M. THIRION dit avoir constaté l'évidence d'une minéralisation postérieure à cette formation (voir page 29 pour la discussion de cette question). Récemment, M. THIÉBAUT m'a signalé que la grande faille de la mine Saint-Jean, vallée de Giromagny, est nettement minéralisée (1).

(1) Communication personnelle.

D'après M. CASE (17, p. 204):

« Une démarcation entre le Carbonifère et le Permien est forcément artificielle; utile pour les besoins de levée de carte, mais elle n'entraîne pas forcément de brusque changements diastrophiques, ou de la faune, ou du climat. »

« On doit admettre l'existence d'une période de transition: le permocarbonifère. »

La formation la plus récente qui apparaît dans la région est le Trias, qui est très développé dans la vallée de l'Oignon, mais qui est présent seulement en haut de la montagne appelée « Tête-Tourbière » sur la carte de Plancher-les-Mines.

TRIAS

Pour la région qui nous intéresse, le Trias est surtout développé dans la vallée de l'Oignon et à l'ouest de cette région.

On peut diviser le Trias inférieur en deux formations: 1^o Grès vosgien; 2^o Grès bigarré.

M. CORROY (19, p. 5) remarque, à propos du grès vosgien, son importance dans les Vosges septentrionales (400 à 500 mètres) et aux environs de Nancy (210 à 270 mètres). Au sud-ouest d'Epinal, dans les Faucilles, il n'y a que 25 mètres. Il indique que le conglomérat supérieur connu dans les Hautes-Vosges diminue d'importance vers l'Ouest.

A propos du grès bigarré, M. CORROY dit que l'argile prédomine comme ciment à l'Est, et qu'à l'Ouest les bancs sont plus tendres et fissiles.

Dans son livre sur le Trias de la vallée de l'Oignon (p. 22), CARDOT indique les horizons suivants:

3. — Grès bigarré à *Voltzia*

Zone à empreintes végétales, grain fin de couleurs variées.
Zone constituée par un grès assez grossier, rougeâtre.
Grès bigarré proprement dit (Buntsandstein).

2. — Zone intermédiaire

Un peu micacé, percé de trous circulaires à boules de grès.
Nodules d'argiles colorées.

1. — Grès vosgien à *poudingues*

Zone à gros galets de quartzites ayant 9 à 12 m. de puissance (classée autrefois dans le permien).

De plus, il indique que le Werfénien n'a pas plus de 70 mètres d'épaisseur dans ces régions.

CARDOT constate dans les grès à poudingues qu'il n'y a pas de filons; toutefois, pour la zone intermédiaire, il remarque la présence de traces de manganèse dans certains filons.

M. DE LAPPARENT (53, p. 290) parle des grès en indiquant que le grès friable est essentiellement constitué par des grains de sable arrondis, usés, sans angles vifs; on constate un accroissement par formation de néoquartz orienté comme le grain primitif. Il est accompagné de mica biotite, de cristaux d'orthose ayant des angles émoussés, des paillettes de fer oligiste et d'un minéral phylliteux, probablement de la kaolinite.

Dans le grès on rencontre des galets de quartz filonien d'un blanc laiteux; des galets de granite à mica blanc; des roches trachytiques (probablement Permien) et d'autres roches arrachées au sol ancien.

M. DE LAPPARENT écrit que la rubéfaction est due à la formation du fer oligiste aux dépens de minéraux ferrifères, et que cela s'est produit en même temps que le quartz de la néo-formation.

Dans la région de la vallée du Raddon, le grès bigarré devient plus important, et ce n'est qu'en lisière de cette formation qu'on constate les couches inférieures du grès vosgien.

A l'endroit dit « La Broche », à 1 kil. 200 à l'ouest de Saint-Bresson, j'ai constaté un remplissage de quartz et de fluorine dans le granite, près du contact avec une andésite. M. DEMOUGIN (1) m'a dit avoir trouvé en place, dans le grès du Trias, près de cet endroit, une fracture minéralisée contenant de la barytine et du quartz. Près du gisement du Mont-de-Vannes, dans un morceau de grès du Trias, j'ai noté également les deux mêmes minéraux, seulement le grès n'était pas en place.

En résumé, les formations du Trias sont très développées dans la vallée de l'Oignon et à l'Ouest, mais dans l'étude des gisements on n'a guère à s'en occuper.

QUATERNAIRE

Parmi les quatre vallées qui ont fait l'objet particulier de cette

(1) Communication personnelle.

étude, la vallée de l'Oignon et ses tributaires montrent la plus grande diversité dans les phénomènes de glaciation : moraines, roches moutonnées, vallée en U, etc...

M. MEYER dans son étude (59, p. 322), en parlant de la question de la hauteur de la glace, dit :

« La supposition d'une calotte uniforme de glace recouvrant nos montagnes est corroborée par notre détermination approximative de l'altitude de la limite des neiges persistantes. »

Il remarque que le développement des vallées s'était déjà effectué avant le dépôt des moraines extérieures ou intérieures.

D'après les comparaisons avec d'autres régions, M. MEYER croit qu'il s'agit d'une double glaciation tout au moins (Riss et Wurm) pour les vallées de l'Oignon, de la Savoureuse et de la Doller. Le Riss paraît être caractérisé par le démantèlement avancé des moraines et la décomposition considérable de leurs éléments, ainsi que de ceux des terrasses correspondantes.

En terminant, il indique, pour les glaciations antérieures dans le sud des Vosges, que leurs dépôts morainiques paraissent avoir été complètement détruits par l'érosion ou remaniés par l'activité pendant les autres périodes glaciaires.

Les lacs sur les hauteurs dans la région comprise entre la vallée de l'Oignon et la vallée du Raddon sont caractéristiques, également de la morphologie développée par l'activité glaciaire.

CHAPITRE II

ROCHES IGNÉES

MASSIF DE GRANITE ET ROCHES ASSOCIEES

On distingue d'une façon générale la disposition suivante dans la région du sud des Vosges qui nous intéresse : Un massif de granite à amphibole avec de la monzonite et du microgranite en bordure au Sud ; au Nord, ce granite est en contact avec la diorite ; faisant suite à cette diorite, au Nord vient une zone de microgranite qui est la partie périphérique du massif de granite porphyroïde des Vosges.

Dans le district de la carte géologique de Plancher-les-Mines, au nord de la suite des roches viséennes, vient une zone de microgranite (albitophyre de MICHEL-LÉVY), une zone de monzonite, et finalement le massif de granite à amphibole des ballons.

D'après les recherches sur le terrain, il me semble que le microgranite représente la partie périphérique du massif granitique, avec, parfois, des passées rhyolitiques où la roche aurait pu avoir cristallisé près de la surface de l'intrusion.

Entre le granite à amphibole et le microgranite apparaît la zone de monzonite qui semble être une différenciation entre ces deux roches. De chaque côté de la monzonite, il se produit une variation lente jusqu'aux roches encaissantes précitées. Autrement dit, on peut suivre sans discontinuité le changement depuis le granite à amphibole porphyritique des ballons, en passant par la monzonite verdâtre grossièrement cristallisée, par la monzonite rougeâtre, plus finement cristallisée, jusqu'au microgranite.

Le microgranite est développé sur une longueur d'environ six kilomètres sur la carte de Plancher-les-Mines, et la largeur est variable entre 600 et 1.000 mètres. Sur la feuille Lure-Mülhouse,

la bande de ces roches va en augmentant de l'Est vers l'Ouest pour prendre son maximum de développement entre Servance et Faucogney.

M. Alb. MICHEL-LÉVY (60, 61) écrit que le granite est venu entre le Tournaisien et le Viséen. M. JUNG en conclut (46, p. 342) qu'on doit attribuer sa mise en place à une période entre deux phases de plissement pendant le Viséen. Comme ces auteurs, j'ai constaté que nulle part le granite ne semble avoir métamorphosé le Viséen, mes autres observations ne m'ont pas permis non plus de préciser davantage l'âge de l'arrivée du granite.

Dans le microgranite, on constate plusieurs intrusions de roches basique (andésite, par exemple).

Sur la carte de Château-Lambert, on constate une zone de microgranite entre la diorite et le granite gris porphyroïde, comme dans la vallée du Rahin cette roche paraît être la phase périphérique du massif de granite porphyroïde.

Sur la carte de Saphoz (VIII), c'est dans une roche entre un microgranite et un granophyre que se trouve le gisement de manganèse de Saphoz.

L'âge du granite gris porphyroïde des Vosges paraît être approximativement le même que celui du granite à amphibole des ballons.

M. Alb. MICHEL-LÉVY (91) dit qu'il a vu le passage progressif depuis le granite à amphibole des ballons jusqu'au granite gris porphyroïde dans la vallée du Haut-Hardoye, au Nord-Ouest de Saint-Maurice-sur-Moselle. Dans une visite rapide à cet endroit, je n'ai remarqué que du granite gris, du microgranite et de l'andésite. Le granite à amphibole n'était présent qu'à l'état d'erratiques glaciaires. D'ailleurs, sur la feuille Lure-Mulhouse publiée en octobre 1911, on a porté toute la vallée en granite gris porphyroïde.

La monzonite se trouve dans une bande d'environ 6 kilomètres de longueur et en moyenne 600 mètres de largeur sur la carte de Plancher-les-Mines. Les limites entre cette roche, le granite et le microgranite sont, comme je l'ai déjà signalé, en gradations lentes.

GRANITE A AMPHIBOLE

Distribution. — Ce granite existe dans une zone au sud des masses du granite vers le contact avec les roches basiques. Sur la

feuille Lure-Mulhouse, on le voit se prolonger de Corravillers à Rimbach, en passant par Beulotte-Saint-Laurent, Château-Lambert et les ballons de Servance et d'Alsace. Cette bande varie entre trois et huit kilomètres de largeur.

Sur deux des cartes que j'ai levées, Plancher-les-Mines, dans le Sud, et Château-Lambert dans le Nord, on observe les affleurements de cette roche.

Pétrographie. — Le feldspath du premier temps est en gros phénocristaux d'orthose, mais également dans la pâte ce minéral prédomine; l'albite est la forme de plagioclase constatée.

Le quartz est très abondant, mais parfois dans les zones où on observe beaucoup de matière ferro-magnésienne, il devient moins important.

La hornblende est fréquemment altérée en chlorite; dans certains endroits comme au-dessus de Miellin, près de la chapelle Saint-Blaise, on observe des concentrations considérables. Les cristaux ont une tendance à s'allonger. Le zircon et l'apatite sont deux des *minéraux accessoires*, et on observe également du sphène et de la magnétite.

L'altération des éléments a produit la calcite, la séricite, le kaolin et la chlorite; les feldspaths se sont changé en séricite et en kaolin; l'hornblende en chlorite et en calcite.

Près du Moiseaubeau, au nord de Servance, on constate une variation périphérique qui développe une pâte allant de la cristallisation micropegmatitique à la cristallisation micrographique. On constate également un passage au microgranite. Sur le Petit-Pré-Bravouse, au nord de Plancher-les-Mines, il y a aussi ce passage au microgranite. Près de la Fonderie, le granite se charge d'une certaine quantité de biotite.

Pour résumer, il s'agit ici d'une roche d'origine plutonique, de texture holocristalline ayant l'hornblende comme élément ferromagnésien.

MONZONITE

Distribution. — Cette roche n'est pas citée dans les travaux de MM. Alb. MICHEL-LÉVY et VÉLAIN, et je l'ai définie sur ma carte

de la région de Plancher-les-Mines. Je ne l'ai pas rencontrée ailleurs dans le secteur que j'ai étudié en détail. On trouve la monzonite dans la haute vallée du Rahin, près de la Plaine-des-Bœufs et aux environs du filon Pont-Piron. Comme je l'ai expliqué en parlant du granite et des roches associées, il s'agit ici vraisemblablement d'une différenciation du granite à amphibole des ballons intercalés entre cette dernière roche et le microgranite de la périphérie du granite. Il est apparent suivant la nature des contacts que ces trois roches ont été consolidées en même temps.

Pétrographie. — La monzonite franche typique que l'on voit dans la région de la Plaine-des-Bœufs est verdâtre avec des éléments d'amphibole lui donnant sa couleur, et du feldspath plagioclasique grisâtre formant le fond. La structure est holocristalline, et les cristaux sont nettements visibles à l'œil nu; au microscope, on peut en voir dans les interstices.

Les deux feldspaths sont l'orthose et un plagioclase entre l'albite et l'oligoclase, les proportions de ces deux minéraux sont à peu près comparables; les plagioclases sont plus susceptibles d'altération, et c'est avec difficulté qu'on peut déterminer un grand nombre de plages. Les mâcles, d'après les lois de l'albite et de Carlsbad, s'y trouvent.

Les éléments ferro-magnésiens sont l'amphibole, un pyroxène presque incolore et la biotite, l'hornblende est ici le plus abondant et, paraît-il, l'augite se change fréquemment en ce minéral, quoique je n'aie pas constaté ce phénomène. Dans certaines sections, la biotite prend une importance considérable englobant parfois le zircon.

Le quartz est présent dans beaucoup d'échantillons de cette roche dans les interstices, et il devient plus important au Sud, vers le changement en microgranite, ainsi que vers le Nord, près du contact avec le granite à amphibole; sa structure est parfois micropegmatitique.

Les *minéraux accessoires* sont de l'apatite, du zircon, du sphène, de la magnétite et parfois de la pyrite. En s'altérant, les minéraux de la roche donnent de la chlorite, de la séricite et du kaolin, ainsi que de l'oligiste.

Des observations microscopiques confirment l'impression acquise

sur le terrain que la cristallisation est plus fine au passage de la monzonite au microgranite, et que la roche se charge de quartz près du contact avec le granite à amphibole.

MICROGRANITE

Distribution. — Cette roche fait suite au Sud, à la mince bande de la monzonite qui est en bordure Sud du massif de granite à amphibole des ballons. Sur la carte de Plancher-les-Mines, il va depuis le Ballon de Saint-Antoine à la Tête de Tourbière en passant par la Plaine des Bœufs et par la région juste au Nord des Maisons-Forestières du Rahin. Sur la carte de Michel LEVY et VELAIN on voit qu'elle doit se poursuivre à l'Ouest en passant par Servance et Faucogney.

Pétrographie. — La roche est rougeâtre avec une texture extrêmement fine dans laquelle on voit assez rarement des petites taches dues à la présence de matière ferromagnésienne.

L'examen microscopique montre une pâte finement cristallisée dans laquelle on voit quelques phénocristaux de feldspath, probablement orthose et albite; cette pâte est composée dans l'ensemble de quartz et de feldspath ayant une cristallisation saccharoïde très fine. On remarque extrêmement peu de matière noire et celle qui existe a été altérée en chlorite.

L'altération a produit de la séricite et du kaolin en agissant sur le feldspath, on voit également une transformation générale en albite dans certains endroits; quelques filons de quartz secondaire et un peu de muscovite traversent la roche.

Dans d'autres microgranites on voit la structure dans la pâte plus grossièrement cristallisée, d'une façon générale c'est le cas en approchant du massif du granite. Il y a également des variations où la quantité de phénocristaux augmente.

Vers Montandre, près de Servance, on voit une variété qu'on appelle plutôt microgranite porphyre à cause du nombre considérable des phénocristaux. Près du gisement « Plancher-les-Mines Gare » on voit aussi une intrusion de microgranite décrit à la page 84.

GRANITE GRIS PORPHYROÏDE

Distribution. — Entre Rovillers, au Nord-Est de Luxeuil, et Cornimont, sur la feuille Lure-Mulhouse, on observe une bande de granite gris suivi au Sud par le massif du granite à amphibole. Mes cartes montrent cette roche seulement dans le Nord de la feuille du Thillot.

Pétrographie. — La roche est rouge clair avec des taches blanches de feldspath en forme de phénocristaux allongés, même à l'œil nu on constate des inclusions de mica dans ce feldspath. Le feldspath du premier temps est l'orthose, et celui du deuxième temps est l'orthose mélangée à un peu d'albite; dans les feldspaths on observe des mâcles suivant les lois de l'albite et de Carlsbad.

Le quartz est peu visible dans les échantillons vus à l'œil nu, mais l'étude au microscope montre son importance; dans certains des vieux traités on a parlé de cette roche comme une syenite.

La biotite est l'élément noir de ces roches, et il prend une importance considérable dans certaines d'entre elles; au microscope on distingue des cristaux idiomorphiques de ce mica dans les phénocristaux d'orthose en plus de ceux de la pâte.

Le zircon et l'apatite sont des *minéraux accessoires* et on voit un peu de magnétite. L'altération paraît être beaucoup moins avancée dans cette roche que dans le granite à amphibole, mais néanmoins on observe un peu de muscovite, de séricite et de chlorite.

La structure de la pâte est plus variable dans cette roche que dans celle dont je viens de parler et on observe des structures microgranitiques, micropegmatitiques et micrographiques. Aux environs de la mine de Saint-Bresson, la roche se charge de fer, mais ceci paraît être un fait tout à fait local.

MINETTE

Distribution. — Dans toutes les régions que j'ai étudiées en détail, je n'ai remarqué que peu de filons de ces roches lamprophyriques. Sur la route montant derrière les Maisons forestières du Rahin, on en voit un pointement, et aussitôt après le Pont Piron, en montant la vallée du Rahin, on trouve un autre pointement, ces

affleurements ont quelques mètres de longueur et environ un mètre de largeur.

Pétrographie. — La roche est très altérée mais on y voit de l'orthose et la forme d'un minéral ferro-magnésien qui semble avoir été de la biotite maintenant altérée en chlorite et quartz.

Les *minéraux accessoires* sont l'apatite, le sphène altéré en leucoxène, et rarement un peu d'oligiste. L'altération a produit la chlorite et la calcite en abondance.

ORIGINE DES GRANITES

La question qui se pose pour les deux granites dans la région que j'ai étudiée est la suivante: quelle est la différence d'origine entre le granite à amphibole des ballons et le granite gris pophyroïde?

M. Alb. Michel LEVY pense l'avoir résolue en attribuant la présence du granite à amphibole à une activité de digestion endomorphe par un granite du même type que le granite gris, agissant sur les couches du calcaire dévonien et des roches pyroxéniques; (92 p. 91) il remarque que ces deux granites passent insensiblement de l'un à l'autre, et en particulier il cite la vallée de la Haute-Hardoye (91, p. 481, campagne de 1909) au Nord-Est de Saint-Maurice comme endroit où ceci s'observe. Dans une visite rapide que je viens de faire à cette vallée je n'ai remarqué que du granite gris, du microgranite et de l'andésite.

M. JUNG ne paraît pas porté à admettre cette digestion et il remarque, en parlant de la formation des roches basiques qui entourent le massif de granite au Sud, qu'il ne voit pas la possibilité d'admettre la théorie de M. Michel LEVY, que ces roches étaient formées par l'action exomorphe du granite sur les couches de calcaire Dévonien (voir pages 5, 6 pour la discussion de cette question). Dans l'impossibilité de trouver une autre explication pour la formation du granite à amphibole il écrit (46 p. 358) « l'hypothèse de l'endomorphisme rend donc compte de toute une série de coïncidences que les théories de l'intrusion d'un magma indépendant seraient obligées d'attribuer au hasard ».

M. Michel LEVY parle du fait notoire que le granite à amphi-

bole se développe particulièrement au voisinage immédiat des roches basiques ou des roches qu'il attribue au Dévonien. Il convient de noter toutefois qu'au Nord des massifs d'andésite et en contact avec ces andésites dans la région de Saint-Bresson, c'est le granite gris qui est développé. Dans certains cas (voir p. 77) il est très clair que le granite est postérieur à ces roches basiques.

Il est intéressant de noter qu'un peu plus loin (46, p. 370) M. JUNG écrit :

« Concluons que, dans les Vosges, les granites de la fin du Culm ont été des foyers fumeroliens peu intenses. Sauf quelques exceptions locales, ils n'ont modifié par aucun apport chimiques des terrains sédimentaires et des gneiss qu'ils ont coupés. » Il continue en indiquant que des enclaves de gneiss dans la région d'Orbey ont gardé leur structure granoblastique.

Si ces dernières observations sont exactes et si on n'aperçoit nulle part l'évidence de cette digestion, est-il tout à fait logique de continuer à accepter la théorie de la digestion ?

Il paraît que M. J. de LAPPARENT est également en faveur de l'origine du granite à amphibole par voie de digestion des sédiments et roches basiques du Dévonien.

Mes observations ont démontré comme on voit sur mes cartes que les phases périphériques du granite à amphibole et du granite gris porphyroïde sont les microgranites. Nulle part je n'ai constaté un passage insensible du granite à amphibole au granite gris. En revanche entre les deux granites, il vient une zone d'abord de microgranite et ensuite de diorite, cette diorite peut varier d'une monzonite à un gabbro, peut-être ceci est-il le passage insensible auquel certains auteurs se rapporteraient.

On peut reprocher à mes observations d'avoir été trop limitées pour aborder cette question, mais il faut que des observations de détails succèdent aux premiers travaux d'ensemble avant de pouvoir faire des résumés généraux plus précis que ces premiers aperçus.

Mes conclusions sont donc les suivantes :

1° Je ne vois pas de traces de digestion endomorphe dans la région que j'ai étudiée ;

2° Il me semble que le granite à amphibole représente une intrusion distincte du granite gris porphyroïde et qu'il est dérivé

du magma réservoir (probablement le même que celui qui a donné naissance au granite gris) par suite d'une différenciation.

Maintenant il est possible que ce magma réservoir ait été enrichi en éléments ferromagnésiens et calciques par l'absorption de certaines roches antérieures (stopping) pendant l'intrusion de la masse de granite et que la digestion des ces formations à une profondeur considérable ait changé la composition du magma. C'est donc un phénomène produit à quelque profondeur avec injection ultérieure que je propose ici au lieu de l'idée antérieure d'altération par digestion en place.

ROCHES SE TROUVANT DANS LA ZONE DU VISÉEN ET DU TOURNAISIEN

GRANOPHYRE ET GRANOPHYRE BRÈCHE

Distribution. — Ces roches sont les constituants principaux du Viséen dans notre section du massif des Ballons. En commençant par Plancher-les-Mines, on trouve le granophyre et le granophyre brèche, immédiatement au Nord du village. En montant le Rahin on traverse la zone de ces roches, interrompue dans quelques endroits par l'arkose ou les conglomérats comme à l'Ouest du point marqué « station » à 800 m. au Nord de Plancher-les-Mines. Elles sont aussi interrompues par les intrusions d'andésite comme celles de la Grande Montagne. On les retrouve près de la cascade de Crémillot et à côté des cascades s'observe une très jolie brèche granophyrique. Elles se retrouvent plus haut vers la Chapelle Saint-Antoine, à l'Ouest, il y a des couches de schistes noirs. Vers la maison forestière c'est toujours cet ensemble de roches qui affleure; le Saut de la Truite est en partie taillé dans le granophyre brèche, avec une intrusion d'andésite à l'Est du chemin. Quelques centaines de mètres au Nord-Est de la cascade on rencontre le contact entre ce complexe et le microgranite.

La zone de ces roches granophyriques varie entre trois et cinq kilomètres de largeur et se prolonge depuis la crête formée par la tête des Sapins, la Planches des Belles Filles, et le Ballon de Saint-Antoine, à l'Ouest en passant par Belfahy, le Montaujeux, Champary, au Nord de Ternuay, Melay, Saint-Martin près de

Faucogney, jusqu'au bois de Grand Ban au Nord de Raddon, où elle disparaît sous la couverture de Trias.

Les intrusions d'andésite sont très importantes dans cette zone et les affleurements qui se trouvent sur la carte de Plancher-les-Mines sont considérables, à Tête-de-Sapins, la Planche-des-Belles-Filles, la Grande-Montagne à l'ouest de Plancher-les-Mines et le Rang-de-Tey (un kilomètre au sud-ouest de Belfahy).

Pétrographie. — Cet ensemble de roches qui est l'élément principal de la série viséenne est composé de formations variables en couleur et en composition lithologique. La couleur dominante est rouge brique avec fréquemment passage au vert et au vert noirâtre. Parfois, dans le même affleurement, il y aurait une partie nette de granophyre hypabyssal et une de granophyre brèche. Dans le granophyre, les petits phénocristaux rougeâtres de feldspath sont visibles à l'œil nu, c'est généralement de l'orthose.

L'étude microscopique du granophyre montre une pâte micropegmatitique avec de rares phénocristaux d'éléments ferro-magnésiens, biotite et hornblende, et par contre beaucoup des phénocristaux d'orthose et d'albite. Le quartz est présent dans les interstices entre les autres éléments. L'élément ferro-magnésien en plus des quelques phénocristaux se trouve dispersé dans la pâte.

Les minéraux d'altération sont la chlorite, la séricite et le kaolin. La couleur rougeâtre est en partie due à l'oxyde de fer qui est dérivé en pseudomorphose de pyrite. Le zircon et l'apatite sont présents aussi.

Les brèches granophyriques et polygénique sont généralement plus foncées avec une tendance vers une couleur gris verdâtre. Il y a deux espèces de brèches granophyriques qui sont particulièrement répandues dans cette zone; la première est d'une couleur rosâtre avec des plages vertes, la deuxième est noire verdâtre avec des inclusions de jaspe qui font les taches rouges contre le fond noir.

ORTHOPHYRE BRÈCHE

Distribution. — Cette roche est surtout développée dans les alentours immédiats de Plancher-les-Mines. Une partie du massif de la Planche-des-Belles-Filles est formée de cette roche ainsi qu'une partie de la côte « Baisse-de-la-Vache ».

Il est presque impossible, sur le terrain, de faire des distinctions entre cette roche et certaines autres qui se trouvent dans le complexe développé autour de Plancher-les-Mines. Pour distinguer entre l'orthophyre-brèche et le porphyre brèche, on a généralement besoin du microscope.

Pétrographie. — La roche est d'un vert sombre et dans les endroits altérés d'un ton brunâtre dû probablement à la présence d'oxyde de fer. Contre le fond gris noir, il y a des taches de matière ferro-magnésienne verdâtre. Les inclusions parfois de roches rouges compactes sont analogues à certains des microgranites de cette région.

Examen microscopique. — La pâte est orthophyrique avec des microlithes allongés d'orthose et parfois une structure fluidale autour des phénocristaux d'orthose et d'albite.

L'ensemble de la roche présente un aspect très irrégulier et on constate fréquemment dans la pâte des fragments d'autres roches. Plusieurs des phénocristaux de feldspath sont courbés et la résolution a commencé à agir sur certains autres cristaux. En particulier, il y a des inclusions de granophyres et d'andésites. Dans les interstices, on voit du quartz, mais il n'est pas très abondant.

Les *minéraux accessoires* sont la magnétite et l'apatite avec de l'ilménite et du zircon. L'altération produit la chlorite résultant du changement du minéral ferro-magnésien, l'hornblende probablement et la calcite est abondante. Les feldspath se sont altérés en séricite et kaolin. La chlorite traverse la roche en filets dans plusieurs endroits. L'oligiste résulte de la transformation de la magnétite et l'ilménite se transforme en leucoxène.

RHYOLITE BRÈCHE

Distribution. — Entre la Tête-des-Sapins et la Planche-des-Belles-Filles, un affleurement de plusieurs dizaines de mètres de rhyolite brèche apparaît comme couverture à des formations du complexe viséen. Dans les quatre vallées étudiées dans ce travail, je n'ai pas trouvé d'autres affleurements de cette roche.

Pétrographie. — La rhyolite bleue grisâtre montre sous le microscope des inclusions angulaires de roche rosâtre, probablement de microgranite. On y constate aussi du quartz et le nombre des

vacuoles est assez considérable, ces vacuoles sont fréquemment tapissées de quartz secondaire.

La pâte à structure microgranitique et microcristalline contient des phénocristaux de quartz et de feldspath. Le feldspath est parfois idiomorphique, mais plus fréquemment il a un développement irrégulier et angulaire. Le quartz est rarement idiomorphique et ses cristaux ont été fortement attaqués par la résorption.

Des aiguilles idiomorphiques de tourmaline faiblement polychroïque sont distribuées dans toute la pâte. La muscovite se présente comme minéral secondaire. Je n'ai pas constaté de matière ferro-magnésienne en quantité; parfois on trouve des cristaux idiomorphiques de magnétite.

L'altération a produit la muscovite qui occupe parfois les endroits où le feldspath a été auparavant. D'autre part, la séricite et le kaolin sont des produits d'altération du feldspath. Il y a plusieurs zones de quartz qui sont probablement secondaires.

TUFS PORPHYRITIQUES, ETC.

Distribution. — Au nord de Plancher-les-Mines, sur le flanc de la Planche-des-Belles-Filles, on constate la présence de ces roches et aussi dans quelques autres endroits, sur la Baisse-de-la-Vache, la rive droite du Rahin. A l'est des Maisons forestières, sur le flanc de Saint-Antoine, on les trouve également.

Pétrographie. — La plupart de ces roches sont le résultat du dépôt de matières provenant de la désagrégation et de la pulvérisation des laves par la force de l'explosion produite au moment de leur arrivée à la surface. Comme constituants, on remarque des fragments de roches venues d'une certaine profondeur, ainsi que des morceaux de roches sédimentaires. Etant donné l'état compact dans lequel elles se trouvent aujourd'hui, il est bien possible que certaines d'entre elles aient été formées sous l'eau.

Le *tuf porphyritique* gris-noirâtre est très finement cristallisé et il n'est pas très fréquent dans cette région. Le *tuf siliceux* ressemble, à l'œil nu, à une quartzite, mais l'examen microscopique fait ressortir ses traits volcaniques. Cette roche est caractérisée

par sa couleur gris-clair et sa structure fine. Le *tuf polygénique* est composé d'un mélange considérable de roches de plusieurs espèces, granophyre, andésite, porphyrite, etc... Le tout a une couleur noir-verdâtre dans laquelle se distinguent les taches rouges du jaspe.

INTRUSIONS DANS LE VISÉEN

L'ANDÉSITE

Distribution. — Il suffit de jeter un coup d'œil sur la carte de Plancher-les-Mines pour voir l'extension considérable des intrusions andésitiques.

Dans plusieurs cas, il y a une relation intime entre les intrusions d'andésite et les filons; on peut citer les gisements suivants: le Mont, près de Plancher-les-Mines; Servance; Mont de Vannes, etc..., où on observe cette relation.

L'andésite se trouve en intrusion non seulement dans les sédiments et les roches éruptives d'âge viséen, mais également dans les schistes du Tournaisien, au sud du Viséen, dans le microgranite au sud du massif de granite à amphibole des ballons, dans la monzonite et dans le microgranite (sur la carte du Thillot) entre la diorite et le granite gris porphyroïde.

Pétrographie. — La couleur noire ou noir-verdâtre est typique pour ces roches. Parfois les phénocristaux de feldspath plagioclasiqne sont visibles dans la pâte; c'est notamment le cas dans la roche dite « Labradorite de Belfahy » où des jolis cristaux de Labrador sont dispersés dans une pâte andésitique noirâtre. Les affleurements d'andésite sont très compacts et résistants à l'érosion et font fréquemment un ressaut sur le terrain. Ils s'altèrent assez lentement. Cette altération se manifeste surtout par des changements chimiques telles que la séricitisation des feldspaths et la chloritisation des éléments ferro-magnésiens.

La composition minéralogique de toutes les andésites de cette région est semblable, leur différence ne réside que dans la quantité de phénocristaux de feldspath ou d'éléments ferromagnésiens présents.

Examen microscopique. — Les phénocristaux de plagioclases sont les éléments dominants dans toutes ces andésites; ils varient

entre l'oligoclase et le labrador, l'andésine-labrador le plus fréquemment. Le minéral ferro-magnésien principal est l'augite. Les phénocristaux de plagioclase sont mâclés d'après la loi de l'albite avec plusieurs mâcles de Carlsbad ; on remarque un peu de résorption sur certains de ces cristaux, certains sont zonés. L'altération en séricite et en kaolin est très fréquente dans les phénocristaux de plagioclase.

L'augite des andésites est habituellement idiomorphique et mâclée. En coupes minces, elle est incolore avec fréquemment une corrosion des cristaux par la résorption du magma.

Comme *minéraux accessoires*, on trouve du zircon et de l'apatite. La magnétite et l'ilménite sont également des minerais fréquents. Les produits de l'altération sont la chlorite, la séricite, le kaolin et le quartz.

La pâte est typiquement hyalopilitique et dans beaucoup d'échantillons on voit une structure fluidale très nette. Le verre, assez important dans les interstices des microlithes des plagioclases, est rarement développé en plages considérables.

LABRADORITE DITE DE « BELFAHY »

Distribution. — En amont de Plancher-les-Mines, en suivant la vallée du Rahin, vers la chapelle Saint-Antoine, sur la rive droite, on rencontre un affleurement de cette roche. C'est juste derrière la maison qui se trouve sur la Baisse-de-la-Vache, à l'ouest de la chapelle de Saint-Antoine, et l'affleurement se prolonge sur plusieurs centaines de mètres. On le trouve aussi en haut de la petite colline, près de Belfahy.

Pétrographie. — Il s'agit ici d'une andésite à deux temps qui est caractérisée par la présence de beaux phénocristaux blanchâtres de labrador, parfois 5 sur 10^{mm}, qui nagent dans une pâte noirâtre.

Cette roche, comme le granite à amphibole des Ballons, est une aide, à cause de son apparence frappante, pour retracer l'influence des glaciers dans la distribution des blocs erratiques.

Examen microscopique. — Au microscope, j'ai identifié les gros phénocristaux comme étant du labrador-bytownite (50 à 70 % An). Ils sont fréquemment mâclés d'après les lois de l'albite et de

Carlsbad. Les éléments noirs ferro-magnésiens d'augite sont à l'état de phénocristaux et se trouvent représentés dans la pâte qui comprend des éléments de feldspath plagioclasiqne et des constituants noirs. Toutefois, les gros phénocristaux d'augite peuvent manquer dans bien des coupes minces.

La structure de la pâte est hyalopilitique et la magnétite y est abondante. Les *minéraux d'altération* sont: la calcite, la séricite, le kaolin et un peu de chlorite.

Généralités. — Des débris de cette roche ont été largement arrachés pendant la période glaciaire et se sont disséminés aujourd'hui, témoignant de l'extension des glaciers de cette époque.

Dans la région des quatre vallées: du Rahin, de l'Oignon, du Breuchin et du Raddon, où j'ai concentré mes recherches, je n'ai pas noté d'autres affleurements de cette roche.

GRANOPHYRE

Distribution. — Les deux affleurements les plus caractéristiques de cette roche se trouvent juste au nord de Plancher-les-Mines, où elles forment un massif rocheux dit « les Roches ». Sur la rive gauche, le granophyre est en contact avec des couches sédimentaires, schistes et arkoses qui ont été redressées par l'intrusion. Sur la rive droite, les mêmes formations paraissent être la roche encaissante pour cette masse. Le Rahin coule dans une vallée beaucoup plus étroite où ces roches se joignent.

Près de Ternuay, dans l'endroit dit « Les Etrouitures de Ternuay », cette roche affleure près du chemin Mélisey, Château-Lambert, et les travaux récents ont mis à jour une très jolie structure colonnaire pareille, en petit, à celle de « Giants Causeway », en Irlande. Dans quelques autres endroits qui sont indiqués sur la carte géologique de Plancher-les-Mines, on noterait les intrusions de cette roche.

Pétrographie. — Sa couleur va du rouge au rouge verdâtre où la roche est moins altérée; des phénocristaux de feldspath blanc se détachent sur le fond. On voit quelques petites taches de matière ferro-magnésienne, mais assez espacées. En s'altérant, la roche prend une couleur rosâtre claire en contraste avec le blanc des phénocristaux de feldspath.

Examen microscopique. — Le caractère de la pâte est micropegmatitique et parfois microgranitique et elle contient des phénocristaux d'albite et d'orthose. L'albite est mâclé suivant les lois de Carlsbad et de l'albite.

On observe peu de matière ferro-magnésienne — probablement l'hornblende — qui est maintenant altérée en chlorite.

Les *minéraux accessoires* sont la magnétite et l'oligiste. L'altération a produit la séricite et le kaolin sur le feldspath. La calcite est assez abondante, la chlorite provient de l'altération de la matière noire et l'oligiste est parfois à l'état de pseudomorphose de pyrite. La couleur de la roche est en partie dûe à la présence de l'oligiste dispersé dans l'ensemble de la masse.

Généralités. — Dans l'intrusion du massif, juste en dessous de la Croix-de-Choléra, sur la rive gauche du Rahin, près de Plancher-les-Mines, la roche est en relation avec plusieurs minéralisations, notamment avec le « Loury ».

MICROGRANITE

Parfois, on voit des microgranites dans les sédiments qui entourent le massif de granite à amphibole, mais c'est assez rare. On peut citer par exemple l'intrusion près de Plancher-les-Mines, en relation avec le gisement « Plancher-les-Mines gare ». (Voir page 83.)

Dans le complexe du Viséen, on trouve très rarement cette roche. (Voir page 23 pour la description pétrographique d'une roche semblable.)

TOURNAISIEN

DACITE

Distribution. — Les dacites dans la région étudiée sont surtout développées sur le Mont Ménard, au sud-est de Plancher-les-Mines. M. Thirion a trouvé également ces roches dans la vallée de Giromagny, à l'est du Mont Ménard, et a signalé leur importance de distribution.

Pétrographie. — La dacite est vert-grisâtre clair, avec des taches blanches de plagioclase. Elle est compacte et très résistante à l'érosion. Dans la pâte, on constate des concentrations lamellaires d'un

minéral ferro-magnésien altéré et des éléments plagioclasiques de moyennes dimensions.

Examen microscopique. — Il s'agit ici probablement d'une variété de plagioclase sodico-calcique, probablement une andésine, l'altération a été tellement intense qu'on les détermine avec difficulté. Les phénocristaux de quartz sont quelquefois idiomorphiques, mais fréquemment l'attaque par la résorption a été si avancée qu'on ne distingue pas du tout leur forme originelle.

La matière ferromagnésienne était probablement de la biotite ou de l'augite et parfois de l'amphibole. L'altération a fortement attaqué ces éléments en produisant la chlorite.

Les *minéraux accessoires* sont la magnétite avec un peu d'apatite et de zircon. L'altération des minéraux ferro-magnésiens a produit de la chlorite et de la calcite. Les plagioclases sont très altérés avec formation de séricite et de kaolin.

DIORITE

Distribution. — Dans la région de Ternuay et de Belonchamp, cette roche prend une extension considérable, comme c'est indiqué sur la feuille de Mulhouse-Lure (1).

Sur les cartes que j'ai levées, il n'y avait pour ainsi dire pas traces de cette diorite dans les schistes Tournaisiens. La diorite de Château-Lambert est plutôt de la variété monzonite tirant sur la granodiorite dans certains endroits.

Pétrographie. — La roche est vert-noirâtre, compacte et très résistante à l'érosion. En affleurement, il surgit de la roche encaissante, un schiste d'âge Tournaisien. Même à l'œil nu, on voit des quantités appréciables de magnétite formant des taches noires sur le fond verdâtre de la roche.

L'examen microscopique montre une roche grossièrement cristallisée avec d'importantes masses de matière ferro-magnésienne qui est, principalement, l'augite. Les *plagioclases* sont grands, mais la plupart sont altérés au point d'être méconnaissables. Dans cer-

(1) Carte géologique de Lure et Mulhouse, Michel LEVY et VELAIN, octobre 1911.

taines zones, la magnétite devient très importante et est parfois associée avec l'ilménite et le sphène.

L'altération a changé les plagioclases en séricite et en kaolin, masquant leur composition primaire. L'augite est altérée en épidote et en chlorite. Il y a aussi une formation de quartz secondaire qui a rempli certaines des cavités résultant de l'altération. Ce quartz est introduit aussi suivant des zones de clivages dans quelques minéraux.

CHAPITRE III

TECTONIQUE

GÉNÉRALE POUR L'ENSEMBLE DES VOSGES

Pour commencer cette question, je parlerai d'abord des travaux qui intéressent l'ensemble des Vosges et ensuite je prendrai en détails les questions qui intéressent notre district des Vosges méridionales.

M. J. JUNG (46 p. 44) remarque sur la tectonique hercynienne que des phyllades anciennes, le Dévonien et le Culm, ont été violemment plissés prenant rarement des formes simples. Les lignes directrices, dit-il, ont, comme on le voit sur le schéma (I), une douce courbure en arc formant un S allongé avec une direction N.-S. pour les Vosges centrales et occidentales et une direction E.-W. dans les Vosges septentrionales et orientales.

Il écrit :

« Le massif primaire méridional montre également une disposition des strates en arc doucement incurvé. Cet arc est accusé nettement sur la carte par la disposition du synclinal Viséen qui se suit de Breuchotte près de Luxeuil à Guebwiller par Plancher-les-Mines, Massevaux et Thann. »

Ainsi dans l'ensemble, les directions de stratification décrivent dans les Vosges, la figure d'un S allongé, dont la boucle supérieure est représentée surtout par le massif primaire septentrional, la partie centrale par

les massifs de gneiss et la boucle inférieure par le massif primaire méridional. »

« Si la tectonique de détail nous échappe généralement dans les Vosges, tant à cause de l'obscurité de la stratigraphie que de la complication des plissements, du moins pouvons-nous saisir exactement le tracé de quelques grandes dislocations. Celles-ci apparaissent nettement sur le terrain grâce à la présence de roches laminées ou mylonites, que l'on peut suivre même dans les formations cristallines. »

« Ces trainées de mylonites sont très nombreuses. La plupart d'entre elles ne se poursuivent pas sur de longues distances, elles n'ont alors grande signification et n'ont pas été portées sur la carte. D'autres au contraire, au nombre de trois apparaissent comme des éléments structuraux de première importance par l'amplitude et la régularité de leur développement. Ce sont la dislocation de Lalaye et Lubine, la dislocation de Liepvre et la Bresse et la dislocation de la haute vallée de la Thur. »

« Tandis que la dislocation précédente (de Liepvre et la Bresse) est post-granitique, la ligne de contact anormal que l'on observe dans la vallée de la Thur est antégranitique. Elle est en effet recoupée par les massifs de granite porphyroïde, au contact desquels les mylonites sont métamorphisées. »

« Le parcours de cette ligne est extrêmement irrégulier et, de plus, très difficile à suivre. Les mylonites facilement reconnaissables dans les formations granitiques, passent au contraire, inaperçues dans les schistes et les grauwackes; d'autre part le métamorphisme a effacé les traces du laminage sur un assez vaste domaine, mais la ligne est heureusement jalonnée par des intercalations lenticulaires de terrains de composition spéciale, et par là facilement reconnaissables. Ces lambeaux ou klippe, contiennent des gneiss, des serpentines, des gabbros et des conglomérats à galets de gneiss et de gabbro. Ils sont intercalés entre deux séries de terrains du Culm: l'une située au Sud de la ligne, apparaît comme autochtone; l'autre au Nord, recouvre la précédente. Les principaux jalons de cette ligne sont les klippe du Drumont et du Thalhorn à l'Ouest d'Oderon, qui sont métamorphiques et la klippe de Treh, la plus intéressante, au Nord-Est de la localité de ce nom près du Trehkopf. »

« Aux accidents de la tectonique hercynienne sont venus s'ajouter, au temps tertiaires, de nouveaux accidents d'un style tout différent. »

« Les mouvements alpins se sont traduits par le vaste bombement qui a fait saillir le socle hercynien des Vosges, et par des effondrements dont les plus considérables ont amené la formation de la fosse rhénane. »

M. JUNG continue en indiquant que les failles tertiaires ont été très importantes dans les terrains anciens ainsi que dans la Plaine rhénane et dans la Zone sous-vosgienne. Elles sont distinguées par leur apparence dans les terrains de couverture: Permien et Trias, et parce que les mylonites ne sont pas formées. Ces failles sont très nombreuses et ce n'est que rarement qu'elles atteignent une importance suffisante pour se faire remarquer dans les terrains anciens.

Le granite, dit-il, recoupe toutes les formations, mais l'alignement se fait dans la direction des plis et il constitue la partie anticlinale de ces plis, qu'il a contribué à former.

L'état de nos connaissances, remarque M. JUNG (46, p. 383), est aujourd'hui limité aux traits fondamentaux, tel que le faisceau synclinal de terrains Viséen qui se trouve entre Luxeuil et Thann, tel que l'existence d'une surface de charriage (klippes de Treh et de Talhorn dans la vallée de la Thur). Et il termine en disant que la phase post-granitique est caractérisée par des bombements considérables suivie de certains réajustements avec parfois formation d'écaillés, mais pas de grands charriages.

TECTONIQUE LOCALE

Pour la région qui nous intéresse, les problèmes tectoniques qui se posent sont les suivants: a) *structure générale de cette zone*; b) *intrusifs*; c) *microgranite*; d) *diorite*.

a) M. Albert MICHEL-LÉVY admet qu'il s'agit ici d'un synclinal avec du Dévonien sur les deux côtés, il voit dans les roches basiques qui forment la bordure sud du massif du granite les anciennes couches de calcaire dévonien qui ont été changées en roches basiques par l'activité examorphique et endormorphique du granite.

Il ne semble pas possible d'admettre un âge dévonien pour les formations basiques contiguës au massif de granite dans ce district des Vosges. (Voir pages 5 et 6 pour la discussion sur ce sujet.)

Toutefois, dans le Sud de la carte de Plancher-les-Mines, on note une succession de couches du Tournaisien et du Viséen qui ne peut se traduire que par une structure générale synclinale ou, au moins, monoclinale, qui s'est changée en structure presque isoclinale aux environs de Plancher-les-Mines; cette structure isoclinale diminue en intensité vers l'Ouest. (Voir la coupe géologique de cette zone des Vosges, fig. VI.)

Quant au flanc Nord de ce synclinal, il me semble être dérangé par l'intrusion de granite qui a dû se produire vers la fin du Viséen. Les intrusions et extrusions de roches ignées auraient en quelque sorte bavé sur le flanc Nord, cachant les couches qui devraient réapparaître.

b) Les andésites et autres roches basiques ainsi que les microgranites et la suite des roches acides qu'on trouve en intrusions représentent les dernières phases de l'activité magmatique. Dans

quelques endroits, les roches basiques, diorites, sont coupées par des veines d'aplite et de microgranite; donc, on peut conclure que dans certains cas, les roches basiques sont antérieures aux roches intrusives acides;

c) Les deux microgranites que j'ai étudiés en grand détail sont: soit au Sud, du granite à amphibole des ballons; soit au Nord du massif dioritique et au Sud du granite gris porphyroïde.

1° Dans les différents endroits où j'ai observé cette roche, elle était à grains très fins; le microscope révèle une structure microgranitique tirant parfois sur une structure rhyolitique.

Le contact avec le complexe d'orthophyre et granophyre-brèche au Sud n'est jamais très net à cause, en maints endroits, de la composition semblable au microgranite de certaines des roches de ce complexe.

La question d'âge, plus difficilement résolue pour le contact du Sud, l'est plus facilement pour le contact du Nord, où le contact avec la monzonite est graduel, faisant croire qu'il s'agit d'une différenciation en place.

Le contact entre le granite à amphibole et la monzonite se fait également par gradations sur une distance de quelques centaines de mètres.

2° Au Nord du massif de diorite, le contact est très net entre la diorite et le microgranite, mais en revanche le granite gris porphyroïde change lentement depuis sa structure porphyritique jusqu'au microgranite.

Comme on constate des intrusions d'aplite dans la diorite, il est permis de croire que l'arrivée d'une partie au moins de granite et de microgranite a été postérieure à la mise en place de la diorite. Naturellement, l'aplite peut représenter également une concentration acide dans un autre magma, et ne pas être en association directe avec le granite ou le microgranite au point de vue de l'âge. D'une façon générale, le contact entre la diorite et le granite se fait toujours en passant par le microgranite, ce qui fait penser que le granite est nettement postérieur à la diorite.

d) Comme je viens de le remarquer dans le paragraphe précédent, on constate des intrusions d'aplite dans la diorite. Des contacts avec le granite à amphibole des ballons au Sud, et avec le

microgranite au Nord, et, des renseignements qu'on peut interpréter, en attribuant à cette diorite un âge antérieur à celui du granite.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE DES VOSGES

En parlant de l'histoire des Vosges dans leur ensemble, il me paraît utile de me rapporter à un livre récent. Pour résumer son étude des Vosges, M. JUNG (46, p. 447) remarque :

« La série anté-dévonienne des Vosges est le socle fondamental, le matériel ancien qui, par ses mouvements séculaires, sera la cause des transgressions et des régressions marines et des phases orogéniques. »

« La série dévono-dinantienne répond au matériel neuf qu'utilise la phase constructive hercynienne. »

« Placé au flanc Nord du géanticlinal de l'Europe moyenne, le massif vosgien est d'abord, au dévonien inférieur le siège d'une activité volcanique intense. Au Dévonien moyen, il est atteint par la marée montante de la transgression sédimentaire qui déborde du géosynclinal; aux coulées et aux tufs viennent se mêler des conglomérats, des grès et aussi des récifs. Puis la transgression s'accroît et le dévonien supérieur transporte plus loin au Sud les faciès littoraux: dans la région de Belfort, ce niveau est encore représenté par des schistes de caractère uniforme. »

« Le dépôt du Culm est l'époque du comblement du géosynclinal. »

« Dès le début, c'est-à-dire dès le Tournaisien, les premiers symptômes du plissement se manifestent; la cordillère géanticlinale se soulève, et les fleuves qui s'en écoulent jettent à la mer des masses énormes de sédiments. Placées à mi-chemin entre les régions émergées et les grandes profondeurs marines, les Vosges sont soumises à une sédimentation dans laquelle dominent, suivant les circonstances, les dépôts gréseux terrigènes ou les fines vases pelagiques: les grès à végétaux se mêlent aux schistes à Radiolaires. »

« Pendant le Viséen, le comblement est assez avancé pour que le faciès néritique et littoral domine. Il est ici représenté par des conglomérats, grès, schistes et tufs contenant du calcaire carbonifère; dans la partie tout à fait supérieure de Culm ce sont des dépôts de deltas ou d'estuaires fluviaux, contenant les restes d'une végétation splendidement épanouie. »

« Les plissements se déclenchent vers la fin du Dinantien. Des nappes, qui emportent à la fois le Culm, le Dévonien et les schistes cristallins, glissent les unes sur les autres, s'étirent en lames et s'empilent. C'est une épaisse carapace sous laquelle les masses granitiques s'élèvent; et dans leur mouvement d'intrusion elles découpent les plis qui viennent de se former. Une seconde phase orogénique survient qui entraîne aussi les granites; élevés maintenant au-dessus du niveau général des mers, ils deviennent à leur tour la proie d'une violente érosion. »

« La série permo-houillère retrace l'histoire de la destruction de la chaîne. Les conglomérats du Wesphalien reposent déjà sur les granites rabotés par l'érosion. La pénéplanation s'achève au Stéphaniens et au Permien, à peine troublée par des gauchissements ou des cassures du sol, réaction lointaine des plissements du bassin franco-belge. »

« Les Vosges hercyniennes aplanies sont enfin recouvertes par les

strates uniformes des terrains secondaires: elles ne seront exhumées qu'à l'époque tertiaire, par l'effet des grands plis de fond qui feront tressailler l'avant-pays alpin. »

Pour la région qui nous intéresse particulièrement, mes observations ne m'ont pas permis d'ajouter à cette question des données importantes. Il est nécessaire de voir les Vosges dans leur ensemble, comme l'a fait M. JUNG, pour pouvoir bien en préciser leur histoire.

II^e PARTIE

CHAPITRE IV

INTRODUCTION

Les gisements des Vosges méridionales ont été depuis fort longtemps l'objet de diverses exploitations et ils ont fait le sujet de nombreuses études.

Dans certains de ces gisements, on trouve des témoins de travaux qui paraissent dater des Romains. A Luxeuil-les-Bains, pour mentionner un point connu, on trouve beaucoup de vestiges datant de l'occupation romaine.

CAILLAUX indique (13, p. 88-89) qu'au Moyen-Age, et notamment au XII^e siècle, on a traité de nouveau ces gisements. Les exploitations étaient très actives aux XI^e et XII^e siècles. On y travaillait par le feu et on ne faisait pas de galerie d'écoulement; on ne prenait que le minerai le plus riche, paraît-il.

« Dans les Vosges, l'exploitation (après la découverte de l'Amérique) au commencement du XVI^e siècle fut poursuivie sans discontinuité pendant plus d'un siècle, jusqu'en 1633. C'est à dire, jusqu'à ce que les excès de la guerre de trente ans vinssent anéantir les établissements et déterminer l'abandon des mines. »

« Les mineurs des Vosges aux XV et XVI^e siècles ne vendirent leur

argent que 115 francs le kilogramme. Les redevances, à ce moment, étaient si élevées que les mineurs des Vosges ne recevaient que 22 % des bénéfices totaux. »

Au point de vue des gisements métallifères, GENSANNE, au début du XVIII^e siècle, a parlé des travaux déjà effectués et des minéraux de remplissage des divers gîtes. Son livre (37) est très utile dans la recherche des anciens travaux et comme l'indicateur des restes visibles à cette époque, car beaucoup d'entre eux sont maintenant impossibles à voir. Il y a pourtant quelques indications qui paraissent presque certainement erronées, comme celle du filon perdu de la Vieille-Hutte, lieu situé à près de six kilomètres en amont de Plancher-les-Mines, sur le Rahin.

Au XIX^e siècle, tous ces filons étaient totalement abandonnés.

En 1833, THIRRIA a publié un livre sur les Vosges et a inclus une petite description de plusieurs des gisements connus (84).

DAUBRÉE, en 1850, s'est aussi intéressé à cette région et il a fait paraître un livre sur la géologie du Bas-Rhin et une note sur les gisements de fer du Sud des Vosges et sur la corrélation des gîtes métallifères des Vosges et de la Forêt Noire (23, 24).

Depuis ce temps, quelques notes furent publiées sur la région, parmi lesquelles on peut citer celle de M. L. THIÉBAUT, en 1913, sur les Gîtes de Château-Lambert (80); et sur les mines d'Auxelles (81); et celle de M. THIRION, en 1925, sur les gisements de Giromagny et Auxelles, à l'Est de la région étudiée dans ce travail (82).

Dans cette étude, je diviserai les types différents en trois groupes :

Gisements Cupro-Plombo-Zincifères;

Gisements Ferro-Manganésifères;

Gisements Cupro-Molybdifères.

Je diviserai encore ces variétés de gisements par type de roches encaissantes.

Pour chaque gisement, il y aura une description générale suivie de l'étude particulière, tant au point de vue du remplissage, qu'au point de vue des venues diverses.

En terminant cette étude détaillée, j'en ferai la synthèse en indiquant les principes généraux qui ont présidé à la métallisation et je donnerai des conclusions pour la minéralisation de ce secteur.

HISTORIQUE DE LA RÉGION DE PLANCHER-LES-MINES

Pour cette région, je ne pourrai faire mieux que de me rapporter aux données de THIRRIA (83, p. 336, 9).

THIRRIA indique sur les gisements de la vallée de Plancher-les-Mines que: « Les filons situés sur le territoire de Plancher-les-Mines près du village même et au lieu dit la Vieille-Hutte, sont au nombre de onze. Ils furent exploités pendant longtemps avec bénéfice. L'exploitation cessa en 1760 à cause de l'insuffisance des fonds des entrepreneurs et la mauvaise direction des travaux. Tout porte à croire que plusieurs de ces filons notamment ceux dits de Notre-Dame, du Cramillot et de Saint-Jacques (vallée de Giromagny) pourraient être réexploités avec bénéfice, car ils sont vraisemblablement fort abondants en minerai. »

« GENSANNE le dernier concessionnaire de ces mines en dit ce qui suit dans le mémoire publié en 1756:

« La première mine qu'on a travaillé à Plancher-les-Mines est celle appelée « la Grande Montagne », c'était une rencontre de plusieurs filons qui formaient dans cet endroit un bloc de minerai que les Allemands appellent « stock ». Le minerai est mêlé de plomb, de cuivre et d'argent. Lorsque la mine est bien pure, ou ce que nous appelons mine entière, elle rend 60 à 65 livres de plomb, 2 à 3 livres de cuivre et deux lots d'argent par quintal; elle est très difficile à fondre, à cause de la quantité de blende et d'arsenic qu'elle renferme et qui, malgré toutes les précautions possibles, vitrifie toujours une partie du métal à la fonte. Cette montagne au reste est épuisée, elle est fondue dans toute sa hauteur de part en part, il n'y reste que quelques rameaux qui ne méritent pas attention. Ces travaux sont poussés à une profondeur considérable au-dessous même du niveau du pied de la montagne. Il est vrai que dans cette profondeur on y trouve encore beaucoup de minerai; mais l'abondance des sources et l'idée surtout où l'on est, que l'eau de la rivière y pénètre, sont cause qu'on n'a point encore relevé cet ancien travail. »

« Au revers de la même montagne (Massif de Planche des Belles Filles) est une autre mine appelée Le Loury. Il y a ici deux filons joints ensemble qui se suivent parallèlement; l'un est de cuivre, l'autre de plomb, ils ne donnent que par bouillons et ce qu'il y a de singulier, c'est qu'ils donnent alternativement, tantôt l'un, tantôt l'autre et que la mine de cuivre est piquassée de mine de plomb et que celle de plomb est piquassée de cuivre. Le minerai y est excellent et facile à fondre; il rend ensemble à la grande fonte 12 à 15 livres de cuivre, 30 à 35 livres de plomb et 3 1/2 lots d'argent. Cette mine à la petite épreuve rend aussi deux gros d'or; mais à la fonte, cet or reste uni avec le cuivre et il passe si peu dans le plomb que l'argent qui en provient ne mérite pas le départ. J'ai bien fait des tentatives pour tirer au grand fourneau cet or dans son entier, mais jusqu'à présent je n'ai pu y parvenir, je le trouve toujours dans le cuivre. Ce filon se prolonge jusqu'au revers d'une montagne voisine, appelée Le Cramillot. J'y ai vu un petit travail: le filon y change de nature et ne forme plus deux filons particuliers, il est réduit à un seul qui est de la mine de fer à la surface de la terre. A trois ou quatre toises (6 à 8 m) de profondeur, c'est de la mine de cuivre, plus profond, ce n'est presque que de la mine de plomb qui, à mesure qu'on approfondit, se convertit en mine d'argent. Le minerai y tient également de l'or, mais peu et bien moins qu'au Loury. »

(THIRRIA 369.)

« D'après GENSANNE: « En montant le vallon du même côté de la rivière (Rahin), tout auprès de la verrerie de Saint-Antoine, on trouve un

ancien travail appelé « le Cuivre ». Il y a ici plusieurs filons d'une pierre de quartz blanche tirant sur le spath, mais très dure: le peu de minerai qu'elle renferme ne tient que du cuivre et il paraît, par les décombres, qu'elle n'est pas abondante. Il y a eu ici une ancienne fonderie dont on voit encore les crasses et quelques vestiges. »

« En suivant toujours le même vallon (Rahin) à une lieue (4 kilomètres) plus haut, tout auprès des frontières de Lorraine, on trouve un endroit appelé la Vieille-Hutte. Il y a ici un volume immense de scories ou crasse de fonderie; il ne reste aucune tradition de ce travail, mais à en juger par les indices, il paraît être le plus ancien et le plus considérable qu'il y ait eu dans tout le canton. Il y a trois gros filons qui se suivent parallèlement et qui forment ensemble plus de trois toises (6 m.) de largeur. Les anciens ont travaillé à jour, c'est-à-dire qu'ils ont creusé sur la longueur des filons une fente de plus de 100 toises (200 m.) de long. On ne saurait en connaître la profondeur, cette excavation étant presque entièrement comblée; ce qu'il y a de sûr, c'est que le minerai doit être profond. Le filon dans l'endroit, ou du moins proche de ce travail, est composé d'une pierre jaunâtre molle et feuilletée du genre des calcaires, entrecoupés de petites veines de quartz blanc; sa direction est par les 12 heures, c'est-à-dire Nord et Sud. Un peu plus loin et surtout sous les décombres que j'ai fait découvrir, la pierre est un quartz gris très dur, mêlé de blende cubique et de quelque peu de glaucobalt: on y voit aussi quelques grains semblables à de la mine d'argent gris et qui comme elle, sont entourés d'une espèce de rouille aigue-marine. Ce qu'il y a de singulier c'est qu'il m'a été impossible d'y trouver ni sur le travail, ni dans les décombres, la grosseur d'un petit pois de mine bien caractérisée. Je trouvai dans un précipice les trois filons découverts par la chute d'eau d'un petit ruisseau qui se précipite en bas des rochers: les filons y sont très gros et les mêmes que dans les anciens travaux, avec cette différence qu'il n'y en a qu'un ici qui ait conservé sa nature de pierre jaune. Je le soupçonne de plomb: il tient la droite, c'est-à-dire le côté de l'Est des autres; celui du milieu est un quartz parsemé de mine de cuivre jaune et de malachite bien caractérisée; le 3^e à gauche est une marne noire entrecoupé de quartz bleuâtre, mêlé de blende et de quelques yeux de mine d'argent. Le roc qui accompagne ces filons est une espèce de quartz tirant sur le granite, tout parsemé de blende, à plus de 10 toises (20 m.) de distance des filons. »

Après l'activité de la période de 1760, on n'a guère travaillé ces gisements.

Entre 1905 et 1914, MM. Jules JAPY et CHARPENTIER ont fait faire des travaux, surtout pour essayer de retrouver le gisement de la Vieille-Hutte, sans toutefois y parvenir.

Aujourd'hui, depuis presque une année, M. DELAUZAN, ingénieur, fait réouvrir des anciens travaux et exécute des travaux nouveaux, mais jusqu'à présent, il n'a pas mis de chantiers en exploitation.

LES GISEMENTS CUPRO-PLOMBO-ZINCIFÈRES

Les gisements de ce groupe ont une gangue de quartz, de fluorine, de calcite et de sidérose avec parfois de la barytine; ce der-

nier minéral est rare et on ne le rencontre qu'en petites quantités dans cette région. La *Galène* et la *blende* se trouvent dans presque tous les gisements et la *chalcopyrite* y est fréquemment présente également.

Près de la gare de Plancher-les-Mines, on observe une minéralisation de *mispickel*, *galène* argentifère et *quartz*, qu'on rattache à ce groupe par la présence de *plomb* et d'*argent*.

Je reprendrai ces gisements par catégorie, en les divisant suivant le type de la roche encaissante. On constate ces gisements dans les schistes du Tournaisien, dans les *arkoses*, *granophyres* et *orthophyres-brèches* qui sont généralement rapportées au Viséen, dans la *monzonite* et la *diorite*, ainsi que dans le *granite*. Dans les endroits où se trouvent ces filons, on peut observer les roches basiques à peu de distance.

Schistes Tournaisiens. — En relation avec ces schistes, il convient de mentionner le gisement de *Mont-de-Vannes*, près de *Mélieux*; le *Magny de Fresse*, près de *Ternuay* et *Mont-de-Vannes*; le *Combrageot*, près de *Ternuay* et le *Mont*, près de *Plancher-les-Mines*.

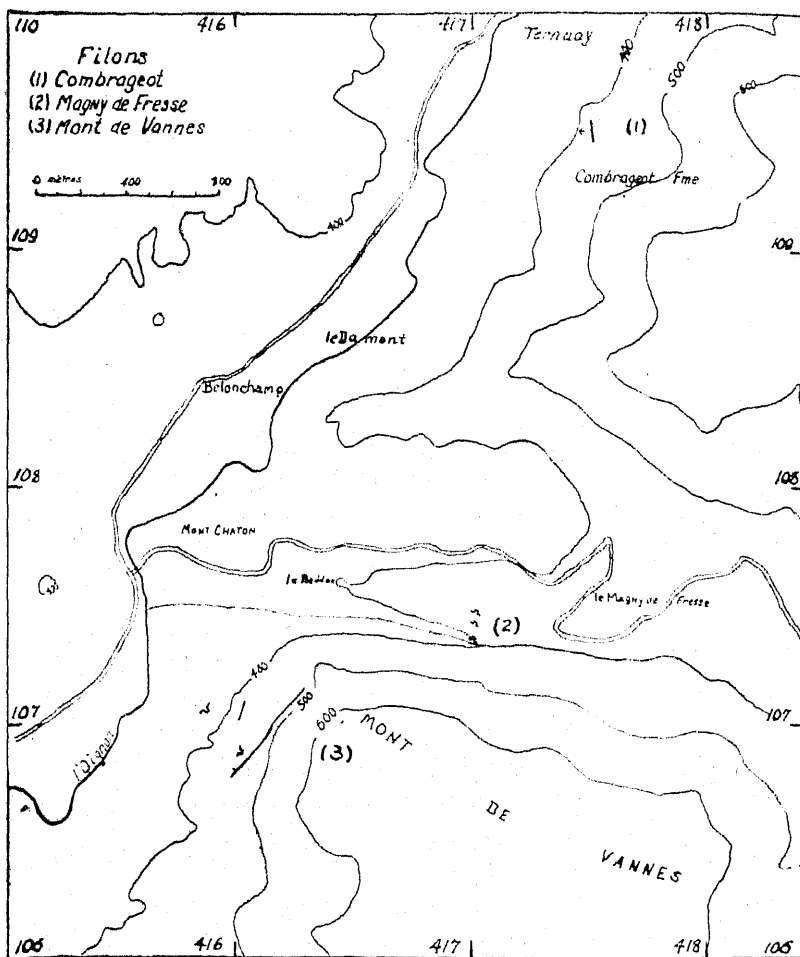
Complexe d'arkoses, conglomérats, granophyres, etc., du Viséen. — Cette zone de roches contient le groupe important des gisements de *Plancher-les-Mines*, dont ceux de: la *Grande Montagne*, le *Loury*, *Baisse-de-la-Vache*, *Crémillot*, groupe *Avant la Croix du Choléra*, groupe après la *Croix du Choléra* et *Pont-Petignan*.

Zone de la monzonite. — Le filon dit « *Pont-Piron* » se trouve dans la zone de la *monzonite* de la haute vallée du *Rahin*. Dans ce filon, les différentes minéralisations sont très distinctes.

Zone de la diorite. — Près du fort de *Château-Lambert*, dans la *diorite*, on observe un gisement contenant principalement la *galène* dans une gangue de *fluorine* avec accessoirement un peu de *blende*.

Zone du granite. — Dans la *granite* à *amphibole* des *Ballons* de la haute vallée du *Rahin*, on peut constater une minéralisation que, pour les besoins de ce travail, j'appellerai « *Vieille-Hutte* ». Ce n'est probablement pas le fameux gisement dont parlait *GENSANNE*,

Près de *Rovillers*, dans la vallée de *Raddon*, on trouve le gisement dit « *Saint-Bresson* ».



II. Schéma montrant les filons :

(1) Combrageot, (2) Magny de Fresse, (3) Mont de Vannes.

GITES DANS LES SCHISTES DU TOURNAISIEN

MONT DE VANNES

Position géographique et géologie générale. — A deux kilomètres et demi à l'Est Nord-Est de Melisey et à deux kilomètres au Sud de Belonchamp, le gisement du « Mont de Vannes » renferme du plomb, du zinc et du cuivre, avec une gangue de quartz, fluorine, calcite et barytine.

Ce gisement est situé dans une massif d'andésite de la vallée de l'Oignon, non loin du contact avec les schistes d'âge tournaisien; il contient un mélange de galène, blende et chalcopyrite.

Il est possible de tracer le filon du Nord-Est, sur cinq ou six cents mètres depuis le point X = 415,95 Y = 106,08 (1), un peu au Nord-Est de l'endroit dit « Les Granges du Mont de Vannes ».

Au Sud du massif d'andésite, on trouve des roches dioritiques affleurant dans les schistes. Sur la rive droite de l'Oignon, on retrouve le même dispositif. La couverture du mont de Vannes est composée de grès Vosgien et de grès bigarré triasiques.

La description du gisement. — Ici le filon principal se dirige N 25° E et le pendage est environ 65° au Nord-Ouest-Nord. Sa puissance varie depuis une dizaine de centimètres jusqu'à un mètre. On peut suivre ce filon sur presque 450 mètres, tout le long du filon, on observe des variations dans l'épaisseur et dans la

(1) Coordonnées du plan directeur au $\frac{1}{20.000}$. Les feuilles utilisées pour

ce travail sont celles du Ballon d'Alsace et Melisey.

* Pour situer un point sur la carte (20.000^e du Service Géographique) le procédé est le suivant: le premier numéro (X) l'abscisse donne la position Est-Ouest avec les trois chiffres qui se rapportent aux coordonnées de la carte, après la virgule c'est la fraction de distance entre les coordonnées. Comme les coordonnées sont espacées de 1.000 mètres, 221,1 indique le point qui se trouve 100 mètre à l'Est de la coordonnées 221,0.

Le deuxième numéro (Y) l'ordonnée est celui qui indique le point Nord-Sud, de la même manière.

A partir de cet endroit, je ne répéterai plus X et Y, les coordonnées étant notées d'après la méthode expliquée plus haut.

minéralisation. Mes observations ne m'ont pas permis de voir une relation entre les élargissements et la nature de la minéralisation.

A l'Ouest, à une trentaine de mètres du filon principal, on rencontre une fracture minéralisée dans l'andésite. Cette cassure est orientée N 17° E et le pendage est de 65° Est.

Au Nord-Ouest du travers banc principal, sur le grand filon, il y a une cassure minéralisée avec du quartz stérile que paraît être la prolongation de la même fracture que celle décrite ci-dessus. Sa direction est N 20° E et le pendage est de 60° vers l'Est.

LES MINÉRAUX

La Gangue

Primaire	Secondaire
Quartz	Quartz
Fluorine	
Calcite	
Barytine	

Les Minerais

Galène	Pyromorphite
Blende	
Chalcopryrite	Erubescite (Bornite)
Pyrite	

La Gangue

Quartz et calcédoine. — Une partie de la minéralisation est composée de quartz laiteux contenant de la galène. Dans d'autres parties du filon, le quartz est mélangé avec de la fluorine et renferme également de la galène. En plus de ces deux modes, il y a dans le filon des endroits où les roches ont été tellement silicifiées qu'elles sont indéterminables. Les dernières venues de quartz ont fait des moulages autour des cristaux idiomorphique de fluorine avec des faces p, et elles ont donné lieu à une couche de quartz cryptocristallin qui couvre la fluorine dans certains endroits. D'autre part, le quartz a été déposé autour de la fluorine et se trouve actuellement à l'état spongieux, à cause de la dissolution de la fluorine.

Le quartz secondaire se trouve en trois variétés: une compacte en bandes — la calcédoine — la deuxième en cristaux couvrant la calcédoine et la fluorine, la troisième en moulage autour de la fluorine et dans une forme spongieuse.

Les cristaux de quartz ont la forme caractéristique $pe\frac{1}{2}$ et e^2 .

Fluorine. — Une grande partie de la blende paraît être en association avec la fluorine. Certaines passées de la minéralisation sont composées d'un mélange de quartz et de fluorine. Les cristaux bien développés de

fluorine font croire à la présence d'ouvertures pendant la période de la cristallisation. La principale partie de la fluorine est blanc-verdâtre, mais il y a des passages nettement verdâtres et d'autres pourpres. Les cristaux sont simples avec les faces p.

Calcite. — Ce minéral est assez rare dans le gisement et se trouve dans l'échantillon que j'ai vu, sur le quartz.

Aragonite. — Sur un échantillon provenant de la collection Nicklès, j'ai observé les faces suivantes de ce minéral (p, m, g',); (m, g', e^z, p), aussi des mâcles par accollement de trois prismes en réseau pseudo-hexagonal.

Barytine. — Dans une section du gisement, il y a un développement de barytine lamellaire avec le quartz, sa structure ouverte semble indiquer que ces deux minéraux ont eu un libre développement.

La barytine est blanc grisâtre, et le quartz a un aspect de roche pourrie. Autour de cette minéralisation on observe des traces de pyrite.

Les Minerais

Galène. — En association avec ce minéral, la gangue est composée de fluorine, de quartz et parfois de la réunion de ces deux minéraux. Dans la fluorine, les concentrations sont plus considérables, et le développement tend à former des mouches de quelques centimètres de largeur. Lorsque la gangue est mélangée, la galène est plus finement cristallisée. D'après les indications de ceux qui y ont travaillé, et les échantillons que j'ai vus, il y avait bien plus de galène que de blende dans la minéralisation. Cette galène contient environ 400 à 500 grammes d'argent à la tonne (1).

Blende. — Les concentrations de ce minéral se sont effectuées dans beaucoup d'endroits, contre les parois. Suivant cette zone de blende, qui est mélangée avec un peu de fluorine, vient une zone de fluorine stérile. Comme pour la galène, la blende se trouve parfois en relation avec une gangue résultant d'un mélange de fluorine et de quartz.

Chalcopyrite. — En relation avec une zone de brèche provenant des sabandes qui est cimentée principalement par le quartz, et accessoirement par la fluorine, s'observe de la chalcopyrite associée à l'érubescite.

Pyrite. — En association avec la barytine et le quartz, dans certains échantillons du gisement on constate la présence d'un peu de pyrite.

Les minerais secondaires

Pyromorphite. — Quelques traces de ce minéral dans les zones superficielles du gisement ont été observées. La couleur vert d'herbe des formes botryoïdes y était caractéristique.

Erubescite (Bornite). — C'est à l'état poussiéreux ou désagrégé, que se trouve ce minéral provenant de l'altération de la chalcopyrite. Comme la chalcopyrite n'est pas abondante dans ce gisement, l'érubescite s'y trouve en faible quantité.

(1) Communication personnelle de M. Lecointre-Patin.

MODE DE REMPLISSAGE

D'après l'examen des échantillons provenant du gisement de Mont de Vannes, il semble qu'il y ait deux enrichissements importants; un de galène et un de blende.

Les concentrations de blende se trouvent fréquemment près des parois suivies par une zone de fluorine stérile ou presque stérile. Cette formation présente une structure vacuolaire avec beaucoup de cristaux idiomorphiques de fluorine remplissant des cavités, tapissées de quartz superficiellement.

L'autre minéralisation est celle de la galène avec une gangue de quartz ou de quartz et de fluorine. La formation de la barytine et les moulages de quartz autour de la fluorine sont les dernières manifestations de la minéralisation.

On peut noter la structure bréchoïde dans certaines sections du remplissage et la présence de fragments des salbandes angulaires et silicifiés.

La barytine avec la fluorine et la pyrite se trouvent dans des échantillons qui ont dû provenir des travaux supérieurs, et leur aspect est comparable à celui qui est développé dans les chapeaux des filons. Le quartz est d'une couleur gris-rougeâtre pareille à l'espèce dite « Quartz pourri ».

GENESE

Dans l'examen des échantillons de la mine et l'étude des affleurements visibles, il apparaît que la blende, en association avec la fluorine, est le résultat d'une première venue. Ensuite est venue une minéralisation de galène en relation avec la fluorine, et avec la fluorine le quartz. La troisième période est représentée par la fluorine stérile et, vers la surface, par la barytine avec la pyrite. Une quatrième période de dépôt aurait effectué les moulages en quartz sur la fluorine; cette fluorine a été ensuite dissoute en laissant le moule vide.

Pour résumer :

- 1° Fluorine, blende, et un peu de galène (Chalcopyrite);
- 2° Fluorine, un peu de quartz et galène;

3° Fluorine. quartz, barytine, pyrite;

4° Quartz et calcédoine; dissolution d'une partie de la fluorine.

La juxtaposition des massifs d'andésite à ces minéralisations laisse croire que les solutions minéralisées ont suivi la même voie que l'andésite, et même que, peut-être ces solutions sont la dernière phase du refroidissement du magma qui a produit aussi l'andésite.

LE MAGNY DE FRESSE

Position géographique et géologique générale. — Le gisement dit « Le Magny de Fresse » est situé à 3 km 400, à l'Ouest Nord-Ouest de Mélisey, et à 1 km 600 au Sud-Ouest de Belonchamp.

Autour de la minéralisation se trouvent les schistes tournaisiens contenant beaucoup d'intrusions de roches ignées. Tout près du gisement, il y a des andésites et, au Nord, à deux cents mètres, le microgranite.

Quelques-unes des petites galeries sont alignées Nord-Sud, et la première est à une centaine de mètres à l'Ouest du barrage de la chute des « Scieries et Minoterie du Creuzot » dans le fond de la ravine qui laisse s'écouler les eaux de la vallée de Fresse.

Il convient de signaler, ici, que cette gorge étroite est d'âge récent, Post-Pleistocène, formée par suite de l'encombrement de l'ancienne vallée, vers le Magny de Fresse, par une moraine glaciaire. Dans son livre sur les glaciers des Vosges (59) M. MEYER donne une description de ce phénomène.

Ici, comme dans le cas du filon du « Mont de Vannes » l'andésite paraît être en relation intime avec les venues minérales.

Histoire

Dans son livre sur les Vosges (83, p. 371) THIRRIA indique:

« Il existe deux filons dans la commune de Fresse, l'un près du hameau du Magny, et l'autre au Mont de Vannes, lesquels sont quartzeux, et renferment de la galène et du cuivre gris argentifère en trop petite quantité, pour mériter d'être explorés. L'exploitation, qui a été d'assez longue durée, a été abandonnée en 1740. Gensanne s'exprime ainsi sur ces mines dans le mémoire précité:

• « Un peu plus haut que Ternuay, dans la paroisse de Fresse, on trouve un ancien travail d'une grande profondeur. Le filon, qu'on a ouvert

en 1793, donne du cuivre et du plomb et de l'argent, mais en si petite quantité qu'on n'a pas cru devoir en poursuivre le travail.

A un quart de lieu (1.000 m.) de là (Fresse) est la montagne du Mont de Vanne. Il y a ici plusieurs petits travaux commencés par les anciens sur les filons de mine de plomb. En général, ces dernières mines sont peu considérables, et ne paraissent pas mériter qu'on y hasarde une dépense. »

Plus récemment, entre 1905 et 1910, on a travaillé sur le gisement du Mont de Vannes, en extrayant la fluorinne et la galène. Depuis ce moment, il n'y a pas eu d'autres travaux.

Description du filon. — La veine qui se trouve dans une andésite est orientée au N 20° E avec pendage de 70° à l'Est.

La colline est couverte d'éboulis que cachent l'affleurement du filon, mais la longueur est certainement de près de 50 mètres si l'on juge d'après la distance entre les travaux où l'on peut en constater la présence.

Mes recherches pour retrouver le filon sur le haut de la colline, suivant son prolongement, sont restées infructueuses.

Il me semble, d'après les travaux limités que l'on voit aujourd'hui, que la minéralisation n'a pas été très intense dans les parties superficielles du gisement.

MINÉRALOGIE DU GISEMENT

Gangue	Minerais
Quartz	Galène
Calcite	Blende
Fluorine	

Gangue

Quartz. — Dans le remplissage, le quartz est blanc, du type filonien, contenant des fragments de roche provenant des murs. Le minerai associé est très rare ou nul. La quantité de quartz ne paraît pas très considérable dans le remplissage.

Calcite. — En relation avec les minerais, la calcite est la gangue prédominante. Dans certains passages, elle se trouve en grandes masses cristallines blanchâtres; mais là où la minéralisation en galène est plus importante, les cristaux sont plus petits. La calcite agit comme ciment dans les zones du remplissage où une brèche provenant des parois s'est développée.

Minerais

Galène. — Dans les zones bréchoïdes, les petits cristaux de galène sont surtout abondants. Il est plus rare de voir la galène dans la calcite mas-

sive, et très rarement dans le quartz. La calcite s'associe avec ce minéral, mais surtout dans la brèche comme ciment et parfois comme gangue.

Blende. — Il y a quelques petites veines de blende dans les endroits où la galène est particulièrement développée. Sa couleur est brunâtre, avec l'éclat vitreux typique.

MODE DE REMPLISSAGE

On constate une minéralisation de quartz dans laquelle des inclusions de la roche encaissante, une andésite finement cristallisée, sont fréquentes.

La galène et la blende se trouvent en relation avec un remplissage de calcite dans les zones de brèche. La brèche est formée d'andésite compacte et le ciment est la calcite blanchâtre finement cristallisée avec un peu de chlorite, de galène et de blende.

Dans certains endroits, la calcite a pu avoir un libre développement, et il en est résulté des cristaux idiomorphiques.

D'après le peu de renseignements que j'ai eus sur la minéralisation à cet endroit, il me semble être en présence de l'ordre de dépôt suivant :

- 1° Quartz avec une brèche formée de fragments d'andésite;
- 2° Calcite avec galène et blende.

Ces remplissages sont probablement le résultat de dépôts par des solutions hydrothermales de provenance magmatique.

LE GISEMENT DE « COMBRAGEOT »

Position géographique et géologique générale. — Le filon se trouve dans la vallée de l'Oignon à 750 m. au Sud de l'église de Ternuay, et à peu près à 200 m. au Nord-Est de la ferme Combrageot. La position exacte est « 417,5 — 109,5 ».

Il est situé dans les schistes noirs caractéristiques du Tournaisien, près d'une intrusion d'andésite. Au Sud-Ouest la diorite prend un développement qui donne lieu à une exploitation en carrières. Dans la région de Combrageot, les intrusions de roches basiques sont nombreuses comme aux environs du filon de « Magny de Fresse » et du filon « Mont de Vannes ». Sur le haut de la colline au flanc duquel le gisement est situé, le grès triasique repose horizontalement.

Description du gisement. — On rencontre deux petites minéralisations : une au contact du schiste avec l'andésite et l'autre dans la masse de l'andésite. Leur direction est N 170° E ou presque Nord-Sud et leur pendage est de 75° à l'Ouest.

J'ai pu suivre ces enrichissements sur environ vingt cinq mètres et leur largeur était d'à peu près 0 m. 30.

Minéraux

<u>Gangue</u>	<u>Minerais</u>
Quartz	Galène
Fluorine	Pyromorphite (Secondaire)

Quartz. — Une partie du remplissage de ce gisement est formée du quartz; mais dans les endroits où il y a de la galène, la fluorine est aussi importante, sinon plus, que le quartz. Dans les échantillons que j'ai vus, le vrai quartz massif n'était pas représenté, il était seulement sous la forme granulaire.

Fluorine. — Ici la couleur jaune est prédominante pour ce minéral, et il apparaît dans tous les endroits où j'ai vu de la galène. La fluorine est généralement finement cristallisée.

Minerais

Galène. — Dans un remplissage de fluorine et de quartz, on observe des petits cristaux de galène; la fluorine paraît être prédominante dans ces endroits.

Remplissage. — Dans les petites veines de Combrageot, la galène apparaît avec une gangue de quartz et de fluorine. Une structure bréchiforme y est fréquente et le tout a été très silicifié, de plus, le caractère vacuolaire se remarque dans presque tous les remplissages. La quantité de galène est négligeable et il est rare d'en voir des plages de plus de quelques millimètres. La dissolution de la fluorine a laissé, en plusieurs endroits, une structure spongieuse.

D'après l'affleurement réduit de ce filon et les échantillons peu nombreux, il m'est impossible de fixer l'ordre exact des venues. Il me semble, toutefois, que la galène a été introduite avec le quartz et la fluorine, et que cette période a été suivie par une activité qui a dissout une partie de la fluorine. Cette dernière relation est nettement démontrée par les veines de quartz stérile qui coupent la minéralisation, et par l'incrustation de quartz déposé sur la première venue.

LE GISEMENT DU « MONT »

Position géographique et géologie générale. — A 1 kil. 600 au sud-ouest de Plancher-les-Mines, on rencontre le gisement dit « Le Mont », à « 424,4-106,3 » (plus exactement, c'est à 600 mètres au nord du village du Mont).

Cette minéralisation a été exploitée à une vingtaine de mètres au nord du chemin qui mène de la vallée du Rahin à Belonchamp, via Fresse. Dans les travaux, l'andésite apparaît à l'ouest des schistes, et forme un massif de cent mètres sur deux cents. Juste au Sud, l'arkose du Viséen est visible, on le constate également un peu au nord du massif (1).

L'association intime de l'andésite et de la minéralisation fait penser que l'origine des solutions minéralisatrices doit être en rapport avec l'origine de cette intrusion. La fracture qui est remplie par ce gîte doit être classée avec les fractures de contact entre les intrusions de roches ignées et les sédiments.

LES MINÉRAUX

La Gangue

Primaires

Quartz
Fluorine
Calcite
Sidérose

Secondaires

Quartz

Les Minerais

Blende
Galène
Chalcopryrite

Cérusite
Limonite

Quartz. — Ce minéral est représenté ici en deux phases; il accompagne la minéralisation métallique en petite quantité et il s'est formé lors des dernières venues de minéraux stériles. Dans la première de ces phases le quartz est finement granulaire et dans la deuxième il est fréquemment cristallisé en pyramides.

Fluorine. — La quantité de fluorine est plus considérable que celle des autres minéraux et, comme le quartz, elle se trouve en deux phases; la première accompagnant les minéraux métalliques et la deuxième dans la dernière venue stérile. Les formes géométriques que j'ai constatées dans cette dernière venue étaient des cubes, avec des faces simples, p.

Calcite. — En relation avec les minerais, on observe un peu de calcite blanchâtre ou jaunâtre, il n'y en a qu'une faible quantité, et je n'y ai pas observé de formes géométriques.

Sidérose. — Dans la minéralisation métallique, et en coupant la roche

(1) Voir carte géologique de Plancher-les-Mines.

encaissante, j'ai observé des petites veines de sidérose. Elle se trouve dans des proportions à peu près égales à celles de la calcite.

Les Minerais

Blende. — Le minerai le plus important dans le filon du Mont est la blende. Généralement ce minéral est finement cristallisé, mais parfois on voit des aggrégations de blende plus grossièrement développées.

Galène. — En comparaison avec la blende, ce minéral est plus rarement observé; il est en petites masses fréquemment déposées sur la blende.

Chalcopyrite. — Dans le remplissage métallique, on constate parfois des points de ce minerai de cuivre, le plus souvent en relation avec la galène.

Limonite. — L'altération de la sidérose en quelques endroits près de la surface du gisement a donné cet oxyde de fer hydraté.

Cérusite. — Vers la surface, on constate des altérations de galène formant ce carbonate blanchâtre.

Nature du remplissage et genèse

La blende est le minerai le plus important, et la fluorine la gangue prédominante.

L'étude des échantillons tend à démontrer qu'il y avait d'abord une bréchisation suivie d'une venue minéralisatrice qui aurait apporté la plus grande partie de la blende, un peu de galène et encore moins de chalcopyrite. La gangue est composée principalement de fluorine avec du quartz, et accessoirement de calcite et de sidérose. Dans cette venue, la blende paraît être le premier minerai formé, la fluorine a fréquemment des formes cubiques entourées de calcite et de sidérose. On observe, déposés sur cette minéralisation, des cristaux cubiques de fluorine entourés de cristaux pyramidaux de quartz. L'altération a produit la limonite et la cérusite.

On peut résumer ainsi :

1. Blende, galène, chalcopyrite avec gangue de fluorine, quartz, calcite et sidérose;

2. Venues stériles de fluorine et de quartz.

Il s'agit ici d'une minéralisation hydrothermale formée à une profondeur moyenne, près du contact d'une andésite avec les schistes du Tournaisien.

Gîtes dans le Complexe du Viseen

LE FILON DE LA GRANDE MONTAGNE

Position géographique et géologie générale. — Le lieu dit « La Grande Montagne » se trouve à l'ouest du village de Plancher-les-Mines, dans la vallée du Rahin. Le filon commence vers le point « 425,3-107,03 », et il traverse la montagne vers « 425,3-107,7 », où, enfin, il se perd dans l'ébouli.

Un massif d'andésite forme la Grande Montagne, et sur chaque côté il y a des couches de conglomérat arkosique.

Le filon paraît prendre naissance dans une brèche granophyrique au Sud, et en traversant la montagne, regagner le conglomérat pour se perdre. Il est fort probable que la minéralisation remplisse ici une fracture qui fut formée en même temps que celles de la région ayant approximativement la même direction. Les principales vallées dans ce district des Vosges ont à peu près la même direction N.-E. que ce filon.

Description du filon. — A l'extrémité sud, la direction est N 60° en montant au Nord, vers le col, elle passe de N 50° E, jusqu'au N 30° E dans le col lui-même, où l'affleurement est observé suivant l'horizontale sur quelque distance. La direction réelle paraît être environ N 40° E.

Ici, il est très difficile de se rendre compte du pendage, les travaux étant tout à fait tombés en ruines. D'après les endroits où j'ai pu voir les travaux, il me semble que le filon est presque vertical.

En rapport avec le filon, on constate une minéralisation subsidiaire qui se dirige N 175° E, et se prolonge vers le Sud depuis son croisement avec le filon principal, qui a la direction N 40° E. Le croisement de ces deux filons se fait près du col, et c'est peut-être bien sur la jonction de ces deux plans que se sont portés, à la Grande Montagne, des travaux très importants.

La dimension des différents puits et la grandeur des tranchées indique une minéralisation qui aurait pu atteindre un mètre, ou un peu plus, de largeur.

M. DELAUZUN (1) m'a indiqué qu'il a trouvé une dizaine de petits fractures minéralisées en plus du grand remplissage dans le massif d'andésite de la Grande Montagne. D'après lui, elles auraient toutes une direction d'environ N 20° E.

J'ai tracé les indications du filon sur plus de 400 mètres au Nord, en sortant du massif d'andésite, il vient buter contre un dyke de granophyre après avoir traversé quelques sédiments du Viséen. Ce dyke de granophyre forme une masse sur la rive droite du Rahin, ainsi que sur la rive gauche où, alors, on voit se développer la suite des filons du « Loury ». (Voir page 33 pour la description pétrographique de cette roche.)

Au Sud, le filon paraît sortir également du massif d'andésite pour entrer dans les conglomérats arkosiques du Viséen. La minéralisation semble se perdre avant d'arriver à la route en bas de la Grande Montagne, vers le Sud.

LES MINÉRAIS

La Gangue

Primaires	Secondaires
Quartz	Quartz
Fluorine	

Les Minerais

Blende	Pyromorphite
Galène	Malachite
Chalcopryrite	

Quartz. — La blende, la galène et la chalcopryrite sont associées avec une gangue dans laquelle le quartz est un des principaux constituants. Un quartz finement cristallisé est en relation avec la fluorine et des inclusions de roches des salbandes. Probablement vers la fin de la période de minéralisation, une venue de quartz stérile a couvert les vacuoles et les parties de la cassure encore ouvertes. C'est cette dernière venue qui a probablement formé les moulages de quartz autour des cristaux de fluorine avec les faces p. Certains cristaux de quartz montrent les faces suivantes: pe $\frac{1}{2}$ et e³.

Fluorine. — Ce minéral est très important dans ce filon, et on note que les trois principaux minerais: la galène, la blende et la chalcopryrite sont en relation avec celle-ci. Ici, la couleur est surtout brun jaunâtre blanchâtre.

(1) Communication personnelle.

Les Minerais

Galène. — Ce minerai est associé dans beaucoup d'échantillons avec la fluorine et le quartz. En relation avec la fluorine, il est cristallisé dans les plages plus considérables que celle qu'on trouve dans les zones de quartz et de quartz et fluorine. Il est argentifère comme l'est la galène dans beaucoup de ces gisement des Vosges et des autres régions. L'altération a donné de la pyromorphite.

GENSANNE indiquait (Voir page 43 pour les détails), une teneur en argent d'environ 580 grammes par tonne pour le minerai de galène riche. Et CAILLAUX indiquait une teneur en argent entre 650 à 1.200 grammes par tonne.

Blende. — Ici, la blende est d'une couleur assez foncée avec un lustre résineux sur les cassures. La gangue dans laquelle elle se trouve est généralement du quartz, mais parfois c'est aussi de la fluorine.

Chalcopyrite. — C'est surtout dans la région du filon croiseur que j'ai rencontré des échantillons de chalcopyrite accompagnée par de la fluorine avec accessoirement du quartz.

Les Minerais

Malachite. — Associé avec le quartz, on trouve des filets de ce minéral verdâtre, qui dénote l'existence antérieure d'un minéral cuivreux.

Pyromorphite. — Ce minéral verdâtre, qui paraît comme une incrustation sur le quartz et sur les roches des parois, résulte de l'altération de la galène. Il n'y en n'a pas beaucoup dans le gisement, et il est probablement concentré dans les zones superficielles.

Mode de remplissage

La galène est le minerai prédominant, et il me semble que dans le filon de la Grande Montagne la galène se trouve presque aussi fréquemment en relation avec la fluorine qu'avec le quartz.

Dans ce gisement, il y a deux remplissages qui sont particulièrement nets; l'un montrant la galène, la chalcopyrite, la blende avec une gangue de quartz; l'autre la galène avec la fluorine comme gangue.

Il est rare que des grains de galène dépassent 7 à 8 mm. de largeur dans les zones de minéralisation. Après la galène, la chalcopyrite est le minerai le plus important. La blende, qui est d'ordre secondaire, se trouve en général avec le quartz blanc. On la trouve parfois avec la galène, mais beaucoup moins fréquemment avec la chalcopyrite.

La structure ressemble un peu à celle des formations rubannées, mais pas régulièrement développées. L'étude des échantillons semble indiquer la présence d'une brèche, mais toutefois pas très nettement.

La minéralisation contenant la galène et la fluorine est assez abondante, et la dimension des grains de galène permettrait une séparation facile des grains de quartz et de fluorine par le traitement mécanique.

On remarque dans le quartz des empreintes de fluorine dues à la dissolution de la fluorine après la formation d'une couche de quartz autour de ces cristaux. Le quartz contenant ces empreintes paraît être stérile et doit correspondre à une dernière venue.

Age du remplissage. — Les formations les plus récentes qui ont été traversées par le filon de la Grande Montagne sont d'âge viséen. Il est donc impossible de préciser leur âge plus que par le terme de Post-Viséen (1).

Genèse. — La première venue paraît être le remplissage contenant de la galène, de la chalcoppyrite, avec une gangue de quartz et de fluorine. Dans plusieurs des échantillons que j'ai vus, cette minéralisation est plaquée contre les parois, suivie et coupée par une zone de fluorine et de galène. Evidemment, la circulation des solutions qui ont donné naissance à la deuxième minéralisation a causé un peu de redissolution et un nouveau dépôt des minéraux préexistants.

La deuxième venue est la galène avec une gangue de fluorine. Elle est moins importante en quantité, mais souvent plus riche en minerai.

La troisième venue a déposé le quartz stérile dans les ouvertures et sur les cristaux de fluorine.

On peut résumer ainsi :

1. Galène, chalcoppyrite avec gangue de quartz et fluorine;
2. Galène et fluorine;
3. Quartz stérile.

LE GISEMENT DU « LOURY »

Position géographique et géologie générale. — Au sud-ouest de la Croix-du-Choléra, à quelques centaines de mètres, on rencontre deux galeries qui ont suivi des filons : l'une est ouverte vers « 425,8-107,6 », et l'autre vers « 425,9-107,9 ».

(1) Voir page 129 pour la discussion sur l'âge des filons.

Toutes deux sont dans le conglomérat arkosique, mais non loin du massif andésitique qui est au nord-est de l'église de Plancher-les-Mines, sur la rive gauche du Rahin. Le deuxième groupe de travaux est à une vingtaine de mètres de l'intrusion de granophyre qui forme les « Roches » de Plancher-les-Mines.

Description du gisement. — Sur le dessin (V) on observe deux groupes de travaux (a) et (b).

Dans la première galerie on rencontre un petit filon ayant une direction de N 40° E, avec un pendage presque vertical. M. DELAUZUN (1) appelle ces travaux : « Mine du Chêne ». L'épaisseur était négligeable, et la minéralisation ne contenait que du quartz, de la fluorine et quelques petites taches de malachite. Les couches d'arkose ont ici une direction de N 110° E, et un pendage de 50° au Sud.

Entre les premiers travaux et le deuxième groupe, j'ai observé un petit filon de quartz et fluorine stérile ayant une direction de N 10° E et une épaisseur de 4 à 10 cm.

Dans le deuxième groupe de travaux, une galerie suit pendant plusieurs dizaines de mètres un filon ayant une direction de N 25° E, et un pendage de 70° E. L'épaisseur va de 0 m. 10 à 0 m. 40.

Ici, les couches d'arkose ont la même direction qu'avant, N 110° E, mais le pendage est moins important, et varie entre 10° et 30° au Sud.

LES MINÉRAUX

Gangue	Minerais
Quartz	Galène
Fluorine	Chalcopyrite
	Malachite (Secondaire)
	Pyrite

Quartz. — Le quartz filonien blanc est le type qu'on rencontre dans les deux minéralisations de ce gîte. En relation avec ce quartz, se rencontrent des petits cristaux de galène et des filets de chalcopyrite. On rencontre des cristaux aux faces $pe\frac{1}{2}$ et e^2 , aussi la variété comprimée d'Haiy avec les mêmes faces.

Fluorine. — Les deux variétés sont colorées en brun et en vert-bleuâtre. Ce minéral est fréquemment idiomorphe et souvent en association avec la galène dans les échantillons que j'ai vus. Un ensemble de galène et de

(1) Communication personnelle.

quartz contenait de la chalcoppyrite. Les cristaux sont simples avec faces p.

Galène. — Ce minéral est assez abondant dans la minéralisation et est généralement en association avec le quartz. Il se trouve à l'état de petits cristaux ayant une tendance idiomorphique. CAILLAUX (13, p. 120) indique qu'on trouvait 1 kg. d'argent par tonne de minéral.

Pyrite. — Dans le complexe de quartz et de fluorine, on observe plusieurs cristaux de pyrite. Ce minéral est aussi fréquent dans les roches sédimentaires qui encaissent le filon.

Chalcoppyrite. — Dans les échantillons que j'ai vus, il y en avait peu en association avec la galène, le quartz et la fluorine.

Mode de remplissage et genèse. — Dans les schistes et grès du Viséen, il y a quelques cristaux cubique de pyrite. Traversant ces roches sédimentaires, on trouve la minéralisation de quartz, fluorine, galène et chalcoppyrite. La galène se trouve généralement en petites couches dans le quartz, et la chalcoppyrite en filets coupant la galène. De plus, il semble qu'il y ait eu des venues de fluorine et de quartz stériles.

La largeur de ces venues est peu considérable; dans certaines, les cristaux ont pris naissance sur les murs et ont poussé vers le centre, où on constate aussi des cavités laissées par l'accroissement irrégulier du quartz.

Dans les travaux supérieurs, la minéralisation métallique paraît être plus considérable.

On peut résumer ainsi :

1. Quartz et fluorine avec galène et chalcoppyrite;
2. Quartz stérile et fluorine stérile.

En plus de ces deux groupes de filons, on en observe d'autres qui sont dans le massif appelé « Loury ».

GISEMENT DES « ROCHES »

Position géographique et géologie générale. — A l'extrémité nord de Plancher-les-Mines, sur la rive gauche du Rahin, se trouve le massif dit « Les Roches ». Dans le bas de ce massif de granophyre, à quelques dizaines de mètres du chemin, on rencontre l'entrée du filon.

L'intrusion de ce granophyre a dérangé les couches sédimentaires du Viséen qui le flanquent. Les fractures de cette roche ont été minéralisées à divers endroits, mais la richesse principale de cette région, d'après les anciens auteurs, était le filon de « Loury ». Un peu plus au Nord se trouve une carrière qui a été travaillée

entre 1914 et 1918, et la roche mise à nu a laissé voir quelques petits filonnets. Près de ce massif, les schistes ont été redressés et légèrement silicifiés, mais il n'en est pas résulté de vraies cornéennes.

Description du filon. — Le filon paraît se diriger N 45° E et avoir un pendage de 75° au Sud-Est. Les efforts faits pour suivre le filon en longueur vers le Nord-Est sont restés infructueux, mais il est probable, d'après une galerie qui existe toujours, qu'il a au moins plusieurs dizaines de mètres de longueur. La minéralisation varie en largeur de 0 m. 07 à 0 m. 15.

LES MINÉRAUX

Gangue

Quartz
Fluorine

Minerais

Galène
Pyrite
Malachite

Quartz. — Il y a deux espèces de quartz fréquentes dans le gisement des « Roches » : l'une est granulaire blanchâtre avec plusieurs cavités, ceci représente probablement la première minéralisation ; la deuxième est incolore avec des cristaux idiomorphiques déposés sur la fluorine.

Fluorine. — Son développement granulaire et en cristaux idiomorphiques se trouve dans le deuxième remplissage.

Galène. — Il y a quelques traces de ce minéral dans une gangue de quartz.

Pyrite. — En relation avec une gangue de quartz il y a parfois un peu de pyrite.

Malachite. — Près de la surface du gîte quelques-uns des échantillons montrent un enduit de ce minéral.

Mode de remplissage. — Cette minéralisation paraît avoir résulté de trois phases de minéralisation que l'on peut résumer ainsi :

1. Quartz, galène, pyrite (et probablement chalcopyrite) ;
2. Fluorine, quartz stérile.

La *première venue* est composée de quartz filonien granulaire à structure vacuolaire comportant de nombreuses cavités. Dans cette première venue s'observe un peu de galène finement cristallisée et un peu de pyrite (probablement le minéral qui a donné naissance à la malachite y était aussi — sans doute la chalcopyrite). La *deuxième venue* se composait de fluorine à l'état granulaire et aussi en cristaux idiomorphiques. La *troisième venue* de quartz idiomorphique, s'est déposée sur les deux autres.

Dans la carrière au nord du massif de granophyre formant « les

Roches », on observe plusieurs minéralisations. M. DELAUZUN (1) dit avoir trouvé plus de dix fractures minéralisées dans ce massif. Il remarque aussi que certaines de ces fractures se terminent en haut en forme de coin, ce qui lui fait penser qu'elles vont s'élargir en profondeur. Accompagné par M. DELAUZUN, j'ai vu trois fissures minéralisées qu'on peut suivre sur quelques dizaines de mètres, ces veines ont quelques centimètres de largeur. Elles contiennent de la galène et de la chalcopryrite avec une gangue de quartz et de fluorine. Dans une galerie faite par M. DELAUZUN, j'ai constaté une section d'une de ces veines à une dizaine de mètres en-dessous de l'affleurement; ici, la minéralisation était plus importante.

Les trois cassures dont je viens de parler ont une direction de N 37° E. A un endroit, M. DELAUZUN m'a montré un filon croiseur rempli de quartz qui était nettement postérieur à ces trois veines, sa direction était de N 117° E; il m'a signalé la présence dans cette région de veines de quartz sauvage ayant une direction de N 164 E.

Dans la carrière, en plus des deux groupes de veines que j'ai déjà mentionnés, il existe des petites fentes en directions variables et contenant de la barytine.

LE GISEMENT DE « CREMILLOT »

Position géographique et géologie générale. — Au nord-est de Plancher-les-Mines, à environ 1 kil. 500, se rencontre l'endroit minéralisé dit « Crémillot », sur la rive gauche du Rahin. Sa position exacte est « 426,4-108,5 ».

Au Crémillot, la formation encaissante est le complexe d'orthophyre-brèche et de granophyre. (Voir pages 27 et 28 et la suite pour la description de ces roches.)

A l'Est de ce filon se trouve une intrusion assez considérable d'andésite; il est probable que cette roche fut en relation avec l'origine de cette minéralisation, comme je l'ai fait remarquer dans quelques autres cas où se trouvait la même juxtaposition.

Description du filon. — La direction prise par ce filon est de

(1) Communication personnelle.

N 38° E, et son pendage est de 80° au Sud-Est, en suivant les travaux on relève une direction analogue.

Dans la galerie ouverte au-dessus de la halde la plus élevée sur le côté, une minéralisation de 0 m. 60 de largeur contenait du quartz et de la fluorine, toutefois sans éléments métalliques visibles. Au milieu de ce filon, j'ai remarqué quelques inclusions de roches provenant des murs avec le remplissage cristallisé, de sorte que la force de la cristallisation paraissait avoir écarté ces fragments des salbandes (1).

Mes recherches ont déterminé pour ce filon une longueur d'environ 250 mètres.

LES MINÉRAUX

La Gangue

Primaires

Quartz.
Fluorine.
Calcite.

Secondaires

Les Minerais

Galène: Pyromorphite.
Chalcopyrite. Malachite.

Quartz. — Le quartz est de structure massive granulaire avec quelques petites vacuoles et contient des fragments de salbandes. C'est ici le type filonien blanchâtre, mais à certains endroits on remarque plutôt une variété de quartz pourri. Le métal y est contenu à l'état de petits cristaux, et en plages parfois assez considérables. On peut constater des cristaux de quartz avec des faces pe $\frac{1}{2}$ et e², je n'ai pas remarqué d'autres formes.

Fluorine. — Ce minéral est ici en relation avec la gangue de quartz, mais en faibles proportions. Le type est généralement de couleur verdâtre ou brunâtre, la galène y est fréquemment associée.

Calcite. — Autour de la chalcopyrite il y a de la calcite peu abondante.

Galène. — Il y a des passages de quartz et de galène où l'ensemble prend une couleur gris noirâtre due à la présence de galène en quantité. Parfois elle se présente en agglomérations de plusieurs centimètres en largeur, grossièrement cristallisée. Quelquefois en association avec la galène se trouve la chalcopyrite.

Chalcopyrite. — Comparativement à la galène, il y a moins de chal-

(1) Voir page 66 et une des notes de M. TABER (79).

copyrite, qui est en général à l'état de petits grains dans la gangue. On voit également des concentrations de ce minerai dans les zones de brèche, certains des filets de chalcopryrite qui commencent à s'altérer en covelline. Parfois la chalcopryrite est en relation avec la galène sur le bord des plages, ou même dans la galène en petits cristaux.

Pyromorphite. — Dans les échantillons ayant une structure vacuolaire se trouvent quelques incrustations verdâtres de phosphate de plomb chloraté.

Malachite. — Quelques échantillons présentent des traces de ce minéral, résultant probablement de l'altération de la chalcopryrite.

Mode de remplissage. — Le remplissage est du type filonien massif avec une gangue de quartz dans lequel se trouvent quelques grains de fluorine. Les inclusions de roche sont arrangées de telle façon qu'elles semblent appuyer en partie certaines idées sur la formation des cassures, émises par M. TABER (1).

Le minerai est composé de galène et de chalcopryrite; la galène paraît être la plus abondante dans les échantillons que j'ai vus.

Les haldes montrent une faible minéralisation qui semble être plus pauvre que le gisement de « Baisse-de-la-Vache », qui est de l'autre côté de la rivière.

La minéralisation paraît être en relation avec la gangue de quartz et accessoirement avec la fluorine dans tous les travaux (au nombre de cinq) qui suivent ce filon sur environ 250 mètres.

La chalcopryrite paraît être concentrée dans les zones de brèches près des parois, mais on la constate également dans le remplissage près de la galène. La galène semble être concentrée dans une zone moins grande que celle de la bande de quartz contenant la chalcopryrite près des murs, et être mélangée avec de la fluorine.

On peut résumer ainsi :

1. Formation de brèche, chalcopryrite, quartz;
2. Galène, un peu de chalcopryrite, quartz, fluorine;
3. Fluorine stérile;
4. Quartz stérile.

(1) M. TABER pense que la force de la cristallisation est suffisante, dans certains cas, pour élargir les murs des cassures et pour faire ainsi de la place pour la minéralisation; il parle évidemment des profondeurs où l'évidence tendrait à montrer que les ouvertures se ferment sous la pression de la masse supérieure. J'ai pu voir justement entre certains fragments et le mur, une cristallisation avec une tendance fibreuse comme il l'indique, pourtant pour beaucoup de filons dans les Vosges la structure vacuolaire montre qu'ils ont été formés à une profondeur moyenne ou faible à laquelle ces forces peuvent agir pour détacher des fragments des murs mais pas en général pour couvrir les fractures.

LE GISEMENT « BAISSÉ-DE-LA-VACHE »

Position géographique et géologie générale. — Sur la rive droite du Rahin, à 1 kil. 200 au nord de l'église de Plancher-les-Mines, se trouve le gîte de « Baisse-de-la-Vache » dans le complexe du Viséen. Vers le sud-ouest de ce filon, qui a une direction de N 42° E, il y a une intrusion de granophyre comparable à celle des « Roches » de Plancher-les-Mines. En suivant la direction du filon au Nord-Est, on passe à des arkoses conglomératiques, des orthophyres-brèches et des andésites.

Description du filon. — Pour les besoins de cette étude, j'ai pris le nom de « Baisse-de-la-Vache » pour désigner la suite des minéralisations qui se trouvent sur la côte du même nom, au Nord, à 1 kil. 200 de Plancher-les-Mines.

D'après les travaux et certains endroits, où j'ai pu observer la minéralisation, la direction m'a semblé être entre N 40 E et N 50 E, avec N, 45 E en moyenne.

Voir croquis (V) pour la disposition des travaux différents.

Pour certaines sections de cet ensemble, M. DELAUZUN (1) m'a indiqué les noms anciens et modernes des travaux (voir les lettres sur le schéma.) A. Montignotte, B. Sainte-Barbe, C. Saint-Jacques et E. Le Mourelot, deux travaux.

La longueur de ce groupe de travaux est de près de 900 mètres, et dans les endroits visibles le remplissage varie entre 0 m. 10 et 0 m. 60. Le pendage est près de la verticale, où je l'ai observé.

LES MINÉRAUX

La Gangue

	<i>Primaire</i>		<i>Secondaire</i>
Quartz	SiO ²		
Fluorine	CaF ²		
Calcite	CaCO ³		

Les Minerais

Galène	PbS	Pyromorphite	Pb ² Cl (PO ⁴) ³
Chalcopyrite	CuFeS ²	Malachite	CuCO ³ , Cu (OH) ²
Blende	ZnS	Chrysocolle	H ² CuSiO ⁴ , H ² O
Siderose	FeCO ³	Covelline	CuS
Mispickel	FeAsS		

(1) Communication personnelle.

La Gangue

Quartz. — Ce minéral paraît être le plus abondant et il est en relation avec tous les minerais.

L'espèce filonienne massive blanchâtre contient de la chalcopryrite, de la galène et de la blende. Une autre variété cristalline se trouve fréquemment dans les vacuoles et en incrustations sur les autres minéralisations; il y a enfin du quartz avec des impressions de fluorine. On constate la forme birhomboédrique avec les faces $pe \frac{1}{2}$ et parfois avec le prisme e' . Ce même quartz contient des empreintes de fluorine ayant des faces p .

Fluorine. — Dans la gangue, avec le quartz, se rencontre de la fluorine, même des passées entièrement constituées par ce minéral. Comme le quartz, la fluorine est associée avec les trois minerais principaux: galène, blende et chalcopryrite, et c'est cristallisée qu'on observe des faces p .

Calcite. — Dans le filon on constate parfois la présence de ce minéral.

Les Minerais

Galène. — La galène est généralement massive et se trouve le plus fréquemment dans le quartz et parfois en relation avec la fluorine. La variété de ce gisement est assez grossièrement cristallisée. Ce minéral paraît l'emporter en quantité sur la chalcopryrite et la blende.

Chalcopryrite. — Les petits grains de ce minéral se trouvent enrobés dans une pâte de quartz massif granulaire et en mouches, en relation avec la fluorine et le quartz. Dans quelques rares endroits, en plus de la malachite, comme altération de la chalcopryrite, il y a un peu de covelline, chrysocolle et un minéral qui paraît être un mélange de chrysocolle et de limonite.

Blende. — Ici, la couleur brun foncé domine, et on remarque l'éclat résineux sur les fractures. On la trouve en relation avec le quartz et un peu de fluorine.

Siderose. — En association avec la gangue, on constate la présence d'un peu de carbonate de fer dans les petites veines coupant le remplissage.

Les Minerais Secondaires

Pyromorphite. — Dans les sections du filon qui se trouvent près de la surface, des altérations de la galène ont donné naissance à la pyromorphite. La couleur est vert d'herbe et les incrustations se trouvent sur les moules de quartz et sur la fluorine.

Malachite. — L'altération de la chalcopryrite a produit la malachite et elle est généralement auprès de la chalcopryrite qui existe encore, mais parfois elle a émigré et s'est déposée dans d'autres cassures.

Chrysocolle. — En plus de la malachite, l'altération de la chalcopryrite a formé le silicate hydraté de cuivre.

Covelline. — Près des limites de la chalcopryrite se développe un peu de covelline bleue. L'altération la plus fréquente de la chalcopryrite dans ce gisement est la formation de la malachite.

Mode du remplissage. — La gangue principale est le quartz, dans lequel on rencontre les minerais de plomb, de zinc et de cuivre. Dans certaines passées, la quantité de fluorine augmente et la manière dont elle se présente fait croire qu'il y a une première venue de quartz minéralisé suivie de très près par des venues où le fluor était plus abondant, accompagnée également des mêmes

métaux. Accompagnant cette fluorine dans la deuxième minéralisation, il y a surtout de la blende et un peu de galène. Dans la venue de fluorine, on remarque des vacuoles qui sont tapissées de cristaux de quartz.

Ordre probable des venues :

1. Quartz et un peu de fluorine, galène, chalcoppyrite et blende, accompagnés d'un peu de calcite ;
2. Fluorine, un peu de quartz, blende et galène ;
3. Quartz stérile.

Dans la première venue, il y a des fragments de roche provenant des murs. La fluorine s'est parfois développée avec des cristaux idiomorphiques. La principale concentration de la blende est près du contact avec le quartz et la galène plutôt dans le centre du remplissage de fluorine.

LE GISEMENT DE « APRÈS-LA-CROIX-DU-CHOLÉRA »

Position géographique et géologie générale. — Le gisement dit « Après-la-Croix-du-Choléra » se trouve à 1.100 mètres au nord-est de l'église du village de Plancher-les-Mines et à 300 mètres au nord-est de la Croix-du-Choléra, qui est en haut des « Roches », au-dessus de Plancher-les-Mines, sur la rive gauche du Rahin.

La roche encaissante du filon est l'orthophyre-brèche, et à peu de distance au nord-nord-est du filon, il y a une intrusion d'andésite. A cent mètres, au Sud-Est, se trouve un petit affleurement de schistes et arkoses du Viséen. Les granophyres des « Roches » sont à 400 mètres au Sud-Ouest.

Le filon de Crémillot, qui est également en relation avec une intrusion d'andésite, est à 400 mètres au Nord.

La direction de ce filon est de N 5° E, et le pendage paraît être un peu à l'Est. En longueur, le filon a environ 50 mètres, et sa largeur est probablement de quelques dizaines de centimètres.

LES MINÉRAUX

<i>La Gangue</i>	<i>Les Minerais</i>
Fluorine.	Blende.
Quartz.	Calcite.

Quartz. — Dans le remplissage du filon le quartz est le minéral dominant, sa variété est blanchâtre et finement cristallisée. C'est en relation avec le quartz que se trouve la plus grande partie de la galène.

Fluorine. — Une partie de la fluorine se consolidait avec le quartz dans le remplissage, et une autre partie est cristallisée dans les vacuoles qui se trouvaient dans le quartz lors de l'arrivée de la fluorine.

Galène. — La principale quantité de galène se trouve dans le quartz, assez finement cristallisée. Quand la galène est entourée de fluorine, elle semble avoir été déposée sur le quartz en prenant des formes presque géométriques et, ensuite, la fluorine serait venue se précipiter autour.

Calcite. — En relation avec la galène, le quartz et la fluorine, on observe également un peu de calcite. Dans tous les échantillons que j'ai vus, il n'y avait que relativement peu de galène, toujours dispersée dans la gangue en petits cristaux. Les vacuoles dans le remplissage sont, tantôt tapissées de cristaux de fluorine, tantôt de cristaux de quartz.

Blende. — Sur place, j'ai constaté la présence d'un peu de blende, mais c'est rare dans l'ensemble de la minéralisation.

Mode du remplissage. — La minéralisation de quartz contient de la galène, et accessoirement un peu de fluorine. Dans les vacuoles de ce remplissage, il est venu se déposer la fluorine ou le quartz qui ont pris leurs formes cristallines typiques. Dans le remplissage, on note fréquemment une incrustation de quartz pur, qui a pris un développement géométrique, et qui a tapissé certaines cavités qui restaient encore ouvertes.

L'ensemble de la galène n'est présente qu'en faible quantité, dans les endroits où on observe la galène, le quartz paraît être finement cristallisé. Dans les différentes passées du filon, la proportion du quartz à la fluorine varie, mais en général ces deux minéraux y sont présents en quantités égales.

D'après les échantillons que j'ai pu étudier, la première venue se compose de galène avec une gangue de quartz et de fluorine, la deuxième venue serait du quartz stérile.

LE GISEMENT DU « PONT PETITGNAN »

Position géographique et géologie générale. — Le filon se trouve à 2 kil. 600 au nord-est de Plancher-les-Mines. La position exacte, sur la rive droite du Rahin, en face du premier pont allant vers les maisons forestières, est « 427,3-109,3 ».

Comme pour les autres filons de ce groupe, la formation encaissante est un complexe de granophyre et d'orthophyre.

Description du gisement. — En face du pont Petitgnan, on voit une descenderie, aujourd'hui éboulée, mais dont le filon est tou-

jours visible; à environ cinquante mètres au Nord-Est, on peut suivre la direction pour voir de nouveau le filon quand il traverse une petite vallée. La direction est de N 40° E, et le pendage est de 75° au Sud-Est dans la descenderie. L'épaisseur du filon varie entre 0 m. 20 et 0 m. 40, et la longueur visible est de près de 50 mètres.

Pétrographie. — Le granophyre qui encaisse le filon est très finement cristallisé, montrant un peu de stratification, ce qui le rapproche de la rhyolite. La roche est rouge brique, et on n'y voit aucune trace de phénocristaux de feldspath ni d'éléments ferromagnésiens.

Au microscope, on observe que le fond de cette roche a une texture micropegmatitique avec rarement des phénocristaux de feldspath, probablement un plagioclase sodique, comme l'albite qui est altérée en séricite. Il y a beaucoup de quartz dans les interstices de la roche.

L'oligiste qu'on voit paraître dû à l'altération de la pyrite; dans certains cas celui-ci garde encore la forme de la pyrite; sa présence donne à la roche sa couleur rouge-brique prononcée.

LES MINÉRAUX

La Gangue

Quartz.

Calcite.

Les Minerais

Chalcopyrite.

Galène.

Blende.

Quartz. — Le minéral ici est blanc transparent filonien et entre comme remplissage du filon cimentant les fragments arrachés au mur. Une autre forme de ce minéral cristallise finement et se mélange avec la calcite formant une gangue qui encaisse des fragments angulaires de chalcopyrite. Le dépôt qui a formé cette gangue paraît être contemporain, tantôt du quartz cristallisé remplissant les vacuoles, tantôt de la calcite. Également en relation avec le quartz se trouve la galène finement cristallisée mais en petites quantités.

Calcite. — La masse principale de ce minéral se trouve à l'état granuleux, contenant des fragments angulaires de chalcopyrite, avec une gangue composée d'un mélange de quartz et de calcite. Les passées de calcite contiennent de la galène, c'est un type de minéralisation plus rare. Ce minéral coupe parfois les veines contenant la chalcopyrite.

Chalcopyrite. — C'est le plus important des minéraux métalliques. Il se trouve en relation avec des veines de quartz et apparaît aussi en fragments massifs angulaires de quelques centimètres, flottant dans une gangue granuleuse de quartz et de calcite mélangés.

Galène. — La galène est beaucoup moins importante que la chalcopy-

rite dans les échantillons que j'ai examinés. Elle se trouve avec une gangue de quartz en juxtaposition fréquente à la calcite granulaire.

Blende. — On observe la blende en relation avec le quartz et la calcite, qui contiennent également de la chalcoppyrite.

Mode du remplissage. — La minéralisation caractéristique de ce filon est composée d'une gangue de quartz et de calcite mélangés et granulaires, dans lequel nagent des morceaux angulaires de chalcoppyrite massive. On trouve des endroits où le quartz cimente des fragments de brèche provenant des murs; ils ne sont pas, en général, riches en minéraux métalliques.

Le quartz filonien contient de la chalcoppyrite et de la galène finement cristallisée. Dans la calcite blanc-rosâtre granulaire, on observe de la galène à l'état de petits cristaux parfois presque idiomorphiques.

Genèse. — D'après les échantillons que j'ai vus, il est impossible de fixer exactement l'âge des différentes venues. On peut indiquer sous toute réserve l'ordre suivant :

1. Formation de chalcoppyrite massive, quartz;
2. Formation de brèches et arrivée de galène avec calcite et quartz;
3. Quartz stérile.

NOTRE-DAME

D'après GENSANNE, le minerai de cette mine était extrêmement riche et contenait jusqu'à 15 à 20 % de plomb, 5 à 6 % de cuivre et 10 kilogrammes d'argent par tonne.

Au moment où j'ai fait mes recherches dans cette région des Vosges les travaux étaient complètement éboulés, mais récemment M. DELAUZUN, ingénieur, a fait rouvrir certaines des anciennes galeries et dit avoir trouvé des échantillons riches en argent.

Il m'a indiqué les renseignements suivant dans une lettre récente: Direction N 40° E magnétique, pendage 75 à 80° S.-E.; longueur visible environ 75 mètres, puissance 0 m. 15 à 0 m. 30.

Minéraux reconnus: quartz, fluorine, galène, chalcoppyrite, argyrose et quelques minéraux rouges et noirs d'argent.

LE GISEMENT DU « PONT-PIRON »

Position géographique et géologie générale. — Au Nord-Est, à 4 kil. 700 du village de Plancher-les-Mines, est situé le gisement dit « Pont-Piron ». Cette minéralisation se trouve dans la monzonite, à une vingtaine de mètres plus haut que le fond de la vallée, sur la rive droite du Rahin. Sa position géographique exacte est « 428,6-III,05 ».

La zone de monzonite vient au sud du massif de granite à amphibole des Ballons. Entre cette monzonite et le complexe des rochers granophyriques et othophyriques est intercalée la zone des microgranites.

Description du gisement. — La direction des deux filons est N 45° E, et le pendage est 75° N.-E. Le filon principal est composé de quartz, fluorine et calcite avec galène et chalcopryrite, et sa largeur moyenne est de 0 m. 40 dans l'endroit où je l'ai observée au fond de la galerie. Le filon secondaire est de la fluorine, avec, accessoirement, du quartz; sa largeur est d'environ 0 m. 30, dont à peu près 0 m. 05 en quartz dans la galerie. Une dizaine de mètres plus haut, à la surface des travaux, on n'a découvert que le filon stérile, et sa largeur est d'environ 0 m. 40; la fluorine est découpée par des petites veines de quartz.

Les seuls endroits où j'ai pu voir ce filon étaient dans la galerie et au-dessus dans une petite excavation; donc, il m'est impossible de donner un chiffre pour la longueur. Le filon se trouve sur une côte abrupte, et les éboulis sont très développés, il n'est donc pas possible de suivre le filon en longueur, d'autant plus qu'au lieu de croiser la rivière, il tend à lui être parallèle.

LES MINÉRAUX

La Gangue

Calcite.
Quartz.
Sidérose.
Fluorine.

Les Minerais

Galène.
Chalcopryrite
Erubescite.

Calcite. — Ce minéral est très abondant dans le remplissage, où il sert généralement de gangue à la galène. La calcite a été fréquemment introduite dans les cassures ouvertes, ce qui a permis une structure ayant de gros cristaux idiomorphiques. La galène est accessoire et atteint rarement une proportion de plus de quelques centimètres en volume. Beaucoup d'échantillons paraissent être rubannés, et la galène se trouve seulement dans quelques-unes de ces bandes.

Quartz. — La chalcopryrite s'observe en association avec la variété de quartz filonien incolore ou blanc laiteux. La fluorine est associée avec le quartz dans les remplissages.

Fluorine. — La variété prédominante ici, très rarement incolore, est le plus souvent colorée en vert ou en pourpre. Elle se trouve dans le remplissage avec le quartz qui est la seule gangue contenant de la chalcopryrite. On constate parfois des incrustations de fluorine sur le quartz.

Sidérose. — En petites veines traversant les inclusions de la roche arachée aux parois ou dans les remplissages de quartz et fluorine, on rencontre de la sidérose qui peut être accompagnée de chalcopryrite. La for-

mation paraît être approximativement contemporaine de la venue du quartz, de la fluorine et de la chalcoppyrite.

Galène. — Dans la calcite on observe des zones ou bandes, où la galène est concentrée en petits cristaux. La proportion de la galène à la calcite est faible. Parfois la galène se trouve avec une gangue de fluorine blanchâtre.

Chalcoppyrite. — L'association presque constante avec le quartz est typique dans ce gisement. Rarement on trouve la chalcoppyrite associée avec la fluorine dans la zone du quartz; ces concentrations sont en général près des parois et fréquemment en relation avec des inclusions de fragments des parois.

Erubescite. — En relation avec la chalcoppyrite, j'ai constaté quelques petites zones de ce minéral qui paraissaient provenir du premier par altération secondaire.

Mode du remplissage. — Le remplissage avec la chalcoppyrite, ayant une gangue de quartz, de fluorine et de sidérose, est caractérisé par une distribution zonaire et par des inclusions de roche. Contre les murs, la quantité de chalcoppyrite est plus élevée, et dans le centre c'est la fluorine qui devient plus importante. Les veines de sidérose paraissent être distribuées sans ordre dans ce remplissage. La chalcoppyrite s'y trouve à l'état de petites mouches ou de filets minces. Les inclusions de roche sont en général très silicifiées.

L'autre remplissage important est constitué par de la galène dans une gangue de calcite; il paraît être plus ancien que le précédent, et, comme lui, pauvre en constituants métalliques.

Les solutions qui ont déposé cette minéralisation ont été principalement calciques avec, parfois, un enrichissement de galène; c'est ainsi qu'on remarque des zones importantes de calcite stérile suivies par quelques bandes de calcite et de galène, et de nouveau la calcite stérile.

Genèse. — Les minerais de plomb et de cuivre ayant une gangue de quartz fluorine et calcite se rencontrent dans les travaux du filon « Pont-Piron ».

On peut distinguer trois minéralisations qui paraissent avoir été formées dans l'ordre suivant :

1. Fluorine, sidérose, calcite, et quartz avec chalcoppyrite;
2. Calcite et galène;
3. Quartz stérile.

La première venue se trouve en général plaquée contre les parois du filon, et elle varie de un à deux centimètres de largeur. Dans cette venue, le quartz est prédominant, la sidérose se trouve parfois

en petites veines sortant de la roche encaissante de la première minéralisation. On voit aussi quelques filets de calcite cristallisée parfois avant la chalcopyrite.

La calcite et la galène sont les éléments principaux de la deuxième phase de la minéralisation. Ce remplissage est plus important que le premier dans les parties supérieures du gisement qui sont visibles, et il atteint parfois un total de 15 à 20 centimètres.

La troisième venue contient le quartz stérile, qui a de 0 m. 10 et 0 m. 20 de largeur :

Près de ce filon, à trois mètres à l'Ouest, on rencontre une veine de fluorine stérile d'environ 0 m. 30 de largeur. Il est possible que ces deux filons n'en fassent qu'un en profondeur.

LE GISEMENT « LE BAUDY »

Position géographique et géologie générale. — Le gisement se trouve sur la crête entre la vallée de Haute-Moselle et de l'Oignon, à environ 3 km 500 au sud-ouest du Thillot, et environ 2 km à l'ouest-nord-ouest du fort de Château-Lambert.

Le filon passe à quelques centaines de mètres à l'Est de la route pour se prolonger dans une direction N 10° E, vers le petit point d'eau au bout de l'étang Le Baudy. Au Sud, on passe dans les vallées drainées par l'Oignon.

« Le Baudy » est situé dans une fissure ayant une direction de N 10° E, et la roche du pays est une *diorite* tirant sur la monzonite, du même type que la roche au centre de laquelle se trouvent également les gisements quartzeux cupro-molybdifères de Château-Lambert. Le massif est moins grand ici, il n'a que 2 kil. 500 de longueur et un kilomètre de largeur au maximum.

(Voir la carte géologique de Château-Lambert.)

Historique de la mine Baudy. — Le gisement de Château-Lambert a été le principal gîte de la région, mais à peu de distance, 1 kil. 500 à l'Ouest on a fait des travaux sur le filon de Baudy.

Au XVIII^e siècle, GENSANNE (37, p. 746) écrivait :

« A une demi lieue de là (Château-Lambert), est une mine de plomb appelée « le Baudy ». Le minéral y est parsemé dans un quartz blanc ; il n'y a encore qu'un puisard ou schacht d'environ 30 pieds (10 m.) de profondeur. Les sources y sont considérables, et on travaille actuellement à un percement pour procurer l'écoulement. Comme ces mines se trou-

vaient trop éloignées de Plancher, nous les avons cédées depuis trois ans à une compagnie qui les fait exploiter. »

Depuis les temps de GENSANNE, on a très peu écrit sur ce gisement. Il y a quelques années, vers 1921 et 1922, on a exploité le filon, principalement pour sa fluorine, qu'on utilisait dans l'industrie métallurgique, mais depuis ce temps on n'a rien fait.

MINÉRAUX DE BAUDY

La Gangue

Primaires

Fluorine.

Quartz.

Calcite.

Secondaires

Quartz.

Les Minerais

Primaires

Galène.

Blende.

Secondaires

Pyromorphite.

Fluorine. — La couleur de ce minéral varie du blanc au vert et jusqu'au jaune brunâtre. En association avec la fluorine, la galène et la blende sont typiquement développées.

D'assez vastes zones de fluorine stérile sont fréquentes dans ce gisement et on peut y observer des cristaux avec les faces suivantes: p, b' et a'.

Quartz. — Le quartz remplit des petites veines qui coupent le gisement. Probablement une certaine quantité de quartz est primaire, mais la principale partie paraît être secondaire.

On rencontre des moulages de quartz sur les cristaux de fluorine. Les veines de quartz calcédoinique coupent toute la minéralisation.

Galène. — Dans les zones où les mouches de galènes apparaissent, leur dimension varie depuis de tout petits points jusqu'à des grains de quelques centimètres. Les bandes peuvent atteindre plusieurs centimètres de largeur et se prolonger pendant des mètres.

La galène, qui est le minerai le plus important, se trouve aussi en association avec la blende à certains endroits de la minéralisation.

Blende. — Dans la fluorine on constate des concentrations en filets de blende d'un brun noirâtre. Une structure quelque peu bréchiforme, coupée par de petites veines de fluorine, fait croire qu'il y a eu peut être un premier dépôt de ce minéral, suivi par des mouvements dans les veines et ensuite, cimentation par la fluorine.

Pyromorphite. — Dans les échantillons de la surface, on trouve quelques petits cristaux verdâtres en forme d'incrustations dans les cavités.

Mode du remplissage. — Deux types de remplissage se rencontrent dans ce gisement; l'un est composé de fluorine et d'un peu de quartz contenant de la galène, et accessoirement de la blende, l'autre de fluorine stérile.

La galène se trouve à l'état de mouches ou veines massives dans la fluorine. La blende paraît être un peu bréchiforme dans certains endroits. Il manque des échantillons qui montrent bien la relation en ordre de dépôt entre la blende et la galène; toutefois, on constate que dans les zones où il y a de la blende, la galène est beaucoup moins fréquente.

Il est possible qu'il y ait eu une première minéralisation de blende et de fluorine, bréchisée partiellement. La venue suivante aurait effectué la mise en place de la principale partie de la galène. La dernière venue aurait donné lieu à la formation de calcédoine (quartz colloïdal), qui coupe les autres minéralisations.

La fluorine est librement développée dans plusieurs endroits montrant de jolis cristaux cubiques parfois couverts par un mince tapis de tous petits cristaux de quartz.

Pour résumer la minéralisation, on peut noter :

1. (Blende et fluorine);
2. Formation de brèche suivie par la galène et la fluorine;
3. Calcédoine et quartz secondaires.

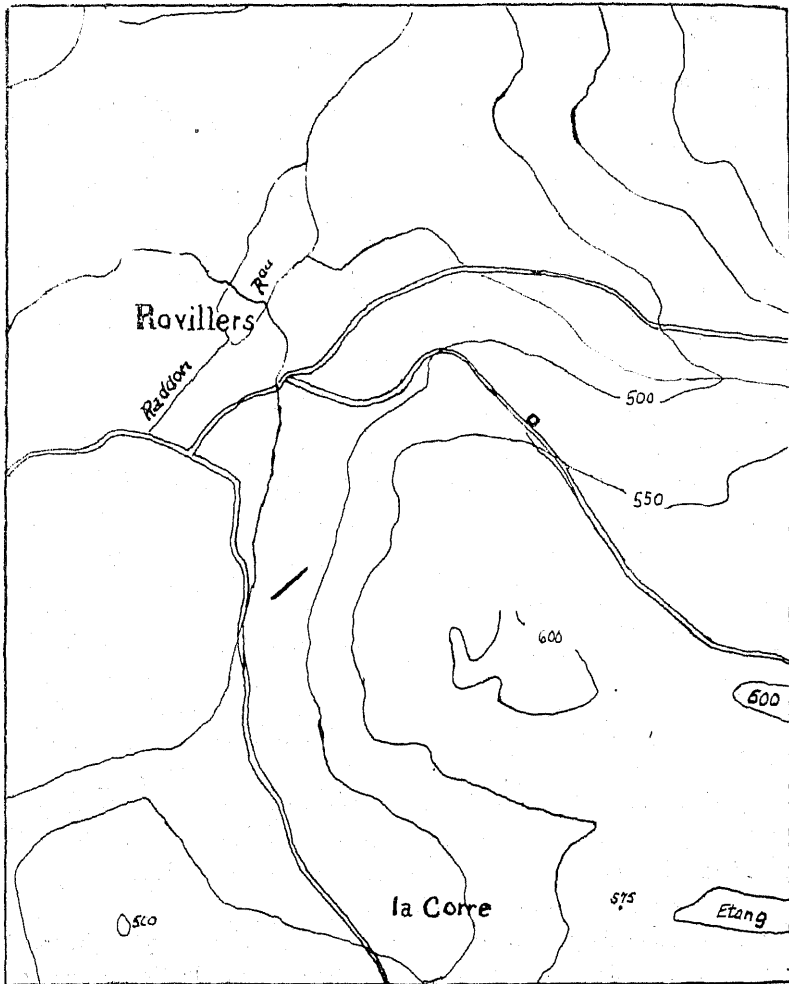
D'après certains documents anciens il paraît que des travaux effectués vers 1900 n'ont montré, en profondeur, que rarement des mouches de galène. De plus, différents ingénieurs qui ont visité le gîte à ce moment n'ont pas constaté de traces de molybdène comme GENSANNE l'a signalé.

GISEMENT DE SAINT-BRESSON

Position géographique et géologie générale. — Le gisement de cuivre et de plomb dit « Saint-Bresson » se trouve à 1 kil. 500 à l'est du village du même nom dans la vallée du Raddon, et à 500 mètres au sud-sud-est de Rovillers.

La roche encaissante pour ce filon est le *granite gris porphyroïde* comme celle qui est développée aux environs du Thillot. Dans ce granite, les intrusions de microgranite sont fréquentes. Des travaux de mine ont découvert des roches vertes, mais les premiers affleurements de ces roches basiques que j'ai rencontrés étaient à un kilomètre à l'est de la mine. Les échantillons que j'ai pu obtenir du contact entre la roche verte et le granite, montrent nettement la priorité de la roche verte, probablement une andésite, sur le granite.

ST BRESSON



III. Schéma montrant le filon de Saint-Bresson.

Histoire de Saint-Bresson

Dans son excellent livre sur le département de la Haute-Saône, M. THIRRIA (83, p. 377) écrit :

« Le granite de Saint-Bresson renferme deux filons à peu près parallèles qui sont situés près du hameau de Rovillers, et se dirigent de l'Ouest à l'Est. Ces filons sont composés de quartz mélangé de chaux fluatée, et contiennent de la galène assez riche en argent. Nous avons observé dans un échantillon de cette galène, que nous avons recueilli sur les anciennes halles, des petits mamelons de plomb arséniaté-phosphaté. Il paraît que cette mine, qui a été exploitée en même temps que celle de Plancherles-Mines, n'a jamais été bien productive; car les filons, quoique puissants, sont peu riches, le minerai ne s'y présentant qu'en massifs peu étendus et rares. La reprise des travaux offrirait conséquemment peu de chance de succès. GENSANNE dans le mémoire précité sur les mines de Franche-Comté, dit au sujet de celle de Saint-Bresson :

« Il y a dans cet endroit plusieurs filons de mine de plomb. Le minéral y est d'une qualité excellente et si facile à fondre, qu'en mettant simplement la mine pure à scorifier sous la moufle, elle donne presque tout son plomb. Elle rend 70 à 75 livres (35 à 37 kg.) de plomb et une once (32 grains) d'argent par quintal, (environ 50 kg.). Il est fâcheux que les filons ne soient pas riches; ils ne donnent que par bouillons et par petits pelotons de minéral dispersés ça et là. »

« Le travail y est difficile à cause du peu de solidité du terrain. Les filons d'un spath tendre, transparent et de toutes sortes de couleurs.... Nous avons rencontré, une de ces fentes d'une grandeur considérable. La capacité intérieure avait la forme d'une lentille d'environ 42 pieds (environ 15 m.) de diamètre. »

Depuis ce moment, les filons ont été exploités à quelques reprises et la dernière fois vers 1925 et 1926, quand une compagnie s'est intéressée à ce gisement et en a tiré une certaine quantité de fluorine, paraît-il; on récupère également de la galène qui, suivant GENSANNE, aurait environ 650 grammes d'argent par tonne de minerai marchand.

Description du filon. — A la surface, il est possible de voir l'affleurement du filon, qui se dirige N 45° E avec un pendage de 65° à 75° au Nord-Ouest; la largeur est variable entre 0 m. 50 et 2 mètres. D'après M. LÉCOINTE-PATIN (1) dans les travaux, le filon aurait une direction de N 42° E, et le massif d'andésite aurait environ 20 mètres de largeur à l'endroit où on le coupe dans le travers-banc principal.

D'après les indications que j'ai pu avoir, le filon pourrait être suivi sur quelques centaines de mètres. A cinq cents mètres au Nord-Est, on observe une descenderie qui paraît avoir été faite

(1) Communication personnelle.

sur le prolongement de cette fracture, mais je n'y ai constaté que du quartz et de la fluorine; ces travaux se trouvent à quelques mètres au nord du chemin qui mène aux Mottes, depuis Rovillers.

Au Sud-Ouest, le prolongement possible du filon est caché par les dépôts alluvionnaires récents de la vallée du Raddon.

LES MINÉRAUX

<i>La Gangue</i>	<i>Les Minerais</i>	
	<i>Primaire</i>	<i>Secondaire</i>
Fluorine.	Galène.	Malachite.
Quartz.	Chalcopryrite.	Pyromorphite.
Calcite.	Tennantite.	Chrysocolle.
Barytine (peu).		Covelline.
		Pyrite.

Fluorine. — En relation avec ce minéral, on observe de la galène, chalcopryrite, malachite, chrysocolle, covelline, oligiste et de la limonite. Une mince pellicule de malachite donne à certains échantillons une couleur vert-de-gris.

Quartz. — Ce minéral ne paraît pas aussi important dans ce gisement que dans les autres de ce groupe. Dans certains endroits on voit des moulages de quartz autour de la fluorine, ou des moules vides montrant les faces p du cube. On constate également la forme typique birhombèdre de quartz ayant les faces pe $\frac{1}{2}$ combiné parfois avec le prisme de faces e^2 .

Calcite. — On en constate un peu dans le remplissage de fluorine de la galène.

Barytine. — M. DEMOUGIN (1) m'a dit en avoir observé rarement des traces, encore moins fréquemment que la calcite.

Les Minerais

Galène. — Des plages massives de ce minéral se trouvent dans la fluorine où ils sont fréquemment coupés par des petites veines de quartz. Les vacuoles existant dans ces plages massives sont parfois tapissées de quartz. CAILLAUX remarque (13, p. 130) que ce minerai donnait 60 % de plomb et 600 grammes d'argent par tonne.

Chalcopryrite. — Après la galène, la chalcopryrite est le plus important des minerais primaires; on la rencontre dans les passées, aujourd'hui très altérées, où elle est entourée d'oligiste, de limonite et de malachite.

Tennantite. — Dans un seul échantillon, j'ai remarqué la présence de ce minéral; il était en association avec la fluorine et le quartz, sa structure était massive.

Malachite. — Ce minerai est prédominant dans toutes les zones de cuivre que j'ai observées. Il se trouve autour des masses primaires de la chalcopryrite, en association avec l'oligiste, la limonite, le quartz et la calcédoine. De plus dans certains endroits il donne une couleur verdâtre à la fluorine par une mince pellicule dans les cassures. Il a parfois une structure radiale.

(1) Communication personnelle.

Pyromorphite. — Dans les sections du gisement qui ont subi une altération, on constate la présence d'incrustations de ce minéral verdâtre.

Chrysocolle. — En général l'altération de la chalcopryrite a formé la malachite, mais dans certains passages on observe du chrysocolle près des salbandes, en relation avec la fluorine et le quartz.

Covelline. — En plus des deux minéraux dont je viens de parler — chrysocolle et malachite — l'altération de la chalcopryrite a donné la covelline et la pyrite, tous deux sont en relation avec la fluorine. Ici, la structure est un peu comparable à la structure en carton (box-work) de la limonite qui est parfois développée à la suite de l'altération de la chalcopryrite (1).

Pyrite. — Je viens de décrire son association avec la covelline par suite de l'altération de la chalcopryrite.

Oligiste. — Au microscope, en étudiant les coupes minces faites dans la section où existent les minéraux secondaires de cuivre, on remarque que tout près de la chalcopryrite se développe d'abord une zone d'oligiste.

Limonite. — Suivant la zone d'oligiste, vient une zone de limonite qui a fréquemment une structure colloforme. Une grande partie du remplissage contenant les minerais de cuivre est composée de limonite.

Mode du remplissage et genèse. — La première venue paraît être celle qui a déposé la chalcopryrite en relation avec le quartz et la fluorine. Une autre venue aurait déposé la galène, en association avec la fluorine. La relation entre ces deux venues n'est pas très claire, parce que, nulle part, je n'ai vu les deux développements ensemble.

L'altération s'est surtout développée dans les minerais de cuivre produisant toute la suite des minéraux cités plus haut. L'altération caractéristique de la chalcopryrite est d'abord l'oligiste, ensuite une zone de limonite, et le tout est entouré par les structures en partie radiales de la malachite.

La venue contenant la galène n'a rien de particulier; en général, les plages de ce minéral sont assez grandes, mais à part cela, elle existe de la même façon dans la fluorine que dans les autres gisements de ce groupe.

On peut résumer les venues ainsi :

1. Chalcopryrite, quartz et fluorine;
2. Galène et fluorine;
3. Altération des différents minéraux primaires, avec formation des minéraux secondaires (voir plus haut), arrivée de la calcédoine et du quartz stérile.

(1) Roland Blanchard et P.-F. Boswell « *Limonite types derived from Bornite and Tetrahedrite* », *Econ. Géol.*, vol. XXV, n°6, p. 557-581, 1930.

LE GISEMENT DE LA « VIEILLE-HUTTE »

Position géographique et géologie générale. — Le gisement dit « Vieille-Hutte » est resté un peu mystérieux depuis les travaux que GENSANNE y a exécutés vers 1750. Aujourd'hui, les seules traces d'une minéralisation dans cette région sont le filon qui traverse le Haut-Rahin vers le point « 429,90-111,95 ». L'endroit cité se trouve à 7 kilomètres au nord-est de Plancher-les-Mines.

La roche encaissant ce remplissage est le granite à amphibole des Ballons (1). Tout près de l'ancienne maison des gardes forestiers, vers le point « 429,90-112,1 », il y a un pointement de microgranite. A part ce microgranite, rien de particulier dans la géologie de ce district.

M. DELAUZUN a suggéré que les travaux du nord-est de la maison forestière avaient été exécutés pour obtenir le kaolin nécessaire à une verrerie. Je n'ai pas constaté de quantités suffisantes de ce minerai pour pouvoir accepter cette théorie. Il me semble que les anciens ont suivi un filon de quartz, mais ce qui est étonnant, c'est qu'aujourd'hui on n'observe pas de traces de minéraux métalliques.

LES MINÉRAUX

La Gangue

Quartz.
Calcédoine.

Les Minerais

Pyrite (?).

Quartz. — La brèche filonienne est cimentée par une gangue composée de quartz cristallin et de calcédoine.

Calcédoine. — La gangue formant une matrice pour la brèche paraît être composée principalement de calcédoine blanchâtre.

Pyrite. — Sur place, il y a plusieurs années, j'ai cru apercevoir plusieurs grains de pyrite dans le remplissage; quand j'y suis retourné récemment, je n'ai plus retrouvé de pyrite.

REMARQUES

Voir page (44) pour l'histoire de la Vieille-Hutte. Depuis le

(1) Description page 20.

temps de GENSANNE, beaucoup de personnes ont essayé de retrouver le filon dont il parlait, mais jusqu'à présent tous ces travaux sont restés infructueux.

DAUBRÉE indique (24, p. 64) : Aux environs de Saint-Austell, dans l'Allier, que le granite décomposé est restreint aux régions traversées par les filons quartzeux renfermant de la tourmaline et quelquefois de la cassitérite (à Carclaze). On la trouve aussi dans les régions stannifères de Cornouailles et de Banca. Parfois, paraît-il, dans ces gisements, l'étain est disséminé dans la gangue dépourvu de l'éclat métallique, c'est le cas dans l'Allier.

Il serait peut-être intéressant de faire des travaux sur ce filon (Vieille-Hutte), pour voir si dans certains endroits il n'y aurait pas de traces d'étain.

LE GISEMENT DE PLANCHER-LES-MINES-GARE

Position géographique et géologie générale. — A 450 mètres au sud-est de la gare de Plancher-les-Mines se trouve la minéralisation que j'appellerai, pour les besoins de ce travail, « Plancher-les-Mines-Gare ». L'endroit où les deux petites galeries se trouvent a les coordonnées suivantes : « 425,4-106,5 » (1).

Cette minéralisation est située dans une zone de grès argileux très fins qui doit représenter les couches inférieures du Viséen. Le tout fait partie des plis presque isoclinaux qui ont causé l'affleurement en bandes de ces terrains. Dans ces grès feldspathiques, il y eut une injection de microgranite visible dans les zones où l'on observe le minerai (2).

Description du gisement. — Le filon paraît avoir une direction de N 80° E, un pendage de 70° vers le Sud avec une épaisseur de presque 5 cm. dans le trou le plus haut (425,5-106,4). Les couches de grès ont, à cet endroit, une direction Nord-Sud, avec un pendage de 55° vers le Nord, au point « 425,3-106,4 ».

Dans l'autre travail, la faille qui est en relation avec l'intrusion du microgranite paraît avoir une direction de N 110° E, avec un pendage de 55° vers le Nord, au point « 425,3-106-4 ».

Sur le terrain, il est évident qu'on a affaire à une minéralisation très irrégulière, parfois même à une imprégnation.

Pétrographie. — La roche blanchâtre avec des phénocristaux de

(1) Voir p. 47, note infra-paginale.

(2) Voir p. 11, pour description de ces grès.

quartz bipyramidé est traversée par des veines de quartz filonien contenant du mispickel et de la galène argentifère.

Examen microscopique. — Au microscope, on voit une pâte finement cristallisée comme celle décrite dans la section de microgranite, page (23). Dans cette pâte, on observe des phénocristaux de plagioclases qui sont surtout de l'albite, mâclés suivant les lois de l'albite et de Carlsbad. Les phénocristaux de quartz existent aussi en quantité et peuvent atteindre un centimètre de diamètre.

La structure graphique de la pâte paraît être formée par un mica incolore, probablement la séricite, en relation avec le quartz.

La résorption par la pâte attaque les phénocristaux de quartz, ainsi que ceux de feldspath.

La matière ferro-magnésienne est tout à fait rare, parfois un peu l'ilmenite et de leucoxène se présente et aussi un peu de magnétite. L'altération attaque les feldspaths avec formation de séricite et de kaolin. Des filets de quartz secondaire traversent la roche.

LES MINÉRAUX

La Gangue

Les Minerais

Quartz.

Galène argentifère.

Mispickel.

Quartz. — Dans le remplissage de ce filon, le minerai est accompagné de microgranite et de quartz ; dans le microgranite, le quartz a des cristaux bipyramidés dans la pâte. Traversant cette roche vient la minéralisation composée de quartz granuleux avec de la galène et du mispickel finement cristallisé.

Galène. — On rencontre de la galène dispersée comme le mispickel dans la gangue de quartz et en imprégnation dans la roche encaissante.

Mispickel. — Dispersées dans la gangue de quartz et aussi dans la roche encaissante, s'observent des petites mouches de mispickel.

Pour me rendre compte de la minéralisation dans le filon « P. L.M. Spécial », j'ai fait plusieurs analyses de la matière provenant du gisement.

J'ai sélectionné à la main 1.250 grammes de la roche qui paraissait

très minéralisée. Après un concassage pour qu'elle passe au tamis de 40, j'ai lavé à la batée pour concentrer les parties minéralisées. Voici l'analyse de ce concentré (1) :

Ag, 600 grammes par tonne de l'échantillon	Cu, —
Pb, — 25 % —	Zn, —
Fe, — 21 % —	Al ² O ³ , petites traces
S, — 13 % —	Ni, —
SiO ² — 8 % —	Ca, —
As, à peu près 33 % de l'échantillon	Bi, —
Sb, traces	Au, toutes petites traces

Le stérile contient les éléments suivants :

SiO ² , environ 93 % dans l'échantillon présent	Al ² O ³ , présent
As, traces	MgO, —
Pb, —	Zn, traces
Fe, —	Cu, petites traces
S, —	Bi, —
Ag, toutes petites traces	Co, —

Pour faire des expériences différentes, j'ai pris un échantillon de la minéralisation qui paraissait la plus riche, et j'ai fait la préparation mécanique de la manière suivante :

J'ai concassé 1.250 grammes de minerai pour passer au tamis n° 15. Pour cette première opération, j'ai eu les résultats suivants :

	Concentré
a) 275 gr. de minerai entre n° (15-25).....	9,6
b) 485 gr. — — (25-40).....	
c) 490 gr. — plus petit que n° 40....	14,25
Le concentré de a et b, 760 grammes, pour passer au tamis n° 40 a donné un concentré de.....	
	11,55
TOTAL.....	35,40

J'ai fait le concassage dans un petit concasseur du type Blake, et j'ai séparé les concentrés en utilisant les tamis spéciaux de

(1) C'est Mr. George C. Heikes, Chief Geologist of the Giesche Spolka Akcyjna, Pologne, qui a eu l'obligeance de faire faire ces deux analyses.

M. THIÉBAUT, qu'on peut actionner comme un bac à piston (jig). Enfin, j'ai classé les schlamms et les fins par un spitzkasten et sur une table de secousse avec un tapis lisse. Il me semble que des fins qui sont perdus par cette méthode peuvent être récupérés si on utilise au moins en partie des procédés de flottation.

D'après l'analyse As 33 o/o, Pb 25 o/o, Fe 21 o/o, S 13 o/o, on voit qu'il y a approximativement dans le concentré :

Galène, 10,22 gr., soit 28,7 o/o.
 As, 11,68 gr.
 Fe, 7,43 gr.
 S, 3,23 gr. (sans compter celui de la galène)
 Si, 2,83 gr.

Si on se base sur l'arsenic, on arrive à : Mispickel, 29,39 gr.
 — — le fer, — — 21,5 gr.
 — — le soufre, — — 16,4 gr.

Il est probable qu'il y ait une certaine quantité de pyrite ou de pyrrhotine.

D'après les calculs, il est apparent que le gisement est d'une faible richesse, quoique la quantité d'argent soit assez élevée dans le concentré.

En effet, le minerai riche ne titre que 0,8 o/o de galène et 1,7 o/o de mispickel, et l'argent correspond à une galène contenant 1.800 grammes d'Ag. à la tonne.

GENÈSE DES GITES CUPRO-PLOMBO-ZINCIFÈRES

Dans tous les gîtes de cette catégorie, les minerais essentiels sont : la chalcopryrite, la galène et la blende, avec, accessoirement, de la pyrite, et parfois un peu de mispickel. Les minerais secondaires qu'on trouve sont surtout de la malachite et de la pyromorphite, plus rarement de l'érubescite, de la covelline et du chryso-colle.

Les minéraux principaux des gangues sont d'abord le quartz, et la fluorine, et ensuite la calcite, avec la sidérose et la barytine relativement rares.

On peut résumer ces minéraux dans la table suivante :

MINÉRAIS

<i>Primaires</i>	<i>Secondaires</i>	GANGUE
Chalcopyrite	Malachite	Quartz
Galène	Pyromorphite	Fluorine
Blende	Erubescite	Calcite.
Pyrite	Chrysocolle	Sidérose
Mispickel	Covelline	Barytine

Au point de vue des différentes venues, il est difficile de généraliser quant aux gîtes de cette série. Il paraît toutefois que la première venue fut en général celle qui apporta la majeure partie des métaux. Dans certains endroits, la deuxième phase de la minéralisation a apporté aussi des éléments métalliques, mais dans la plupart des cas il n'y a qu'un métal représenté dans cette deuxième venue, et c'est généralement le plomb sous forme de galène.

L'avant-dernière phase de la minéralisation, dans le cas du gisement de Mont-de-Vannes comporte du quartz, de la fluorine, de la barytine et de la pyrite. Dans presque tous les gisements, on remarque les traces d'une dernière phase de minéralisation composée de quartz stérile parfois accompagnée de fluorine.

L'âge de ces différentes venues a été déterminé par les relations qui existaient dans le filon, telles que la superposition, les inclusions des fragments d'une première venue dans la deuxième, la nature du contact entre les deux phases de la minéralisation, etc.

Le fait qu'on trouve principalement la galène et la blende dans ces filons tend à démontrer qu'il s'agit ici de gîtes de moyenne profondeur, probablement des gîtes mésothermaux de M. LINDGREN, et situés à quelque distance du magma, en général.

KEMP écrit : « L'impression assez générale, quoique peut-être jusqu'à présent un peu vague et manquant de distinctions nettes est que les minerais de plomb et de zinc sont fréquemment suivis en profondeur par les minerais de cuivre.

(1) J.-F. KEMP, *Econ. Géol.*, n°7, 1921, p. 478.

M. J.-E. SPURR (77, vol. I, p. 284) indique comme ordre général de succession :

- a) Zone de pegmatite ou quartz pegmatitique.
- b) Or libre, zone de pyrite aurifère avec gangue de quartz grossièrement cristallisé.
- c) Zone de pyrite cuprifère (zone principale de cuivre).
- d) Zone de pyrite aurifère et mispickel aurifère.
- e) Zone de Blende, (zone principale de zinc).
- f) Zone de galène, souvent argentifère (zone principale de plomb).
- g) Zone des minéraux complexes et à haute teneur en argent, particulièrement tetraédrite et tennantite, ainsi que d'autres sulfoarséniures et sulfoantimoniure, accompagnés caractéristiquement par du quartz.

Dans cette classification, c'est donc les zones E et F qui sont les plus importantes dans cette région des Vosges, parfois la zone C est représentée. M. LINDGREN (57, p. 563) indique une succession à peu près comparable pour les gisements formés à une profondeur intermédiaire (mésothermal) (1). Il dit que la chalcopryrite et la bornite (érubescite) sont toujours formés après la pyrite, et que la galène est avec la blende un des derniers sulfures simples à se former.

Dans son traité, BECK (p. 258) ne fait pas de distinction quant à la profondeur, mais divise les gîtes en filons avec minerais essentiellement sulfurés, avec la subdivision (pour ce cas) de formation type plombeuse, pyriteuse, tirant sur la formation cuprifère quartzeuse et filons avec minerais essentiellement oxydés, division qui ne nous est ici d'aucun secours.

Au point de vue des ouvertures qui sont remplies par ces filons, elles sont de plusieurs catégories. Dans la vallée du Rahin, certains des filons ont à peu près la même direction — N 40° E — ce qui est aussi la direction de certaines des vallées de ce district des Vosges (le Haut-Rahin, le Haut-Oignon et la vallée de Miellin). Cette similitude fait penser qu'il y a ici une influence régionale d'ordre technique qui a déterminé ces fractures et leur direction.

Les brèches, quoique présentes, ne paraissent pas être très développées dans ces filons, donc on peut conclure qu'après leur formation ils n'ont été recouverts que rarement.

Une deuxième variété de cassure est celle qui apparaît dans les massifs de roches basiques, généralement de l'andésite. Elles

(1) Voir note infrapaginale p. 126.

sont peut-être formées par les mouvements tectoniques, comme dans le cas du gisement de la Grande Montagne, où la direction est environ N 40° E, ou parallèle à celle de Baisse-de-la-Vache, de Crémillot, de Pont-Piron et de Loury. Les autres, comme celles du gisement de Mont-de-Vannes, sont probablement formées par des mouvements d'affaissement produits lors de la solidification du massif intrusif.

La troisième variété est celle du contact entre une roche intrusive, telle que l'andésite, et sa roche encaissante. Le gisement du Mont est un exemple de cette catégorie, et la roche autour de l'andésite est le schiste du Tournaisien.

Une fois la fracture formée, quel fut le mode d'introduction des éléments ? Pour les considérations mécaniques, aujourd'hui il y a trois écoles : la première est représentée par M. LINDGREN, et d'autres qui pensent que les solutions assez concentrées ont circulé dans les fissures ouvertes, et que des variations de température et de pression, ainsi que les réactions avec les roches du mur, ont causé la précipitation. La deuxième école, qui est moins suivie, a son principal représentant en M. J.-E. SPURR, qui envisage des solutions très concentrées, visqueuses, capables de tenir des fragments de roche en suspension, aidées parfois par la force de l'intrusion bien entendu. Pour ce type d'injection, il parle des « Ore Magmas » ou magmas de minerai, et des veindikes. La troisième théorie développée par M. TABER () prête aux forces de cristallisation des minéraux la possibilité d'élargir la fracture par déplacement mécanique.

M. LINDGREN suppose l'existence d'ouverture dans la zone superficielle et intermédiaire, et pour les zones plus profondes il invoque l'importance de la métasomatose.

Dans cette étude faite ici, j'ai noté un ou deux endroits qui semblaient appuyer, en partie, l'idée émise par des investigateurs tels que MM. S. TABER, G.-F. BECKER, A.-L. DAY et d'autres. Pour les théories d'introduction des éléments en solutions visqueuses, je n'ai pas constaté dans la minéralisation d'endroits qui semblaient favorables à cette hypothèse. Par contre, il me semble que la grande partie de ces gisements résulte de dépôts provenant de la circulation des solutions dans des fissures plus ou moins ouver-

tes, à cause des changements de température et de pression, ou par réaction avec les roches des parois.

Je n'ai pas constaté la présence des minéraux qui sont caractéristiques de la zone profonde à haute température, tels que topaze, tourmaline, grenats, apatite, etc. La présence de chalcoppyrite, galène et blende avec une gangue de quartz, fluorine et calcite, est caractéristique de la zone de profondeur intermédiaire et la présence de chalcoppyrite, galène et blende avec une gangue de quartz, fluorine et calcite est caractéristique de la zone de profondeur intermédiaire et la présence de calcédoine indique une activité qui se passait plus près de la surface. Elle s'est produite probablement après le travail de l'érosion qui a réduit la distance entre les gisements et la surface du sol.

Pour conclure, je peux résumer ainsi ces considérations :

1. Présence de galène, chalcoppyrite et blende dans une gangue de quartz, fluorine et calcite, avec accessoirement de la sidérose et de la barytine ;

2. Première et deuxième venues pouvant se confondre, remarquables par la présence des minéraux métalliques ;

Troisième venue, et parfois quatrième, de quartz, avec parfois de la fluorine. Altération des gîtes avec formation des minéraux secondaires de plomb et de cuivre ;

3. Formations de plomb paraissant parfois faire place en profondeur aux formations de cuivre, et ces dernières s'être concentrées autour des masses de granite ;

4. Trois variétés de cassures :

a) Tectonique régionale ;

b) Tectonique locale dans des massifs, par affaissement des intrusives ;

c) Contact entre une intrusion et la roche encaissante ;

5. Dépôt par des solutions hydrothermales ascendantes d'origine magmatique ;

6. Formation dans la zone de profondeur intermédiaire avec une dernière venue apparue quand le gisement était moins profond,

RÉSUMÉ POUR LES GITES DE PLOMB, ZINC ET CUIVRE

Deux des gisements situés dans la région des *schistes tournaisiens* sont dans des fractures de contact. Le Mont et le Combrageot ; deux autres, Mont-de-Vannes et Le Magny-de-Fresse, sont formés dans des cassures dans l'andésite, probablement ouvertes lors de la solidification de ces masses.

Les minerais qu'on trouve sont la galène, la blende, et accessoirement la chalcopryrite ; la gangue se compose de quartz, fluorine, avec accessoirement de la calcite et de la barytine.

Dans le *complexe du Viséen*, les gisements contiennent les mêmes minéraux, cependant la chalcopryrite y devient plus importante. On y observe plus de calcite et de sidérose, mais la barytine est très rare. Il semblerait qu'il y ait tendance à avoir plus de cuivre dans les zones plus rapprochées du granite.

La *monsonite* contient le filon du Pont-Piron, composé principalement de fluorine, avec chalcopryrite et galène comme minerais dans un filon parallèle au filon stérile de fluorine.

Dans la *diorite*, près du Château-Lambert, le filon Baudy est principalement composé de fluorine avec de la galène, et accessoirement de la blende. Près du filon de molybdène et de cuivre (Château-Lambert), on relève des traces de petites minéralisations contenant de la barytine et de la calcite avec galène et chalcopryrite.

Près de la *gare de Plancher-les-Mines*, on voit une petite minéralisation sur la rive gauche du Rahin, qui est d'ailleurs représentée aussi sur la rive droite plus bas que la gare. C'est de la galène argentifère et du mispickel, en relation avec une venue de microgranite dans les grès du Viséen.

Dans le *granite gris porphyroïde*, à côté de Saint-Bresson, on rencontre la minéralisation de plomb et de cuivre qu'on a exploitée récemment pour son contenu de fluorine.

Pour conclure, il y aurait une tendance pour le cuivre d'être concentré près des massifs du granite avec la galène dans une zone plus étendue. Ceci confirmerait certaines idées d'une distribution zonaire des métaux (1).

(1) J.-F. KEMP, Zonal distribution of Ores around Igneous centers, *Econ. Geol.*, vol. XVI, n° 7, 1921.

Au point de vue de la présence et de la distribution des gangues, il ne semble pas possible pour le moment de donner des indications générales.

J'ai divisé les fissures minéralisées en trois catégories, suivant la cause de leur formation : *a*) mouvements tectoniques régionaux; *b*) affaissement des intrusions de roches ignées pendant leur solidification; *c*) intrusions des roches ignées dans les formations diverses (gisement de contact).

Les directions sont assez semblables pour beaucoup entre les filons, N 50° à 50° E, avec en moyenne N 40° E.

Les venues diverses peuvent se résumer ainsi :

1. Galène, blende, chalcopryrite, quartz, fluorine, calcite (ou leur combinaison);
2. Galène, calcite ou fluorine;
3. Fluorine stérile;
4. Quartz stérile.

Au sujet de l'âge, j'ai décidé que les solutions hydrothermales étaient venues de la fin du Viséen à la fin du Permien.

CHAPITRE V

LES GISEMENTS DE FER ET DE MANGANÈSE

Dans ce même district des Vosges méridionales apparaissent des gisements de fer et de manganèse; mais ils n'ont ni une extension aussi considérable que ceux de plomb, zinc et cuivre, ni la richesse et la continuité du gisement cupro-molybdifère.

Servance est le gisement le plus important parmi ceux où le fer est le minerai prédominant. Le gisement de l' « Envers-de-la-Grève » est d'ordre secondaire dans ce groupe.

A Faucogney, on rencontre le gisement du « Saphoz », le plus important du groupe quant au manganèse. Près du Haut-du-Them, le gisement de la « Fonderie » est moins important, en étendue et en richesse de minéralisation, que « Saphoz ».

Les deux gisements de fer sont dans un granophyre, et celui de « Servance » est à proximité d'une masse d'andésite.

Les gîtes de manganèse ont des roches encaissantes différentes; « Saphoz » se trouve dans un granophyre, près des masses d'andésite, et paraît avoir des rapports avec cette andésite. Le gisement de la « Fonderie » est entouré de granite à amphibole des ballons typiques du Ballon de Servance.

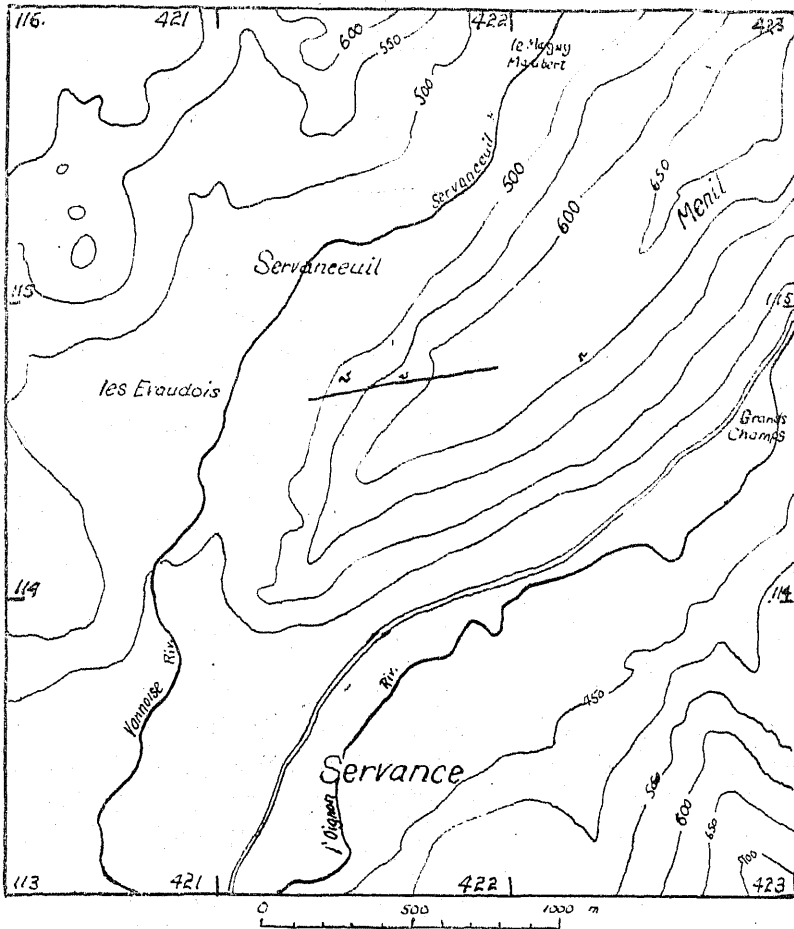
Je reprendrai ces gisements dans l'ordre indiqué pour développer l'étude en détail.

GISEMENT DE SERVANCE

La géographie. — Sur la montagne dite « Ménil », à 1.000 mètres au nord du village de Servance, et à 700 mètres au sud-est de

Servanceuil se trouve l'ancienne mine de fer. La gangue est de quartz et de barytine, et le minerai est principalement l'oligiste avec des traces de manganèse et de cuivre.

CROQUIS DE LA RÉGION DE SERVANCE



IV. Schéma montrant le filon de Servance.

On peut suivre le gisement depuis « 421,3-114,7 » (I) jusqu'à « 422,1-114,85 », sur environ 800 mètres de son étendue. Il com-

(1) Voir note infrapaginale p. 47.

mence dans le fond de la vallée vers Servanceuil, pour finir en haut du « Mênil ».

L'HISTOIRE DU GISEMENT DE SERVANCE

Le gisement de « Servance » est décrit dans les termes suivants par THIRRIA (83, p. 359) :

« Le porphyre noir renferme, à la montagne du Mênil, commune de *Servance*, un riche filon de fer oligiste, qui n'a pas encore été exploité d'une manière suivie. Ce filon est quartzeux, à peu près vertical, et puissant vers sa crête d'environ 15 mètres (? de l'auteur). Sa puissance paraît diminuer du haut en bas. Le minerai s'y présente en gros rognons contigus, dont la plus grande largeur a été jusqu'à présent de 4 mètres; c'est un fer oligiste, le plus souvent écailleux et quelquefois argilifère, qui renferme quelques nids de baryte sulfatée, des veines de fer spathique et des géodes tapissées de chaux carbonatée nacrée. La variété écailleuse, lorsqu'on passe le doigt à sa surface, laisse sur la peau un enduit brillant; la variété argilifère se rapproche beaucoup de la sanguine ou pierre à crayon. Ce minerai contient, d'après une analyse faite par M. Berthier, sur 100 parties, 82 de péroxide de fer, tenant 57 de fer, et 18 d'une gangue composée de quartz et de baryte sulfatée. On l'a fondu avec peu d'avantage dans les hauts-fourneaux du Magny et de Saint-Georges, en le mélangeant avec des minerais moins riches. Le meilleure manière de le traiter, serait d'en retirer directement du fer, soit par la méthode catalane, soit par la désoxydation et le ramollissement dans des fours à réverbère, procédé que M. Chenot, ancien élève de l'École des Mines, se propose d'appliquer en grand, d'après des essais satisfaisants qu'il a fait à Saponcourt, et pour lequel il a obtenu un brevet d'invention. La mine de fer du Mênil a été concédée à MM. de Pourtales et de Lapanouze par une ordonnance royale en date du 5 avril 1827. »

En 1875, A. CAILLAUX (13, p. 522) indiquait pour le département des Vosges :

« Les gisements de fer, en général hématites brunes manganifères, fer carbonaté ou oligiste, étaient abandonnés, soit à cause de l'approfondissement des travaux, soit à cause du changement dans la nature du minerai qui devenait cuivreux ou sulfateux.

Production dans les Vosges: 1834, 5.679 tonnes; 1864, 4.888 tonnes; 1869, 0 tonne.

M. CAILLAUX indique dans la Haute-Saône: « Celui de Servance (mine de fer) avec oligiste dans un porphyre noir inexploité. »

D'après les indications des gens du pays, on a peu travaillé depuis ce moment. Aujourd'hui on voit des puits et des galeries; mais certaines sont bouchées, et d'autres sont dangereuses à cause d'éboulements possibles. Les haldes sont considérables (plusieurs milliers de tonnes), et on peut y trouver de nombreux échantillons minéralisés.

La géologie générale. — Le gisement de fer de Servance se trouve dans un granophyre près du contact de celui-ci avec une andésite. Le granite à amphibole des ballons est à cinq cents mètres au nord du gisement. La roche encaissante est la même ici que dans deux des autres gisements de ce groupe (« Envers-la-Grève » et « Saphoz »), et elle est différente de celle de la « Fonderie », qui est le granite à amphibole. Il est probable que l'andésite ait été injectée dans le massif de granophyre, et que les solutions hydrothermales en relation avec cette intrusion aient joué un rôle dans la formation du gisement.

La pétrographie. — Les deux roches qui sont en relation directe avec ce gisement sont le granophyre et l'andésite. Le granite à amphibole des ballons se trouve dans la région, mais il n'y a pas de rapport direct entre cette roche et le gisement de « Servance ».

Le granophyre. — Le granophyre rougeâtre est la roche encaissante du gisement avec une pâte très fine dans laquelle nagent quelques petits phénocristaux rougeâtres clairs d'orthose. La pâte est microcristalline avec un développement micropegmatitique et les phénocristaux d'orthose et quelques-uns des plagioclases sodiques. Très peu de minerai ferro-magnésien est visible. La couleur rougeâtre est en partie due à la présence d'oligiste dispersé dans la roche.

Dans le voisinage du filon, cette roche offre des variétés qui ont les caractéristiques des rhyolites, et parfois des microgranites.

L'andésite. — L'andésite de cette région est extrêmement compacte et de structure très fine. Elle se trouve dans le voisinage immédiat du filon, dans la formation duquel elle a certainement joué un rôle important.

La pâte est composée de microlithes de plagioclase sodicocalcique, de matière ferro-magnésienne microcristalline et de verre. Les petits phénocristaux de plagioclase, voisins du Labrador, qui sont dispersés dans la pâte de la plupart des andésites n'existent pas ici.

La chlorite est abondante, elle résulte de l'altération de la matière ferro-magnésienne, la séricite de celle des plagioclases.

La description du filon. — Le filon quartzeux étant plus dur que la roche encaissante, surgit du terrain, et on peut très bien voir à la surface l'affleurement sur plusieurs centaines de mètres.

Ensuite, il se perd pour réapparaître un peu plus loin. La largeur du filon est de un et demi à deux mètres. Le chapeau du filon est surtout caractérisé par la silicification.

La direction du filon est environ N 75° à 80° E; le pendage, à mi-chemin en montant la colline, est environ 70° vers le Nord.

Le filon commence dans le fond de la vallée, vers « 421,3-114,7 » et remonte en obliquant vers l'Est, pour en finir vers « 422,1-114,85 ». En haut du mont « Ménil », le filon se divise et semble s'éparpiller. La branche principale du filon change de direction N 80° E, pour prendre une direction N-E. En descendant une trentaine de mètres, sur le côté de la crête située vers la vallée de l'Oignon, dans la direction du filon, il y a une galerie dite « Caves-des-Tercettes », où il paraît qu'on a tenté infructueusement de trouver la continuation du gisement. Il y a effectivement quelques petits remplissages d'oligiste; mais ce phénomène n'est pas rare dans des roches aussi ferrugineuses que celles-ci.

Vers l'Ouest, sur presque 1.500 mètres, les terrains sont couverts de dépôts glaciaires qui cachent la prolongation possible du filon. Quelques fouilles faites dans les collines, de l'autre côté de la vallée, n'ont rien démontré.

Le filon a une longueur totale visible de 800 à 900 mètres. En haut du « Ménil », où le filon commence à s'éparpiller, il est possible qu'il y ait eu une colonne riche. Une descenderie montre l'intérêt que l'on y avait trouvé jadis.

LES MINÉRAUX

Gangue	Minerais
Quartz	Oligiste
Jaspe	Oxyde de manganèse
Barytine	Magnétite
	Malachite (?)
	Sidérose (?)

Quartz. — Ce minéral paraît être le principal constituant de la gangue. Dans le quartz l'oligiste se trouve en rognons et en petits cristaux avec lesquels un peu de barytine est parfois associée. Dans les cavités du quartz primaire, il y a, dans certains endroits, un tapis de jaspe et de quartz filonien récent idiomorphique.

Jaspe. — Parfois dans le gisement, le jaspe prend un développement considérable dans certains endroits. La structure rubannée est fréquemment rencontrée, et il est probable que ceci résulte du dépôt lent et intermittent du quartz à l'état colloïdal coloré. En relation avec le jaspe, il y a parfois des concentrations d'oligiste. Le jaspe est caractéristique de la période secondaire de la minéralisation.

Barytine. — Elle se présente sous deux aspects : en nids irréguliers ou en agglomérations ayant une structure lamellaire. Il est probable que la barytine résulte en partie du lessivage des roches inférieures et avoisinantes.

Oligiste. — Dans les endroits où l'oligiste a pu se déposer dans un vide, il en est résulté une structure rubannée en rognons, ou botryoidale. Une variété cristalline se trouve en relation avec le quartz, soit en petits cristaux, soit massive. La variété hématite se trouve également près de la surface.

Oxyde de manganèse. — Des traces de manganèse ont été trouvées dans quelques échantillons.

Malachite. — Un échantillon provenant de cette mine avait des traces de malachite. Ceci ne doit pas être anormal, parce que Caillaux (13, p. 522), a signalé que certains gisements de fer ont été abandonnés, pour la plupart, soit à cause de l'approfondissement des travaux, soit à cause de changements dans la nature du minerai qui devenait cuivreux ou sulfureux.

Mode du remplissage. — Dans l'ensemble, l'élément dominant est le quartz, dans lequel il y a des concentrations d'oligiste avec quelques nids de barytine. L'enrichissement paraît être lenticulaire en plan, avec un développement en colonnes, à en juger d'après les travaux d'exploitation encore visibles.

Les vacuoles qui se trouvent au milieu des masses de minerai sont tapissées de jaspe et de cristaux de quartz secondaire. La structure bréchoïde est assez développée dans le gisement, et montre l'importance des mouvements suivant la zone du remplissage.

L'oligiste se trouve en petits cristaux dans le quartz et la barytine. En relation avec le quartz ou le jaspe, il y a aussi des zones d'oligiste massive. L'oxyde de manganèse et la malachite sont tous les deux très rares dans les échantillons que j'ai vus.

Genèse. — Comme beaucoup de ces gisements se changent en profondeur en gisements de cuivre ou gisements sulfureux, il est probable que ce remplissage (quartz, barytine et oligiste) représente la partie supérieure d'un de ces gisements.

LE GISEMENT DE FER « ENVERS-DE-LA-GRÈVE »

Position géographique. — Le gisement de fer est situé à 3 kilomètres au sud de Servance, et à 4 kil. 500 à l'est de Ternuay. Plus exactement, c'est à 200 mètres au sud-est de la maison dite « Envers-de-la-Grève », et à la même distance au nord-est de la ferme du « Pré-Jacques ».

Historique. — Ce gisement très peu important ne figure pas

dans la plupart des travaux sur les Vosges. Il est possible que THIRRIA (83, p. 360) en ait parlé lorsqu'il disait :

« Le même porphyre noir offre, au lieu dit « *Revers aux Chiens* » à deux kilomètres au sud de Servance, un stockwerk, composé de trois filons principaux, dont deux, à peu près parallèles, se dirigeant de l'Est à l'Ouest. Ces filons sont quartzeux, puissants de 3 à 6 mètres, et renfermant des nids de fer oligiste et de baryte sulfatée. On a fait, en 1827, plusieurs fouilles sur la crête de ces filons; mais on les a abandonnées, parce que le minerai était peu abondant et mélangé d'une forte proportion de baryte sulfatée. »

A. CAILLAUX, dans son livre paru en 1875, ne parle pas de ce gisement. Depuis le livre de THIRRIA, on n'a rien publié à ma connaissance sur ce gisement.

Géologie générale. — Entre la zone de granite, avec une bordure de monzonite et de microgranite, vient une bande de granophyre et orthophyre bréchoïde avant de trouver la zone des roches (arkoses, conglomérats et roches volcaniques).

C'est dans cette zone du complexe de granophyre et d'orthophyre bréchoïde que nous trouvons le gisement d' « Envers-de-la-Grève ». Le massif de granite à amphibole est à 2 kil. 500 au Nord-Est.

Je n'ai pas noté d'intrusion d'andésite ou d'autres roches basiques dans le voisinage du filon; il est possible que la faible minéralisation de cette fracture soit comparable au manque d'intrusion de roches basiques dans la région.

Le filon est d'environ 30 mètres en longueur, et la largeur moyenne est de quelques dizaines de centimètres. La direction du filon est N 65° E, et le pendage est de 70° vers le Sud.

Pétrographie. — Il s'agit ici d'un granophyre qui est finement cristallisé, montrant quelquefois des petits cristaux de feldspath, probablement d'orthose.

L'examen microscopique montre une structure micropegmatitique nettement développée avec, dans certaines plages, une structure plutôt rhyolitique à microlithes allongés.

La pâte contient un certain nombre de phénocristaux d'orthose, de plagioclase, et, quelquefois, des grosses plages de quartz.

Les minéraux accessoires sont la magnétite, l'ilmenite, l'apatite et le zircon. L'altération a amené le changement du feldspath en kaolin et en séricite. Les phénocristaux ferro-magnésiens ont été altérés en chlorite; on n'y observe pas de traces d'épidote.

LES MINÉRAUX

Gangue	Minerais
—	—
Quartz	Oligiste
Barytine	Hématite
	Magnétite

Quartz. — Il est probable qu'ici, le quartz représente des venues d'âges différents. En relation avec le minerai, le quartz est très important dans la gangue. Il forme aussi un ciment avec la barytine et l'oligiste pour les inclusions de roche des parois.

Le quartz secondaire tapisse les cavités dans la barytine, ainsi que des vacuoles dans le remplissage minéral.

Barytine. — Avec le quartz dans le remplissage, il y a des quantités variables de barytine. Dans certaines zones de la minéralisation, il y a plus de barytine que de quartz, mais ceci est plutôt rare.

Ce minéral est blanchâtre, lamellaire, et se trouve en agglomérations atteignant quelques centimètres de diamètre. Dans certaines des cavités de barytine, il y a un tapissage de quartz.

Oligiste. — La variété présente est voisine de l'espèce spéculaire et se trouve en petits cristaux dans le quartz et dans la barytine. Les concentrations paraissent plus importantes où il y a des quantités à peu près égales des deux gangues, barytine et quartz. Dans les passées de quartz pur, il y a relativement peu d'oligiste.

Hématite. — Près de la surface en relation avec un remplissage bréchoïde contenant l'oligiste, la barytine et le quartz, il y a un développement cubiqué d'hématite rouge. Il est possible que ce soit une pseudomorphose de pyrite, mais dans tous les échantillons que j'ai vus dans ce gisement, il n'y avait point de pyrite.

Magnétite. — Ce minéral n'existe qu'en petite quantité en relation avec l'oligiste (1).

Le mode du remplissage. — Dans ce gisement, le minerai principal est l'oligiste avec, parfois, de l'hématite.

La structure bréchoïde est très prononcée, et le ciment qui réunit les fragments arrachés des salbandes est souvent un ensemble de quartz, barytine et oligiste.

L'oligiste se trouve en veines et en poches dispersées irrégulièrement dans les interstices formés par cette brèche.

D'après les échantillons, il a dû y avoir une première venue de quartz, barytine et oligiste, qui a cimenté une brèche se trouvant dans la fracture. Ensuite, une venue de quartz a silicifié les roches de nouveau et a tapissé certaines des vacuoles existant dans la barytine. Il s'est produit également une transformation d'une partie de l'oligiste en hématite.

(1) Voir page III.

LE GISEMENT DE « SAPHOZ »

Géographie et géologie générale. — Dans la commune de Fauconney, à 2 kil. 500 au nord-est de ce village, on rencontre le gisement de manganèse que l'on peut suivre sur environ 2 kilomètres. Plus exactement, il se trouve à 500 mètres environ au nord du village de Saphoz-le-Bas, et à 2 kilomètres à l'ouest d'Esmoulières.

Plus au sud du massif de granite vient le complexe des roches basiques et acides qu'on rencontre dans tout le sud des Vosges, entre le granite et les schistes d'âge Tournaisien. Tout à côté du granite, il y a une zone de granophyre de quelques centaines de mètres de largeur, qui est entouré par l'andésite, et c'est dans cette région du granophyre qu'une partie de la minéralisation apparaît.

Dans l'andésite se trouvent plusieurs pointements de microgranite qui sembleraient donner appui à l'hypothèse que le magma, donnant naissance aux intrusions acide, était encore actif après la solidification de l'andésite.

Historique. — Dans son livre sur les Vosges (83, p. 362), THIRRIA a donné les indications suivantes sur ces gisements :

« Le spilite (andésite) renferme à Saphoz, commune de Fauconney, un filon de fer oligiste qui n'a pas encore été exploité, malgré la richesse et l'abondance du minerai. Ce filon est quartzeux, puissant de 4 à 5 mètres et à peu près vertical; il se dirige du Nord-Ouest au Sud-Est. Ses salbandes qui sont larges d'environ 0 m. 33, sont composées d'une argile sablonneuse. Le minerai est en fer oligiste aussi riche que celui de Servance, et qui a sur lui l'avantage de ne pas renfermer de baryte sulfatée. Des travaux de reconnaissance peu étendus qui ont été faits, en 1826, par MM. Galaire et Patret, semblant annoncer que le minerai s'y présentera en rognons comme dans le filon de Servance. »

« Le spilite (andésite) renferme aussi dans la commune d'Emoulières, à peu de distance du hameau de Saphoz, un filon de quartz avec manganèse oxydé, qui est puissant de 24 à 26 centimètres, se dirige au nord-sud, et plonge vers l'ouest sous un angle d'environ 30 degrés. Le minerai s'y présente également en rognons. On l'a exploité anciennement pour l'usage des faïenceries de la Franche-Comté, et, en 1805 et 1806, les travaux ont été repris, mais bientôt abandonnés, faute de capitaux nécessaires pour exploiter le gîte en grand. Le filon principal est accompagné de petits filons croiseurs qui sont également quartzeux, et renferment du manganèse oxydé, de sorte qu'il semble que ce gîte est un stockwerk. Il y a lieu de croire, d'après l'abondance du minerai et du prix assez élevé qu'il a dans le commerce, que la reprise de cette exploitation serait avantageuse. »

Depuis ce moment, d'après les dires des gens du pays, la mine a été exploitée à quelques reprises, et avant la guerre, paraît-il, une tentative a été faite dans ce sens par une compagnie allemande. En 1930, la Compagnie des Mines de l'Est y travaillait avec cinq à six hommes, sous la direction de M. GUYOT.

Description du gisement. — Le gisement d'oxyde de manganèse dit « Saphoz » se trouve au milieu d'un granophyre, non loin du contact de cette roche avec une andésite. Les conditions sont un peu semblables entre ce gisement et celui dit « Servance », sauf qu'ici l'oxyde de manganèse est le minerai principal avec l'oligiste accessoirement développé; dans le gisement de Servance, les conditions de ces deux minéraux sont exactement inverses.

Près de la maison Corveraine, deux filons sont visibles, séparés par environ 35 mètres, et leurs directions sont sensiblement les mêmes, N 120° E. On perd ces deux filons pendant quelques centaines de mètres, et ensuite on en retrouve un dans le prolongement

La principale partie du gisement se dirige N 135° E à N 145° E, mais il y a quelques endroits où cela peut aller jusqu'à N 165° E, vers « 414,8-117,2 », par exemple. Vers les travaux actuellement ouverts « 414,3-117,7 », la direction est N 140° E, et le pendage 25° à 45° S-O.

Le pendage est variable de 25° jusqu'à la verticale. Près de la maison Corveraine, il est 65° O plus loin vers l'Ouest, presque vertical, et vers les travaux actuellement ouverts, au sud de la maison Corveraine, il est entre 25° et 45° à l'Ouest.

La longueur de la minéralisation est d'environ 2 kilomètres, commençant vers « 413,25-118,3 », et se terminant vers « 414,8-117,2 ». A l'Ouest, sur plus d'un kilomètre, les roches sont couvertes par l'éboulis et les alluvions. Il paraîtrait que des efforts faits pour retrouver le prolongement du filon sur l'autre côté de la vallée du Breuchin sont restés infructueux.

En largeur, vers la maison Corveraine, le filon a deux ou trois mètres avec le filon accessoire, montrant quelques dizaines de centimètres de largeur. Vers les travaux actuellement exécutés par la Compagnie des Mines de l'Est, la largeur est comprise entre 0 m, 80 et 1 m, 20.

LES MINÉRAUX

La Gangue

Primaires	Secondaires
Quartz	Quartz
Calcite	Jaspe

Les Minerais

Ankerite manganésifère	Oxyde de manganèse
	Oligiste
	Magnetite

Quartz. — Ce minéral est la gangue dominante et il apparaît comme une variété filonienne mélangée d'oligiste avec des nids d'oxyde de manganèse. Une autre forme que le quartz peut prendre est celle du jaspe. Les bandes successives de jaspe ayant des couleurs différentes, donnent souvent un joli aspect à ce minéral.

On constate des cristaux de quartz ayant des faces suivantes: $pe \frac{1}{2}$ et e^2 , la variété basoïde est quelques fois présente.

Calcite. — La couleur blanche est caractéristique en contraste avec la couleur grisâtre de l'ankerite manganésifère et représente une première venue.

Barytine. — Dans certaines passées de la minéralisation, on constate la présence de ce minéral. Il n'a pas toutefois ici la même importance que dans le gisement de la Fonderie.

Ankerite manganésifère. — Certaines sections du remplissage montrent ce minéral avec des concentrations arrondies suivies d'une petite bande plus manganésifère et, de nouveau, un peu de dialogite. Cette structure a toutes les apparences d'un dépôt successif de ces deux minéraux de solutions colloïdales.

Une analyse faite par M. MATHIS, technicien du laboratoire de l'École des Mines, a donné:

Fer.	3,27 %
Mn.	2,03 %

Une analyse faite seulement dans un morceau le plus noir a donné:

Mn.	3,82 %
----------	--------

Wad (l'oxyde de manganèse). — On le trouve de deux façons: tantôt en structure massive finement développée dans les filons et tantôt il est moins compact avec une forme botryoïdale qui résulte probablement du dépôt par les gels colloïdaux. D'après les échantillons que j'ai vus, la variété massive prédomine.

Oligiste. — En relation avec le quartz filonien et la calcédoine, il y a l'oxyde de fer, oligiste qui se présente à l'état finement cristallisé ressemblant beaucoup à la variété spécularite. Dans les échantillons que j'ai examinés, les concentrations d'oligiste étaient plus considérables, soit en relation avec la calcédoine dans les zones bréchoïdale, ou avec le jaspe.

Magnétite. — Ce minéral n'est présent qu'en petite quantité en relation avec de l'oligiste.

Nature du remplissage. — Une structure bréchoïde n'est pas rare, montrant qu'il y a eu du mouvement entre les différentes périodes de minéralisation,

Comme je l'ai indiqué en parlant de l'oligiste, les concentrations les plus importantes de ce minerai sont en relation soit avec des brèches filoniennes du jaspé, soit avec la calcédoine. L'oxyde de manganèse se trouve en nids ou en petites agglomérations dans le quartz associé fréquemment à des concentrations d'oligiste.

En plus de la forme massive, en relation avec un remplissage de quartz, il y a la forme botryoïdale du wad qui a été déposée près de la surface dans les cassures ouvertes.

Les solutions qui ont déposé le quartz dans la veine ont également silicifié les fragments détachés des salbandes et aussi les parois.

Il est bien possible que les colloïdes aient joué un rôle important dans le dépôt des minéraux de ce gisement, et notamment pour l'ankérite manganésifère et le wad. J'ai remarqué dans les plaques minces, en étudiant l'ankérite, qu'elle avait une structure en cercles entourés et alternés avec des bandes plus manganésifères qui paraissent être le résultat de dépôts en forme de rognons consécutifs à ces deux minéraux. La cristallisation de ce gel se serait produite après ce dépôt qui s'était complété.

LA BROCHE

A l'Ouest-Sud-Ouest, à 1 km 200 de l'église de Saint-Bresson, on observe une petite minéralisation de fer et de manganèse dans le granite gris porphyroïde.

C'est près de cet endroit que M. DEMOUGIN (1) m'a dit avoir constaté une minéralisation de quartz et barytine, remplissant une fissure dans le grès du Trias. Dans le grès qui n'était pas en place, j'ai observé un remplissage de quartz et de fluorine.

Dans le granite, on pouvait voir que le quartz était la gangue prédominante avec accessoirement de la fluorine, en plus, on remarquait un peu d'oligiste et des traces de manganèse à l'état d'oxyde.

La direction de ce filon est N 50° E et son pendage est de 70° NW.

« LA FONDERIE »

Géographie du gisement. — Le gisement de manganèse à gangue de barytine et de fluorine dit « La Fonderie » se trouve dans une vallée tributaire de l'Oignon débouchant près du Haut-du-Them, à 4 kilomètres au Sud du village du Thillot, et à un peu plus de 3 kilomètres en ligne droite, à l'Est du Haut-du-Them. Il est en

(1) Communication personnelle.

contre-bas du massif du Ballon de Servance, à environ deux kilomètres au O-N-O du fort de Servance.

Géologie générale. — Le massif de granite à amphibole des ballons est en plein développement, dans les environs du Ballon de Servance. Le voisinage du filon ne se traduit par aucune variation apparente dans la constitution de la roche. Le commencement du massif dioritique est au Nord à 1 kil. 500, et au Nord-Est à un kilomètre, avant le commencement du massif de diorite. Dans cette diorite, il y a le réseau filonien de Château-Lambert contenant la molybdénite, la chalcopryrite et le quartz, et également le filon du « Baudy » contenant la fluorine et le quartz avec de la galène et un peu de blende.

Au microscope, les observations sont les mêmes que celles faites pour les roches décrites dans la partie pétrographique. Voir page (19).

La description du gisement. — Le filon de la « Fonderie » renferme de l'oxyde de manganèse terreux et fragile du type wad, et un peu d'oligiste avec une gangue de quartz, de barytine et de fluorine.

An milieu d'un granite à amphibole, dit « Granite à amphibole des ballons », se trouve la cassure orientée sensiblement N 80° E. La largeur du filon est d'environ un mètre, avec une inclinaison à peu près verticale.

Etant donné les indices que j'ai relevés dans les champs, il me semble que le filon a dû se prolonger dans la direction de N 80° E. A l'Ouest du point « 427,1-115,8 », à environ 50 mètres, il y a des traces de minéralisation; à l'Est, on peut les suivre sur environ 30 mètres, et dans les champs, plus à l'Ouest, des fragments de minerais, à peu près dans l'alignement, corroborent cette hypothèse.

M. Michel CHARPENTIER (1) a donné une indication analogue (N 110° E magnétique, ou environ N 100° E) quant à la direction. Dans les travaux qu'il a effectués vers 1907, il a suivi le filon sur 11 mètres.

Le rapport de l'ingénieur MARÉCHAL et de M. Emile JEANDON, contrôleur des Mines, a donné N. 96° E comme direction, et comme

(1) Note non-publiée, donnée par lui à l'Institut de Géologie de Nancy.

inclinaison 84°. (Rapport inédit que j'ai eu grâce aux habitants de la maison où ont eu lieu les travaux.)

LES MINÉRAUX

La Gangue

Primaires	Secondaires
Barytine	Calcédoine
Fluorine	Quartz
	Jaspe

Les Minerais

Ankérite manganifère	Oligiste
	Wad
	Malachite (traces)

Barytine. — Il y en a deux variétés dans le filon : une massive, blanchâtre avec des lamelles très distinctes, et l'autre blanchâtre plus finement cristallisée, ayant une structure spongieuse. Il paraît que le wad ou un autre oxyde de manganèse dérive ici de l'oxydation d'un carbonate ou silicate de manganèse.

Dans un échantillon, le quartz a remplacé la barytine, mais a gardé sa structure lamellaire caractéristique. On voit parfois sur les lamelles de barytine, un enduit arborescent qui est de l'oxyde de manganèse.

Fluorine. — Dans la barytine massive, il y a un peu de fluorine verdâtre.

Quartz. — Le quartz paraît, en général, être beaucoup plus récent que les autres minéraux, notamment la barytine et la fluorine. On constate souvent des remplacements de barytine par le quartz ou la structure originelle de la barytine est conservée.

Un échantillon a montré un quartz très finement cristallisé, dans lequel il y avait du wad. La structure de cet échantillon rappelle beaucoup la structure spongieuse de la barytine contenant du wad. Il est probable qu'il s'agit, ici, d'un remplacement de la barytine par le quartz. Dans des vacuoles, il est très fréquent de voir un remplissage géodique de quartz transparent incolore, représentant probablement une des dernières phases du remplissage. On voit des moules de quartz vides avec les faces p, résultant probablement de la dissolution de la fluorine. En plus des cristaux de quartz avec les faces typiques pour $pe \frac{1}{2} e^2$, on constate aussi la variété en biseau dite « basoïde » ayant la même désignation.

Calcédoine. — Une couche de ce minéral, cryptocristalline et blanchâtre, forme parfois un enduit sur du quartz filonien récent. Cela résulte probablement du dépôt d'un gel de silice à l'état colloïdal, avec consolidation subséquente à une masse presque amorphe, représentant la dernière phase de la minéralisation.

Jaspe. — En association avec la calcédoine et avec l'oligiste, on constate sa présence.

Wad. — On peut trouver des échantillons de cet oxyde de manganèse hydraté et terreux dans la barytine et dans le quartz. Ils sont extrêmement friables et poussiéreux. La présence de ce minéral dans le quartz et dans la barytine donne un aspect spongieux aux minéraux encaissants. Il n'y a pas de cobalt dans ce wad.

Oligiste. — Dans le filon en relation, surtout avec des venues quartzifères, il y a des concentrations d'oligiste à l'état de petits cristaux dispersés. La quantité paraît négligeable en comparaison du volume des gangues. La variété massive telle qu'on la voit à Servance ne paraît pas dans ce gisement.

Ankerite manganésifère. — Les échantillons gris brunâtres de ce minéral proviennent de la profondeur où, paraît-il, on a affaire avec le minéral d'où dérive le manganèse, à la surface.

Une analyse faite par M. MATHIS a donné :

Perte au feu.....	47,60 %		
Résidu siliceux.....	0,30 %		
CaO.	36,70 %	} Fe. . . 0,52 % Mn. . . 1,65 %	
MgO.	14,00 %		
Oxydes de fer et manganèse et alumine.....	3,00 %		

La nature du remplissage. — Le principal constituant du remplissage est du quartz qu'on trouve sous deux formes : quartz filonien et calcédoine. Ensuite, la barytine vient sous deux de ses espèces : une lamellaire et l'autre massive et spongieuse. Dans la barytine massive, il y a de la fluorine verdâtre en quantité peu importante.

Le wad se trouve près de la surface comme un chapeau, il est mélangé de terre végétale et d'argile. Aussi le rencontre-t-on à l'état spongieux dans la barytine massive ou dans le quartz finement cristallisé, ce dernier résultant probablement d'un remplacement de la barytine par le quartz.

L'élément le plus important du gisement est le quartz, dont la majeure partie paraît provenir des dernières venues et a produit une silicification du remplissage préexistant.

La barytine se trouve en lamelles parfois couvertes d'un enduit d'oxyde de manganèse et aussi à l'état granulaire dans lequel il existe des remplissages d'oxyde de manganèse. La fluorine ne se trouve qu'en petite quantité et en relation avec la barytine.

La paragenèse des minéraux. — Les minéraux de la surface montrent le wad en relations avec la barytine où se trouvent quelques rares cristaux de fluorine.

Ensuite, le quartz s'est substitué à la barytine dans sa forme lamellaire ou même massive et granulaire, l'oxyde de manganèse occupant la même place qu'auparavant. En même temps, probablement, s'est déposé le quartz incolore filonien.

La troisième venue est suivie d'un dépôt de quartz colloïdal qui a formé la calcédoine.

La minéralisation paraît résulter de venues hydrothermales magmatiques provenant probablement du même magma qui a donné naissance aux diorites de la région de Château-Lambert.

On peut résumer les venues de la façon suivante :

1. Ankérite manganésifère (solution contenant principalement calcium, fer et l'anion Co^3 , avec accessoirement du manganèse);
2. Wad, barytine, fluorine;
3. Quartz;
4. Calcédoine.

GENÈSE DES GISEMENTS DE MANGANÈSE ET DE FER

Au sujet de la formation des gisements de manganèse et de fer, il y a deux théories très importantes. Pour les gisements d'Elgersbourg, dans le nord de la forêt de Thuringe et dans le Harz, à Ilfeld, les auteurs BEYSCHLAG, VOGT et KRUSCH, dans leur excellent livre sur les gisements (5, p. 954-9), indiquent une origine résultant de dépôts dans les solutions descendantes. La deuxième théorie fait appel aux solutions ascendantes hydrothermales comme dans l'explication que M. THIÉBAUT (1) donne pour le gisement de Romanèche (Saône-et-Loire).

BEYSCHLAG, VOGT et KRUSCH indiquent que dans la région d'Elgersburg, Ilmenau et Arlesburg, les filons de manganèse (psilomélane, principalement, avec un peu de pyrolusite fibreuse) ayant une gangue de barytine, remplissent des failles qui paraissent être d'âge tertiaire. Ils disent que la minéralisation est en relation avec des coulées de quartz-porphyre (granophyre dans les Vosges), et que le remplissage paraît dater du Miocène et être dû à des solutions descendantes. Ils terminent, pour ces gisements, en indiquant qu'en profondeur, suivant la même fissure, on a noté un passage du minerai de manganèse au minerai de fer. De cette observation, ils tirent la conclusion que le dépôt était formé par les solutions descendantes.

A Ilfeld, dans le Harz, ces mêmes auteurs décrivent les filons de manganèse comme étant en relation avec des coulées de porphyrite d'âge Permien moyen (Rotliegende). Leur profondeur varie

(1) Cours inédit.

entre 10 et 12 mètres, et, par exception, 60 mètres, et les minerais sont : manganite, pyrolusite, varvicite, braunite, hausmannite, psilomélane et wad, avec un groupe de barytine, feldspath et rhodocrosite (dialogite).

Ils disent que le facteur principal, au point de vue de la genèse de ces gisements, est qu'ils sont accompagnés de filons de fer, qui font à peu près un tiers du remplissage. Ici également, ces auteurs pensent que la minéralisation est due à des solutions descendantes dont le fer et le manganèse dérivent des roches ferrugineuses du Permien (Zechstein et Rotliegende).

M. THIÉBAUT (1) fait appel aux solutions ascendantes hydrothermales pour expliquer deux gisements en France.

A Las Cabessas, dans l'Ariège, il y a des amas dans les calcaires avec un développement colonnaire. La série des fractures secondaires aurait servi de canaux d'amenée aux solutions métallifères. Le minerai formé en surface d'oxyde de manganèse fait place à de la dialogite en profondeur.

Pour les gisements de Romanèche (Saône-et-Loire), il écrit :

« Ces gisements comprennent : des filons dans le granite ou à son contact ; des amas de minerais de manganèse dans le calcaire à gryphée ».

« Ils sont constitués dans leur partie haute par de la pyrolusite et du psilomélane avec du quartz, de la calcédoine, de la barytine, et plus rarement de la fluorine. On y rencontre aussi rarement de l'arsenic-sidérite. Ces minerais présentent un aspect concrétionné et stalactiforme. En profondeur, la teneur en fer augmente, et le minerai devient inexploitable. »

« Aussi considère-t-on souvent ces filons comme constituant simplement la partie haute d'un gisement sulfuré, altéré et modifié dans ses parties supérieures. »

« Les amas se trouvent au contact du calcaire à gryphée et du grès rhétien. Ils comprennent des calcaires plus ou moins complètement transformés en psilomélane par métasomatose. »

Dans les gisements de manganèse de « Saphoz » et de « La Fonderie », on a trouvé une ankérite manganésifère, ou maganosidérite, qui paraît être l'origine du manganèse de ces gisements (« proto-re » des Américains). Pour le gisement de « La Fonderie », il y avait dans ce minerai : du fer, du manganèse, du calcium et de la magnésie accompagnée de traces de strontium, le radical étant le

(1) Cours inédit.

carbonate. Dans le gisement de Fauconney, on peut noter une composition identique.

Sur la composition de ces filons, M. LINDGREN écrit :

« Les minéraux primaires de manganèse sont principalement la manganosidérite (MnFe) (CO²) ou plus rarement la dialogite ou la rhodnite, ou plus rarement encore l'alabandite ou l'hauerite. »

« Beaucoup de formes d'oxyde de manganèse hydraté contiennent en combinaison chimique les oxydes de plomb, de cuivre, de zinc, de cobalt, de baryum et de potassium et sont probablement des précipités colloïdaux solidifiés. »

BEYSLAG, VOGT et KRUSCH (5, 1, 9. 95) écrivent sur le même sujet que le minerai de manganèse contenant des vacuoles (drusy) en profondeur passe au carbonate ou au silicate.

M. NIGGLI (64, p. 81) écrit :

« Il est tout à fait caractéristique que ce type de gisement montre une relation intime avec les minerais formés en relation avec les magmas basiques. « En plus il cite K. HUMMEL (Berg-und Huttenmannische Zeitschrift) le permien supérieur (Zechstein) des montagnes de Spessart et Odenwald sont d'origine similaire (télomagmatique). La présence de sidérose grossièrement cristallisée dans les niveaux les plus profonds du gisement, aussi bien que les minéraux qui l'accompagnent, suggère, suivant lui un dépôt par des solutions thermales ascendantes. HUMMEL écrit : « Les gîtes, barytine, sidérose appartiennent à un type de gisement ayant une distribution considérable, et qui a des relations génétiques avec des carbonates et l'association barytine-nickel cobalt. L'âge de la formation des minerais est tertiaire et est probablement en relation avec un mouvement ascensionnel des magmas basiques. »

Le jaspe dans ces remplissages montre à la lumière réfléchie, au microscope, des bandes colloformes très distinctes, mais avec la lumière transmise et nicols croisés, on ne voit que des cristaux perpendiculaires aux bandes. Par suite de l'examen microscopique, il apparaît que le jaspe était déposé comme un colloïde et cristallisé après précipitation.

M. SMITHERINGALE (1) suggère que l'association de jaspe et d'oligiste résulte peut-être de la présence d'un sol contenant la silice et l'hydroxyde de fer avec des charges opposées. En se neutralisant, ils se déposeront comme un gel qui donnerait en cristallisant de la spécularite et du quartz.

Dans certaines des masses de l'oligiste, on constate la présence

(1) Ec. Géol., n°2, 1928, vol. XXIII, 193-209. *Mineral Association at the George Gold-Copper Mine, Stewart, B. C.*

d'un peu de magnétite qui a peut-être été formée, par la transformation de la spécularite dans des conditions réductrices.

M. LINDGREN (1) écrit : « Pour les cristaux allongés de spécularite dans le quartz, qu'une partie de ces cristaux et masses de spécularite sont constitués de magnétite, qui suggère que toute la spécularite a passé par la phase plus jeune de magnétite ».

M. SMITHERINGALE (2) indique que si les conditions de dépôt changent de l'oxydation à la réduction, qu'une partie de la spécularite sera changée en magnétite.

Le manque de calcite dans ces filons peut être expliqué par le fait qu'il est rare d'avoir une précipitation des sels de calcium avant qu'une grande partie du fer, du manganèse et de la magnésie ait précipité. NIGGLI (64, p. 20).

Dans certains de ces gisements (« La Fonderie » « Servance », dans les Vosges, etc.), on a rencontré en profondeur les sulfures des différents métaux, principalement de cuivre, et parfois de nickel et de cobalt.

Il est fréquent dans ces gisements de voir en profondeur des carbonates tels que la « dialogite » ou la « sidérose », dans les Vosges, c'est l'ankérite manganésifère.

En résumé, on peut indiquer les principales caractéristiques de ces gisements :

1. Présence des oxydes de manganèse et de fer;
2. Gangue de barytine, quartz, calcédoine, jaspe et sidérose;
3. En profondeur, ankérite manganésifère ou manganosidérite et quelques sulfures des autres métaux (cuivre).
4. Dans les Vosges, trois des gisements sont en relation intime avec des roches basiques, l'autre dans le granite n'est pas loin de la diorite.

CONCLUSIONS

Pour cette région des Vosges, il me semble possible d'admettre une origine hydrothermale pour ces filons. Les solutions minérali-

(1) *Ore deposits of the Jerome and Bradshaw Mts. Quadrangles U. S. G. S.*, Bul. 782, p. 122, 1920.

(2) *Ec. Geol.*, n° 2, 1928, vol. XXIII, 193-209, Mineral Association at the George Gold-Copper Mine, Stewart, B. C.

satrices ont pris naissance dans les magmas basiques qui ont formé des roches éruptives, voisines de ces filons. Il est encore admissible que beaucoup de ces filons peuvent se transformer en profondeur en sulfures d'autres métaux, mais jusqu'à présent on n'a pas pu formuler les règles de ce changement. (Le peu d'intérêt commercial de ces gîtes vers la surface a empêché l'avancement de ces travaux en profondeur, avancement qui serait une condition pour que cette question puisse être éclaircie.)

RÉSUMÉ

Comme je viens de l'indiquer, il y a deux groupes de gisements : le premier avec manganèse et fer, où le manganèse est le plus important ; « Saphoz » est le plus grand de cette division, et « La Fonderie » est d'ordre secondaire ; le deuxième avec fer comme minéral principal, est représenté par le gisement à « Servance » et un moins important à « Envers-de-la-Grève ».

Certains de ces gisements ont été l'objet de travaux il y a quelques centaines d'années, et plus récemment au XX^e siècle, on a travaillé sur « La Fonderie » et sur le gisement de « Saphoz ».

Le groupe où le fer est le métal dominant est en relation avec des granophyres et des andésites. Le gisement de manganèse de Faucogney se trouve également en relation avec ces roches, mais celui de « La Fonderie » est encaissé dans le granite à amphibole.

La direction du filon de « Servance » est environ N 75° E, et de « Envers-de-la-Grève », c'est N 65° E. Quant à « Saphoz », sa direction est N 120° E en moyenne, et pour « La Fonderie », c'est N 80° E.

Le minéral caractéristique pour le deuxième groupe est l'oligiste où l'hématite, avec accessoirement de l'oxyde de manganèse comme gangue, quartz et barytine.

Pour le groupe du manganèse, l'oxyde de manganèse est le minéral caractéristique avec, en plus, de l'oligiste ; dans la gangue, on observe du quartz, de la barytine, accessoirement de la calcite et de l'ankérite manganésifère.

Il est probable que le gisement primaire est le résultat de dépôts par des solutions hydrothermales émanant d'un magma basique et

qu'il y avait d'abord un dépôt de sidérose et manganosidérose avec le quartz. Pendant et après la formation de ce gîte, la circulation des eaux chaudes aurait provoqué une certaine concentration de fer et de manganèse dans le filon. Après cette phase, il y aurait eu une oxydation de l'ankérite manganésifère, et l'oxyde de manganèse et l'oligiste se seraient formés dans la zone superficielle.

CHAPITRE VI

GISEMENT

QUARTZEUX CUPRO-MOLYBDIFÈRE DE CHATEAU-LAMBERT

Géographie. — A la limite de la Lorraine et de la Franche-Comté, dans le département de la Haute-Saône, à deux kilomètres au sud du village du Thillot, se trouvent les gisements métalliques de Château-Lambert. C'est entre la vallée de l'Oignon et la Haute-Moselle, sur la crête dénommée Tête-du-Midi, qu'affleurent ces filons contenant principalement du molybdène et du cuivre comme éléments métalliques (1).

Historique. — Déjà au temps des Gaulois, il paraît que ces gisements ont été exploités pour l'or. M. THIÉBAUT, dans les analyses faites vers 1910, a effectivement trouvé des traces d'or. Dans une

1) Voir carte de Château-Lambert.

note publiée sur la région, il en explique l'histoire dans les termes suivants (80) :

Les Gaulois les exploitaient déjà, paraît-il, et en extrayaient de l'or, fait qui s'explique très bien, étant donné la légère teneur en métal précieux de certains minerais de ces gisements.

Les mines furent reprises dans la suite, et elles étaient en pleine activité sous Philippe II d'Espagne, vers le début du XVII^e siècle. On en tirait alors des minerais de cuivre qu'on fondait à deux fonderies situées, l'une près de Saint-Maurice, l'autre sur les bords d'un des affluents de l'Oignon, au lieu dit « La Fonderie », sur le territoire de la commune du Haut-du-Them.

L'église de Château-Lambert, ou mieux de Chastel-Humbert, date de cette époque.

Abandonnées ensuite, ces mines furent explorées à nouveau par GENSANNE vers 1734. Ce célèbre mineur termina alors le grand travers-banc débouchant sous l'église de la commune, travers-banc qui fut mené en son début suivant une faille dont le prolongement est perpendiculaire à celui des filons.

A cette époque, d'après GENSANNE, les anciens travaux s'étendaient sur une hauteur de 400 mètres, depuis le sommet de la montagne.

Abandonnée en 1758, la mine fut explorée à nouveau vers 1847, puis récemment en 1908. C'est à cette époque que nous avons pu (M. THIÉBAUT) la visiter en partie.

Il est intéressant de voir ce que deux des auteurs anciens ont écrit sur cette région.

Dans son livre sur le département de la Haute-Saône (83, p. 379), THIRRIA donne les indications suivantes :

C'est dans la syénite du Château-Lambert.. que se sont situées les anciennes mines de cuivre, dont l'exploitation a eu lieu pendant un grand nombre d'années, et a été très productive. Les filons exploités sont quartzeux, et renferment, ça et là, des nids de chaux carbonatée et de spath fluor. Les minerais qu'ils renferment sont du cuivre pyriteux, du cuivre gris argentifère avec argent natif, et du fer sulfuré aurifère; mais ce dernier est peu abondant. Il y a, en outre, à une demi-lieue (2 kilomètres environ) de ces mines, au lieu dit « Le Baudy », un filon quartzeux contenant beaucoup de galène et du molybdène sulfuré (?) [de l'auteur]. L'abandon des mines de Château-Lambert a eu lieu en 1758, parce que, dit-on, le directeur s'est laissé corrompre par les exploitants des mines voisines de même espèce au Thillot.

GENSANNE écrivait (37, p. 746) :

Les travaux des mines de Château-Lambert sont très anciens et très vastes; on y a travaillé en différents temps et à différentes reprises... Il y a environ 200 toises (390 mètres) de hauteur perpendiculaire, sur une longueur d'une grande étendue. Le filon se partage en deux sur les limites de la Lorraine et de la Franche-Comté, et se jette ensuite en Lorraine, où sont les mines du Thillot.

Le filon va sur les 3 heures, c'est-à-dire NE et SO, et n'est pas, par conséquent, perpendiculaire à l'horizon. Il couche sur le côté de Lorraine d'environ 25°, tantôt plus et tantôt moins; nous appelons ces sortes de

filons Flackengangh. Il est de l'espèce de ceux qu'Agricola appelle filons « branchus », « vena remosa ». Il jette, en effet, plusieurs branches, surtout du côté du Hang; c'est le côté qui le couvre, et qui est opposé au côté sur lequel il est couché qu'on appelle Liegt. Les anciens avaient commencé un percement jusqu'au pied de la montagne au-dessous du village de Château-Lambert, ils y travaillaient par le feu; il fut continué ensuite, dans un autre temps, avec la poudre, mais différemment d'aujourd'hui. Nous l'avons enfin repris en 1734, je l'ai heureusement fini en 1748, sur une longueur de 200 toises (390 mètres) dans un roc si dur, que j'y ai vu faire jusqu'à 80 coups de canon, sans le moindre effet. L'air nous a tellement incommodé que nous avons été bien des fois sur le point d'y renoncer, et ce n'est qu'à la faveur d'un expédient, dont je m'avisai (un aspirateur) que nous en sommes venus à bout. On y trouve presque toutes les espèces connues; la plus abondante est d'un rouge brun, appelée foie de cuivre blanche et jaune. On y trouve, de temps en temps, quelque peu de mine d'argent, et même quelques grains d'argent vierge, mais cela est rare; il y en a d'une espèce qui, à la petite épreuve, m'a donné une once d'or par quintal (environ 600 grammes de la tonne), celle-ci ne s'y rencontre que rarement; elle est d'un jaune œil de perdrix, entrecoupée de petites veines sanguines. On sait, par tradition, qu'anciennement on tirait de l'or de ces mines, et que c'était par le moyen du charbon de terre, ce qui paraît assez singulier, car ce charbon ne peut guère être employé qu'aux fourneaux de réverbère, et on sait que ces fourneaux ne sont pas d'une ancienne invention. D'un autre côté, ce n'était pas faute de bois, ces travaux étant, dans ce temps-là, au centre des forêts. On a su aussi, par quelques vieux registres, qu'on a tiré de cette montagne jusqu'à 160 milliers de cuivre par an, et qu'on y payait les ouvriers que comme à Plancher-les-Mines, savoir: 13 sols 4 deniers (1) par semaine, aux houtmans ou sergents, et 6 deniers par jours aux mineurs ordinaires.

Outre le grand filon dont nous venons de parler, cette montagne est toute entrecoupée de petits filons du même métal, qui sont tous horizontaux ou par bancs, ce qui provient de la ramification du grand filon.

« Ces travaux, aujourd'hui, ne rendent pas du minéral en abondance, mais d'un autre côté le cuivre qu'on en retire est de la meilleure qualité. »

GENSANNE a indiqué également que la partie du filon découverte dans les travaux du grand travers-banc (celui débouchant sous l'église) n'a pas été aussi riche en cuivre que les parties supérieures du gisement. En plus, paraît-il, à ce niveau, il y avait des passées riches en molybdénite.

Depuis GENSANNE, les auteurs n'ont fait que de le répéter, jusqu'à la publication de la note de M. L. THIÉBAUT (80), qui a visité la mine, et qui traite plusieurs questions intéressantes ce gisement.

Géologie générale. — Situés au milieu d'un massif de diorite qui est intercalé entre le granite à amphibole des ballons au Sud, et le microgranite au Nord, suivi par le granite gris porphyroïde, les

(1) 1 livre = 1 franc or d'avant guerre.

1 livre = 20 sols.

1 sol = 12 deniers.

filons de Château-Lambert sont reliés très étroitement aux venues magmatiques. Le même magma a probablement donné naissance aux roches acides et basiques de cette région des Vosges.

Ce massif dioritique, qui est *grosso-modo* lenticulaire, offre un développement d'environ quatre kilomètres de longueur et, au milieu, d'un kilomètre et demi de largeur.

Au Sud, le granite à amphibole des ballons est typiquement rosâtre, avec des phénocristaux trapus d'orthose dispersés dans une pâte holocristalline d'une texture granuleuse moyenne.

Le contact entre ces deux roches ne semble se traduire par aucun phénomène du point de vue physiographique; quoiqu'il soit assez distinct, il est très rare d'avoir un même affleurement montrant les deux roches ensemble. Près de la diorite, le granite est plus finement cristallisé, pour devenir même un microgranite sur une petite zone de quelques mètres. Etant donnée la texture cristalline de moyenne dimension bien développée dans la diorite et dans le granite gris porphyroïde, la présence de microgranite à composition acide et finement cristallisé entre les deux fait penser que l'intrusion et le refroidissement du massif dioritique avaient déjà terminé leur activité avant que le microgranite ne se soit introduit. Le contact avec le microgranite et la diorite est très nettement délimité, et, au contraire, plus au Nord, le microgranite change lentement jusqu'au granite gris porphyroïde.

Il est probable que le microgranite représente la phase périphérique de refroidissement du magma qui a formé le granite gris porphyroïde.

Dans le microgranite du nord du massif dioritique de Château-Lambert, s'observent plusieurs intrusions d'andésite et de roches voisines, comme aussi dans les granophyres et microgranites du sud du massif de granite à amphiboles des ballons.

Pétrographie. — Dans l'étude géologique, dans la première partie de ce travail, j'ai donné les caractéristiques principales des roches importantes de cette région. Ici, il s'agit de préciser des détails en vue principalement des relations de ces roches, et particulièrement des magmas, avec des venues métallifères.

Diorite. — Macroscopiquement, la roche varie du rougeâtre au noir, en passant par le verdâtre avec, et comme couleur principale,

un vert noirâtre. Ces roches sont en général compactes. Parfois, il y a des éléments de feldspath blanchâtre visibles à l'œil nu, probablement de l'andésine.

Au microscope, on distingue comme plagioclases l'andésine, qui est assez rarement idiomorphique, et qui se présente sous forme de lamelles mâclées, suivant les lois de l'albite et de Carlsbad.

L'amphibole joue un rôle important comme constituant de la roche, sous forme de la variété commune polychroïque allant du verdâtre au verdâtre très clair, ou presque incolore. Suivant les endroits où l'on prend l'échantillon, il y a des variations considérables dans la quantité d'hornblende. Le clivage prismatique est toujours bien prononcé, on remarque beaucoup de mâcles.

Dans certaines coupes minces, on note de la biotite brunâtre fortement polychroïque; mais toujours en quantités moindres subordonnées à l'amphibole. Elle se présente en forme de mouches généralement idiomorphes.

Les éléments ferrugineux présents sont la magnétite et l'ilmé-nite. Parfois on trouve des traces de zircon et de sphène.

Parmi les *minéraux secondaires*, la chlorite est très importante. Elle est principalement formée par l'altération de l'amphibole. La séricite provient du feldspath; il est pas rare qu'elle en masque complètement la nature originelle.

Dans les diorites, tout auprès du village de Château-Lambert, il y a plusieurs petits filons d'aplite, ce qui confirmerait l'idée qu'après la formation du massif dioritique, celui-ci fut coupé par des venues de roches acides; elles ont probablement donné lieu aux formations pegmatitiques des filons métallifères.

Microgranites. — Au nord du massif dioritique de Château-Lambert, entre ce massif et le granite gris porphyroïde se trouve un microgranite qui paraît se transformer lentement depuis le microgranite typique jusqu'au granite porphyroïde comme on le constate à Ramonchamp.

Au microscope, la structure est nettement microgranitique, avec parfois des phénocristaux de quartz ou de feldspath. La proportion du quartz ou de feldspath paraît à peu près égale dans la plupart des sections que j'ai examinées. Dans l'une, pourtant, il y avait nettement plus de quartz que de feldspath.

Macroscopiquement, ces roches sont semblables à celles qui se trouvent dans la vallée du Rahin, entre la monzonite et le complexe de granophyre et orthophyre bréchoïde. Elles ont une couleur rosâtre clair avec parfois de petites taches verdâtres dues à la présence de minéraux ferro-magnésiens. La texture microcristalline ressemble beaucoup au sucre finement cristallisé. Dans certains des échantillons, il y a une gneissification assez visible; les lits sont marqués par la ségrégation des éléments ferro-magnésiens visibles au microscope.

Granite gris porphyroïde. — Au nord du microgranite se trouve le granite gris qui constitue une partie importante du massif cristallin vosgien. L'ensemble de la roche fraîche présente un aspect blanc grisâtre avec, comme élément le plus frappant, des phénocristaux blancs d'orthose de forme allongée. Ces phénocristaux ne ressemblent pas à ceux du granite à amphibole des ballons; ils ont la forme rectangulaire typique des roches porphyritiques.

Dispersés assez régulièrement dans la pâte, se trouvent des cristaux aplatis de biotite avec un peu d'amphibole.

A l'œil nu, le quartz n'est pas très visible, mais il se voit à la loupe; dans les coupes minces, il est beaucoup plus apparent.

Au microscope, on constate que la structure granitique est très bien développée et, dans la pâte, on observe des phénocristaux d'orthose très fraîche, et à côté des plages d'albite séricitisée. La biotite est très répandue, avec, en général, un développement idiomorphique net.

Il y a peu de matière ferrugineuse dans la roche, la biotite en est le minéral ferro-magnésien principal.

Granite à amphibole des ballons. — Au sud du massif dioritique se trouve la formation granitique caractérisée par la présence de gros phénocristaux de feldspath rougeâtre dans une pâte cristalline verdâtre.

M. CARDOT (14) a signalé la présence de la molybdénite dans le granite, lors du percement du tunnel du Thillot au Haut-du-Them. M. LACROIX (51, vol. II, p. 161) signale la présence de la molybdénite dans la granulite de Remiremont et dans la granulite à feldspath rouge de Faucogney.

La roche, ici, est verdâtre à gros phénocristaux trapus d'orthose. L'amphibole verdâtre est dispersée dans la masse de la roche. lui

donnant sa couleur, avec parfois des concentrations qui forment des boules ressemblant aux xénolithes. Le quartz, quoiqu'il ne soit pas frappant à l'œil nu, existe en quantité assez considérable. Généralement, les cristaux sont beaucoup moins grands que les phénocristaux de feldspath. L'amphibole de ces roches est souvent transformée en chlorite.

Description du gisement. — La minéralisation cupro-molybdifère de Château-Lambert est située dans le massif de diorite décrit dans le chapitre sur la géologie de la région minière.

Le filon affleure du côté vosgien sur le versant du Thillot, et sur le versant de Château-Lambert (Franche-Comté). La direction est environ N 80° E, et le pendage est variable entre 40° et 65° au Sud.

A part la minéralisation cupro-molybdifère, il y a un filon croiseur affleurant sur le côté vosgien qui contient particulièrement de la pyrite, mais sans traces de molybdénite. En plus, derrière le village de Château-Lambert, au coude de la route, en « $x=425,9$ - $y=117,9$ », on voit une minéralisation de galène et de chalcopyrite à gangue de calcite et barytine. Sur le côté vosgien, il y a encore une cassure contenant du quartz et de la galène, vers « $x=427,0$ - $y=118,6$ ».

Gîte principal cupro-molybdifère. — C'est sur cette minéralisation que se sont portés les travaux les plus importants de la région et les haldes résultant de ces travaux doivent représenter plusieurs dizaines de milliers de tonnes de roche et de minerai extraits.

Direction et pendage. — La direction est assez variable, mais comme moyenne, on peut prendre N 80° E. Le pendage paraît être entre 40° et 65° au Sud.

GENSANNE (37, p. 746) indique: « Le filon va, sur les trois heures, c'est-à-dire NE et SO, et n'est pas, par conséquent, perpendiculaire à l'horizon. Il couche sur le côté de Lorraine d'environ 20°, tantôt plus, tantôt moins ».

D'après certains documents que j'ai eu entre les mains, il paraît que la galerie qui commence en dessous de l'Eglise de Château-Lambert a environ 440 mètres de longueur avant d'arriver dans le filon qui, à cet endroit, a 0,80 à 1 mètres de largeur. Une ancienne analyse a donné de la silice 61 %, de la molybdénite 24 % (molybdène métal 14,40 %), de l'oxyde de fer FeO 7,20 %, du cuivre 0,87 %, de l'argent 50 grammes à

la tonne, des traces d'or, de vanadium, etc. Ces anciennes données (vers 1900) ont confirmé les indications de GENSANNE qu'au point de vue du cuivre, le gisement était beaucoup plus pauvre en profondeur que près de la surface. Il paraît également qu'on n'a rien vu de très intéressant dans les travaux faits sur la côte du Thillot.

Nature du remplissage. — Le filon est principalement composé de pegmatite variant jusqu'au quartz filonien pur, et c'est dans ce remplissage que se trouvent les minéraux différents tels que la molybdénite, la chalcoppyrite et la calcite. L'épaisseur de cette formation varie de 0 m. 30 à 1 m. 20, avec 0 m. 60 et 0 m. 70 comme moyenne. Les variations d'épaisseur ont donné lieu à une structure lenticulaire.

Dans l'ensemble, il s'agit d'une minéralisation de molybdénite dispersée en mouches et lamelles dans la pegmatite autour des éléments de feldspath rougeâtre et dans le quartz, parfois en veines qui le traversent.

Il y a aussi des échantillons montrant la structure bréchoïde, et il paraît que c'est surtout dans les zones étranglées qu'elle est développée. Les fragments qui sont des parois du filon sont cimentés par de la calcite et du quartz, avec parfois des mouches de molybdénite et de chalcoppyrite.

L'or et l'argent ont été signalés dans ces gisements, mais on ne sait pas sous quelle forme ils se présentent.

MINÉRALOGIE DU GISEMENT

La Gangue

<i>Primaire</i>	<i>Secondaire</i>
Quartz, SiO^2	Quartz, SiO^2
Orthose, KAlSi_3O^8	Calcite, CaCO^3
	Chlorite, H, Mg, Al, Fe, SiO^2
	Séricite, K mica hydraté.

Les Minerais

Molybdénite, MoS^2	Molybdite, $\text{Fe}^2\text{O}^3 \cdot 3\text{MoO}^3 \cdot 7\text{H}^2\text{O}$
Chalcoppyrite, CuFeS^2	Malachite, $2\text{CuCO}^3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})^2$
Pyrite, FeS^2	Erythrocite, $\text{Cu}^2\text{Fe}^2\text{S}^4$
Phyrrhotine, FeS	Oligiste, Fe^2O^3
	Chalcosine, Cu^2S
	Cyanose, $\text{H}^2\text{O} \cdot \text{CuSO}^4$ (peu)
	Erythrite, $\text{Co}^2(\text{AsO}^4)^2 \cdot 8\text{H}^2\text{O}$
	(trace)

Molybdénite. — Ce minéral semble être concentré dans des zones d'orthose, soit au milieu, soit autour des cristaux d'orthose dans les agglomérations de ce minéral. Il est aussi, paraît-il, concentré dans les parties du filon touchant les parois. Parfois, on voit des lames qui affectent la forme radiale de la molybdénite, dans le quartz blanc laiteux. Les cristaux nets idiomorphiques sont inconnus à Château-Lambert où le développement est généralement lamellaire; l'altération à la surface donne naissance à l'oxyde ferrique hydraté de molybdène: la molybdite.

Chalcopyrite. — Ce minéral de cuivre est généralement en relation intime avec le quartz filonien laiteux. Il est dispersé en petites mouches dans les zones de quartz. Parfois la chalcopyrite est accompagnée d'un peu de pyrite.

Argent. — Ce métal a été signalé notamment par GENSANNE (37, p. 746) à l'état de cuivre gris argentifère et argent natif, mais M. L. THIÉBAUT, qui visite fréquemment ce gisement avec les élèves de l'Institut de Géologie de Nancy, m'a dit n'en avoir jamais rencontré.

Pyrite. — La pyrite se trouve formant le principal minéral métallique dans le filon croiseur, mais on le constate également dans le filon principal. Il se trouve là en relation avec la chalcopyrite, et plus rarement avec la molybdénite. Dans les sections du remplissage contenant d'abondantes quantités de calcite, on observe ce minéral. Un échantillon contenant la pyrrhotine était en relation avec la pyrite. L'altération produit l'oligiste avec, parfois, formation d'oxyde de fer sous forme d'hématite. On peut observer des formes cristallines de face p.

Pyrrhotine. — On la trouve rarement dans le gisement; je l'ai simplement observée en association avec de la pyrite dans une gangue de calcite et de chlorite noir verdâtre. La structure de cet échantillon est bréchiforme, et la chlorite se présente surtout dans la zone des minéraux métalliques. La pyrrhotine se présente en plages massives dans une passée formée par un mélange de pyrite et chlorite, le tout dans une gangue de quartz.

MINÉRAIS SECONDAIRES

Molybdite. — Ce minéral, d'après les travaux de M. F. SCHALLER (1), offre la constitution suivante: $\text{Fe}^2\text{O}^3 \cdot 3\text{MoO}^3 \cdot 7,5\text{H}^2\text{O}$. Dans ce gisement, la quantité ne paraît pas être très considérable. Dans certains gisements, comme celui d'Azegour, au Maroc, M. ENZO de CHETELAT (2) a montré la présence de ce minéral, mais il a constaté que la powellite était beaucoup plus fréquente dans les calcaires métamorphisés. La molybdite peut exister en bien plus grande quantité. Le gisement de Climax, dans le Colorado, aux Etats-Unis, qui a probablement les réserves les plus considérables de molybdène (métal) au monde, a environ 0,25 à 0,30 % de molybdite, et 0,6 % de molybdénite dans le minéral tout venant.

Malachite. — L'altération de la chalcopyrite a produit par endroits la malachite. Elle se trouve en petites quantités en enduits sur les minerais de cuivre et en remplissage de quelques fentes dans les gangues, près du minéral.

Erythrite. — On n'a trouvé qu'un échantillon en contenant, et sa quantité négligeable n'a pas permis de vérifier le fait par une analyse chimique.

Erubescite. — Dans le quartz, où l'on constate une certaine quantité de chalcopyrite, on observe parfois quelques plages de ce minéral, dans une telle relation avec la chalcopyrite qu'il semble être nettement secondaire.

Oligiste. — L'altération de la chalcopyrite et de la pyrite a produit cet

(1) *Am. Journal of Science*, vol. XXIII, 297 p., 1907.

(2) Rapport inédit et communication personnelle.

oxyde de fer en quelques endroits. La variété hématite se rencontre également dans le gisement.

Chalcosine. — Dans le quartz, j'ai rencontré la présence d'un peu de chalcosine; je n'ai vu qu'un seul échantillon. Dans le même échantillon, on observe de la malachite, de la cuprite, de l'oligiste, avec du quartz et de la calcite.

Cuprite. — Parfois on remarque la présence d'un peu de ce minéral en enduit sur les minéraux de cuivre.

Cyanose. — Dans les collections de l'Institut de Géologie de Nancy, on peut voir un échantillon de ce minéral qui doit provenir du chapeau du filon.

GANGUE

Quartz. — Le quartz est le minéral de la gangue le plus important par sa quantité, et aussi parce qu'il est en relation soit dans la pegmatite, soit seul, avec les venues minérales contenant les métaux. Il paraît ici dans sa forme habituelle. En relation avec les dernières venues non métallifères, il y avait également du quartz déposé.

Orthose. — Dans les pegmatites, on trouve ce minéral associé intimement avec les dépôts de molybdénite. L'orthose va du rouge au rouge brunâtre et s'est développé dans des plages parfois d'une dizaine de centimètres de longueur.

GANGUES SECONDAIRES

Quartz. — Le quartz y est également; il s'est produit par suite d'altérations secondaires.

Chlorite. — Dans les endroits où il y a une concentration de molybdénite, la chlorite formant un remplissage lamellaire est fréquemment rencontrée. L'altération des éléments ferro-magnésiens de la diorite est probablement la cause — pour une grande partie — de la formation de chlorite; la quantité est parfois si considérable que la roche originelle devient méconnaissable.

Calcite. — Le lessivage des roches basiques, diorite dans ce cas, donne lieu à des concentrations de carbonate de chaux dans les solutions. Elle est ensuite déposée dans les fentes. Ce minéral paraît être concentré dans les parties superficielles du gisement.

Séricite. — La transformation du feldspath dans la pegmatite en silicate hydraté de potasse et d'alumine donne de la séricite. Ce minéral est trouvé dans la pegmatite et dans l'altération des parois. (Voir les formules page 125.)

FILON CROISEUR

La direction est N 150° E, avec un pendage d'environ 20° à l'O, où j'ai pu le voir, dans les travaux situés près des maisons dites « Les Mines », sur le versant du Thillot. Il n'a pas été possible de suivre le filon sur une distance appréciable en quittant les travaux.

MINÉRAUX

Quartz.	Oligiste.
Pyrite.	Magnétite.
Chalcopyrite.	Calcédoine (opale).

Quartz. — La gangue est essentiellement composée de quartz, qui accompagne tous les autres minéraux.

Pyrite. — C'est le minéral prédominant; mais il est rare dans les échantillons que j'ai eu entre les mains, de voir un développement en cristaux géométriques.

Oligiste. — Après la pyrite, l'oligiste est le plus abondant, et il résulte probablement de l'altération de la pyrite. Il se trouve en agrégation fréquemment avec un développement aciculaire.

Chalcopyrite. — En relation avec la pyrite, on observe parfois quelques plages de chalcopyrite, mais elle est en proportion beaucoup plus faible que la pyrite.

Magnétite. — On trouve un peu de magnétite, mais dans de faibles proportions, ce n'est en général que de tous petits grains magnétiques. Il n'est d'ailleurs pas rare que l'oligiste soit accompagné très accessoirement par la magnétite.

Calcédoine (opale). — En relation avec la pyrite et postérieure à ce minéral et au quartz, se trouve un peu d'opale.

GENÈSE DU GISEMENT

Il est probable que le gisement principal s'est formé dans une fissure qui a été ouverte après la solidification de la partie supérieure du massif dioritique. Il s'agit peut-être ici d'un mouvement d'affaissement de la masse de diorite suivant l'intrusion, ce qui est assez fréquent dans beaucoup de cas de ce genre. M. J.-E. SPURR (77, vol. I, p. 289) indique l'importance de tels mouvements dans la formation des fissures minéralisées.

La minéralisation primaire aurait été le résultat de venues hydrothermales concentrées dans lesquelles les éléments minéralisateurs tels que : le fluor, le bore et le lithium, n'auraient pas joué un rôle important. Tout au moins, les minéraux représentant ces éléments ne sont pas concentrés dans les sections du gisement ouvertes par les travaux. Il est possible que l'érosion ait détruit les sections du remplissage contenant ces minéraux ou que la largeur du filon ait offert un accès facile à la surface par où ces éléments minéralisateurs auraient pu s'échapper. Etant donné qu'en théorie ces minéralisateurs eussent dû intervenir dans la formation de ce gîte, l'absence totale des représentants de ces corps peut être interprétée par leur disparition. Une autre raison pour laquelle on ne voit pas de fluorine est peut-être le manque de calcium pendant la période de l'introduction des solutions minéralisatrices.

En plus du gisement du Telemarken, avec lequel j'ai comparé celui du Château-Lambert, j'ai noté page 126 un autre gisement d'étain présentant les mêmes caractéristiques. Dans l'Afrique du Sud, aux environs de Capetown, P.-A. WAGNER (1) indique pour les gîtes d'étain dans ce district une disposition analogue. « La caractéristique de tous ces gisements primaires est l'absence totale des minéraux de fluor, tel que la fluorine et le topaze, qui sont presque toujours associés avec les gisements d'étain. »

La première venue dans cette minéralisation est probablement de la pegmatite, qui est assez puissante et se rencontre dans une grande partie du gisement.

La minéralisation de quartz et de pyrite avec accessoirement de la chalcoppyrite, représente, sans doute, la deuxième venue, et se trouve surtout développée dans le filon croiseur. A.-F. BUDDINGTON (2) décrit le gisement de Shaken, en Alaska, où il y aurait eu une succession comparable suivie de la venue principale des sulfures : chalcoppyrite et molybdénite.

La troisième période doit correspondre à l'entrée de la chalcoppyrite et de la molybdénite. Il est probable que la principale partie de la molybdénite a dû être introduite à ce moment. M. F.-L. HESS (3) est affirmatif sur la question de la relation de ce minéral avec la pegmatite. Il écrit : « Dans tous les gisements de pegmatite que j'ai vus, la molybdénite a été apportée après la consolidation de la pegmatite ; la molybdénite ayant été déposée molécule par molécule. Ce minéral paraît aussi dans les granites, et est dû là à la même cause. »

La dernière phase de la minéralisation est caractérisée par la formation des chlorites et séricites avec la mise en place de la calcite provenant en partie du lessivage du massif dioritique. Une partie du quartz paraît également être associée à cette période.

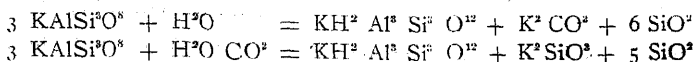
D'après M. C.-W. COOK (18, p. 7) : « La séricite est fréquem-

(1) P.-A. Wagner, *Trans. Geol. Soc. S. Africa*, vol. XII, 1909, p. 11, Tin deposits in the vicinity of Capetown.

(2) A.-F. Buddington, Molybdenite deposit at Shaken, Alaska, *Ec. Geol.*, mars 1930, p. 197-200.

(3) F.-L. Hess, Molybdenum deposits, *Bul.* 761, *U. S. Geol. Survey*, 1924.

ment formée par une réaction de l'orthose avec l'eau ou avec l'oxyde de carbone suivant ces formules :



Et il dit que dans la partie supérieure du gisement de Climax, au Colorado, beaucoup de séricite a été probablement produite de cette façon.

L'altération superficielle postérieure à la formation des minerais a donné naissance au carbonate hydraté de cuivre, la malachite. La molybdénite s'altère en molybdite, qui est l'oxyde ferrique hydraté de molybdène.

Il est probable que depuis la minéralisation principale, le filon a été recouvert une ou plusieurs fois ; les brèches filoniennes en témoignent, ainsi que les traces des miroirs de failles sur certains des échantillons provenant de la mine.

CLASSIFICATION DU GISEMENT

Le gisement est caractérisé par la présence de molybdénite et de chalcopyrrite avec une gangue de quartz, de feldspath potassique, et parfois de calcite. Il est également notoire que dans le gisement même, les minéraux suivants font défaut : galène, blende, minerais de tungstène et d'étain, ainsi que les minéraux de bore et de fluor. Il est vrai qu'après de ces gisements on trouve des remplissages de barytine, quartz et fluorine avec galène et blende (gisement du Bandy), de même derrière le village de Château-Lambert il y a quelques petits filons contenant de la barytine et de la galène.

Ce gisement se rapproche du gisement de Telemarken, en Norvège, particulièrement parce que, dans les deux cas, la molybdénite et la chalcopyrrite sont importantes, il s'en rapproche ainsi par l'égale rareté des minéraux contenant du bore, fluor et lithium dans la gangue. Comme au Château-Lambert, près du gisement du Telemarken, il y a des veines considérables de fluorine.

M. LINDGREN (57, p. 701) indique que l'association de cuivre et de molybdène n'est pas rare, mais que beaucoup d'autres minerais s'y trouvent aussi. Il cite BUTLER (1) à propos du gisement O. K. dans le Beaver lake, district de l'Etat de Utah (U. S. A.), où les caractéristiques de la pegmatite sont curieusement mélangées avec celles des filons déposés dans les conditions de hautes températures. Le gisement travaillé a une profondeur de 130 mètres, était composé d'une colonne de quartz pegmatitique très ouverte en relation avec une cassure, et le tout entouré par une zone de quartz-monzonite séricitisé. Le quartz formait beaucoup de branches contenant de la chalcopryrite et de la molybdénite.

M. J.-H.-L. VOGT (95, p. 331) écrit : « Tous ces gisements peuvent être expliqués par l'échappement du gaz pendant la solidification des magmas, probablement à une période assez avancée de la solidification. Ces veines peuvent représenter le H^2SiO^2 , nH^2O magma, résidu dans lesquels ont été concentrés plus ou moins de composés volatils ».

Les caractéristiques de ce gisement sont donc la présence de pegmatite avec une minéralisation de quartz contenant la molybdénite, la chalcopryrite et la pyrite. La pegmatite a dû être formée à des températures voisines de 573° (2). Les minéraux formés à des températures plus basses que la molybdénite, entre 573° et 358° , ont été introduits avec la chalcopryrite.

Suivant la classification récente de M. LINDGREN (3), ces gîtes seront dans la classe des gisements formés par les solutions hydrothermales à des profondeurs intermédiaires en relation avec des veines de pegmatite (mésothermale), et, postérieurement, il y aurait eu une activité plus près de la surface.

(1) B.-S. Butler, Professeur Paper 80, U. S., *Géol. Survey*, 1913, p. 125.

(2) Géologic Thermometry (Bowen) dans « *Laboratory Investigation of Ore Minerals* », E.-E. Fairbanks, p. 199, 1928.

(3) M. LINDGREN est généralement considéré comme le Doyen des « *Economic Geologists* » aux Etats-Unis.

Dans sa classification des gisements, il fait des distinctions, plus que certains autres des auteurs, au point de vue de la profondeur à laquelle

RÉSUMÉ

Au point de vue géologique, la roche encaissante (country rock) des gisements est la diorite qui se trouve entre le granite à amphibole des ballons au Sud, et le microgranite et le granite gris porphyroïde au Nord.

Les filons de pegmatite et de quartz contenant la molybdénite et la chalcopryrite se trouvent dans la direction N 80° E, au milieu de ce massif dioritique; le pendage est entre 40° et 65° au Sud. *

La molybdénite et la chalcopryrite sont les minerais les plus importants avec des traces d'or et de cobalt. Comme gangue primaire il y a le quartz et le feldspath, comme gangue secondaire la calcite, la chlorite, la séricite et le quartz.

Un filon croiseur ayant une direction de N 150° E et un pendage de 20° à l'Ouest contient principalement du quartz et de la pyrite qui se transforme en oligiste vers la surface.

Il est probable qu'il y ait eu quatre périodes de minéralisation :

1. Pegmatite, riche en quartz ;

le gîte était formé. Tandis que M. J.-E. SPURR insiste sur l'importance des solutions concentrées et visqueuses, M. Lindgren est en faveur de la théorie plus acceptée, des solutions hydrothermales de moindre concentration, pour la formation des gisements de cette catégorie.

Dans l'excellente critique de la troisième édition de « *Mineral deposits* », M. BATEMAN (Editeur de l'*Economic Geology*) vol. XXIII, no 2, p. 221-24, 1928; fait remarquer la tendance récente de M. LINDGREN, à donner de l'importance au rôle des colloïdes et au remplacement par des gels dans la formation des gîtes métallifères. Pour une partie de la bibliographie sur la question du rôle des colloïdes dans la formation des gîtes, le lecteur est renvoyé aux notes, p. 739 dans l'*Econ. Geol.*, vol XXV, n° 7, 1930.

La classification de M. LINDGREN est faite, en partie, de la manière suivante: (I) Gîtes formés par des procédés mécaniques de concentration; (II) Gîtes formés par procédés chimiques.

Dans la deuxième division, il fait les subdivisions: (a) altération chimique; (b) circulation des eaux profondes; (c) métamorphisme régional; (d) zéolisation (lac supérieur); (e) minerais non-associés avec des roches ignées; (f) gîtes associés avec les roches ignées; (g) gîtes produits par différenciation magmatique.

C'est l'avant dernière subdivision qui nous intéresse particulièrement dans cette étude. Il la sépare de la façon suivante: (1) gîtes formés à peu de profondeur, 50 à 150°, pression au-dessous de 100° atmosphères.

(2) Par des eaux ascendantes à des profondeurs moyennes, 1,800 à 3,300 mètres, température 150 à 250°, et des pressions augmentant.

(3) A grande profondeur — veines et gîtes de contact — température généralement en dessous de 575°, hautes pressions. Voir (57, p. 205) pour la table complète de sa classification.

2. Quartz avec pyrite et chalcopryrite (type filon croiseur);
3. Quartz avec molybdénite, chalcopryrite et un peu de pyrite;
4. Lessivage de la diorite et formation des minéraux secondaires.

La première venue est composée de pegmatite riche en quartz qui aurait dû être déposée à une température d'environ 573° (1).

La deuxième venue contenant de la pyrite et de la chalcopryrite est particulièrement développée dans le filon croiseur où la pyrite domine. Il semble que dans le filon principal la chalcopryrite est la plus importante.

La troisième phase de la minéralisation est celle qui a apporté la majeure partie de la molybdénite et de la chalcopryrite. Cette formation a dû être déposée à des températures de 573° à 358° (1).

La quatrième venue est celle qui a produit les transformations donnant naissance à la chlorite et à la calcite. La calcite représente, au moins en partie, le lessivage des diorites. Le quartz a également été déposé dans la dernière phase de la minéralisation.

On peut conclure que le gisement de Château-Lambert résulte des dernières phases d'une activité magmatique où les minéraux se sont formés par dépôts des solutions hydrothermales à des profondeurs moyennes. Cette activité se serait produite dans les cassures de la partie supérieure de l'intrusion de la diorite par suite de l'affaissement local de la masse de la roche. Ce gisement semble représenter un type de gîte intermédiaire entre les formations stannifères et les formations sulfurées.

CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

Pendant la Grande Guerre, on a essayé d'exploiter ces gisements pour en extraire le molybdène recherché à ce moment à cause du manque des métaux tels que: tungstène, vanadium et manganèse, pour la fabrication des aciers spéciaux.

Depuis la guerre, tous les deux ou trois ans, on voit arriver quelque compagnie pour essayer de tirer parti de ce gisement apparemment riche en sulfure de molybdène.

Il y a plusieurs années, on a fait des installations assez coûteuses

(1) Geologic Thermometry (Bowen) dans « *Laboratory Investigation of Ore Minerals* ». E.-E. Fairbanks, 1928, p. 199.

de machines pour le traitement mécanique du minerai. Il paraît que l'installation n'a jamais donné satisfaction.

A présent, avec les procédés de flottage sélectif, il semble aisé de faire la séparation mécanique de la molybdénite, même en présence de la chalcopyrite.

Dans le livre récent de ORCEL et BERTHELOT, on indique (1) que :

« Quand ce minerai (molybdénite) est suffisamment broyé, il flotte facilement sous l'action des huiles. La mise au point de cet atelier (en Amérique) a entraîné de réelles difficultés, car il s'agit d'obtenir, avec un fort rendement et une haute concentration, la molybdénite qui vaut cher, sans dépasser une teneur en cuivre de plus de 0,1 % dans le concentré. Grâce au flottage sélectif, on est parvenu aux résultats voulus. »

Il est donc probable qu'aujourd'hui on pourrait effectuer la mise au point de l'atelier de Château-Lambert, mais la grande question est de connaître la richesse du gisement et aussi l'écoulement du molybdène sur le marché.

CHAPITRE VII

AGE DES FILONS

Pour résoudre la question d'âge des filons, on a recours à deux méthodes : 1. les solutions minéralisées imprègnent une certaine formation ; 2. elles remplissent une faille que l'on peut dater.

Sauf près d'Auxelles-Haut, la région au sud des Vosges, entre la vallée de Raddon et la vallée de la Savoureuse, ne renferme pas de couches plus récentes que le Trias dans les zones minéralisées en métaux.

Déjà, dans son travail sur la vallée de Giromagny en 1926, M. THIRION (82) a signalé la possibilité que l'âge de la minérali-

(1) Orcel et Berthelot, « *Les minerais. — Etude. — Préparation mécanique. . . Marché* », p. 544, 1930.

sation soit post-permienne, mais, d'après lui, il n'a constaté qu'une minéralisation de quartz dans une faille qui coupe des travaux de la mine Saint-Jean; cette faille est d'âge post-permien.

Récemment, M. THIÉBAUT, au moment de l'excursion où il conduisait les élèves de l'Institut de Géologie dans les Vosges, a constaté que la faille dont je viens de parler est minéralisée par différentes venues comportant des minéraux métalliques (1).

Pour la région d'Auxelles-Haut, il est donc défini que certaines des venues sont d'âge post-permien. Il est très probable qu'il y ait eu des venues antérieures et postérieures, mais on n'a pas la possibilité stratigraphique de les fixer.

Dans toutes les vallées qui ont fait l'objet de mes travaux (du Raddon, du Breuchin, de l'Oignon et du Rahin), il n'y avait que du Trias faisant suite aux formations carbonifères.

Pour ce district, on ne connaissait, pour pouvoir dater les venues, que l'âge des intrusions de granite et d'autres roches éruptives.

Avec les connaissances que nous possédons actuellement, il me paraît logique d'indiquer un âge post-permien pour la plupart des filons du groupe cupro-plombo-zincifère, avec la possibilité que certains d'entre eux aient pu être en relation avec des venues magmatiques différentes du Post-Viséen au Post-Permien.

Les filons de Château-Lambert se trouvant dans un massif de diorite anté-granitique, se trouvant également dans les cassures formées lors de la consolidation de cette masse, sont attribués au Viséen, et ceci à cause de l'âge des granites, qui est du Viséen ou de la fin du Viséen.

Pour les filons de fer et de manganèse, on manque dans ce district également des repères nécessaires pour bien les dater.

A la page 17 j'ai parlé de la présence de manganèse dans les grès du Trias, beaucoup des gisements d'Allemagne ont été attribués à cette période (2). Ces gisements sont également les dernières phases de l'activité magmatique; donc, on est porté à les placer soit après le Permien, soit après le Trias.

(1) Communication personnelle.

(2) Voir travail de Henglein sur la Forêt Noire (39).

CERTAINES COMPARAISONS ENTRE LES VOSGES
ET LA FORÊT-NOIRE

DAUBRÉE (1850) remarque la similitude entre les gisements de fer dans les régions de Neuenbourg, de Buchenbronn et de Freudenstadt et ceux des Vosges; seulement, dans la Forêt-Noire, paraît-il, la barytine est plus abondante; ces gîtes ont également la même relation avec les intrusions de granite.

Il indique deux régions dans les Vosges (1), le massif des ballons, région de Giromagny à Saint-Bresson et de Guebwiller à Massevaux, et (2) la grande région de Sainte-Marie-aux-Mines (Sainte-Croix-aux-Mines, Laveline, etc.). Dans la Forêt-Noire, paraît-il, on y verrait aussi deux districts : (1) Staufen, Badenweiler, Soultzbourg et Saint-Blaise, (2) Vallée de Kintzig (Wolfach, Schiltach, Hasslach et Wittichen).

Au point de vue de l'âge, DAUBRÉE fait remarquer que les filons de cuivre gris coupent le grès des Vosges, et le grès bigarré à Osenbach, dans les Vosges, et non loin de Culm et de Bulach, dans la Forêt-Noire. Il termine en indiquant que les grès du Trias se trouvent minéralisés en quelques endroits, mais faiblement; donc il considère qu'une partie de la minéralisation, peut-être le tout, a été effectuée après le dépôt de ces couches. Il remarque, de plus, que c'est très rare pour les métaux tels que le cuivre et le plomb, d'exister dans ces grès, mais c'est fréquent pour le fer et le manganèse.

M. HENGLEIN (1924) (39, p. 60) indique que, dans l'ensemble, les gisements de la Forêt-Noire sont caractérisés par un remplissage qui s'était effectué au carbonifère, en même temps que l'intrusion du granite, par les solutions hydrothermales. Il continue en indiquant qu'il est probable que les dépôts se soient poursuivis depuis cette époque jusqu'aux mouvements qui ont formé le graben du Rhin. Les parties supérieures des gisements auraient été affectées par ces dernières venues.

Au point de vue des gîtes de fer et de manganèse, le même auteur écrit, page 135, que leur âge doit être post-triasique.

SCHNEIDERHOHN (1929) (71, p. 165) écrit qu'on ne doit pas rapporter l'âge de la formation des filons au Tertiaire simplement, parce qu'ils remplissent des fractures parallèles à la vallée du Rhin,

mais que déjà aux temps primaires, cette direction — entre Nord-Sud et Nord-Est, Sud-Ouest — a été une direction de moindre résistance.

Il conclut ainsi: « Les venues minérales dans la Forêt-Noire font suite à l'intrusion du granite du Culm, probablement au commencement du Permien ces filons ont surgi en formant une province métallogénique d'intrusions hydrothermales ».

Au point de vue des venues différentes, je citerai d'abord M. THIRION (1926) (82, p. 17):

1° Venue de quartz avec galène argentifère (constitue les brèches avec des fragments d'épontes, microdiorite et schistes).

2° Venue de quartz sans métallisation.

3° Venue de quartz avec galène argentifère.

4° Venue de calcite sans métallisation.

Pour la région de la Schauinsland, dans la Forêt-Noire, SCHNEIDERHOHN (71, p. 169) indique qu'il y a principalement de la blende et de la galène, avec plus rarement de la pyrite, de la marcassite et de la chalcoppyrite, et que la gangue est formée de quartz et de barytine, de calcite et de sidérose. On observe des pseudomorphoses de quartz d'après fluorine, calcite et barytine; et de galène d'après barytine. La minéralisation se trouve en bandes symétriques et non-symétriques. Pour ces gisements classés comme intrusifs hydrothermaux normaux, il indique l'ordre des venues suivantes ainsi :

1° Zone de brèche, fragments de gneiss et de granite avec blende (1).

2° Quartz (1); Calcite (1); Blende (2) (galène (1); Fluorine (1) (pyrite (1); Chalcoppyrite (1); structure compacte.

3° Barytine (1); Quartz (2) (pseudomorphes d'après fluorine et barytine); Blende (3); Galène (2).

4° Blende (4); Galène (3); Barytine (2); Calcite (2); Marcassite, pyrite (2); Chalcoppyrite (2); Structure vacuolaire.

Pour les gisements de plomb dans la région de Badenweiler, Forêt-Noire, M. HENGLEIN (39, p. 32) indique la présence des minéraux suivants :

Primaire: Galène, blende, pyrite, chalcoppyrite, chalcosine, quartz, barytine, fluorine et sidérose.

Secondaire. — Pyromorphite, mimètèse, cérusite, anglésite, wulfenite, menigite, linarite, plombgomme, calamine, limonite, pyrolusite, covelline, malachite, azurite, chrysocolle et dréllite.

Il note que la formation composée principalement de plomb avec une gangue de fluorine et barytine est la plus âgée et que celle formée de cuivre avec du quartz est plus jeune.

Pour la région de Munsterals, M. HENGLEIN (p. 72) donne la table suivante :

En association avec des porphyres.

- 1° Quartz, galène (1), chalcopryrite (1), Blende(1).
- 2° Principalement fluorine (1), galène (2), chalcopryrite (2).
- 3° Barytine, Galène, sidérose.
- 4° Fluorine (2).
- 5° Dolomie, un peu de galène et pyrite.
- 6° Fluorine (3), calcite, pyrite, marcassite.
- 7° Limonite fréquemment avec du quartz.
- 8° Cérusite, Pyromorphite et autres produits secondaires.

Au fur et à mesure de l'avancement de certains travaux que l'on exécute actuellement dans les Vosges, il sera possible d'avoir une série d'échantillons non altérés, et à ce moment s'imposerait une étude au microscope réfléchissant, utilisant ainsi la méthode expliquée en France par M. ORCEL (65, 66). Après l'étude de plusieurs de ces gisements, où on pourrait voir des différentes minéralisations (tel Crémillot, Le Loury, Notre-Dame, pour le groupe plomb, zinc et cuivre, Saphoz pour le groupe de manganèse), on pourrait beaucoup plus utilement faire la comparaison entre l'ordre des minéralisations dans les deux régions Vosges et Forêt-Noire.

QUESTIONS ÉCONOMIQUES

Gîtes de plomb, zinc et cuivre. — Dans la région de Plancherles-Mines, on fait actuellement des travaux de recherches sur différents gisements, notamment sur l'ensemble de la montagne dite Loury, où on constate un réseau de plusieurs filons. M. DELAUZUN, ingénieur, fait faire actuellement un travers-banc au niveau de la vallée avec l'idée de couper ces différents gîtes en profondeur.

Il serait hasardeux d'affirmer à présent les chances de succès de ces travaux ; toutefois, on peut remarquer qu'on n'a pu maintenir en exploitation aucun des gîtes du sud des Vosges pendant ces derniers trente ans. Il serait hors de notre cadre d'entrer dans les considérations qui ont amené ce fait, mais il est tout de même souhaitable que des travaux sérieux soient faits par des hommes compétents pour se rendre compte de la richesse possible.

Dans la vallée de l'Oignon, on a travaillé le gisement de Mont-de-Vannes, mais son peu de richesse en minerai métallique — principalement en galène — rend aujourd'hui, avec le cours de 11

livres sterling la tonne, l'exploitation nettement hors de question. La fluorine offrirait plus de possibilités d'exploitation dans cette vallée.

Les deux autres gisements, Combrageot et Le Magny-de-Fresse, sont tout petits, et il est très douteux qu'ils soient plus importants en profondeur.

Le gisement de Saint-Bresson, ainsi que celui de Mont-de-Vannes, ont été travaillés la dernière fois principalement pour la fluorine, et accessoirement pour la galène et autres minerais. D'après les renseignements que j'ai pu avoir, la richesse était si variable et le cubage si minime que dans les conditions actuelles, il ne peut pas être question d'exploiter ces gisements. D'ailleurs, le tonnage annuel n'a jamais été important.

La mine de Baudy a été l'objet d'anciens travaux, mais d'après mes visites au gisement et l'étude de divers documents sur cette mine, il est évident que les minéraux métalliques ne se trouvent qu'accidentellement dans la gangue de fluorine et quartz. Il y a peu de chances qu'on puisse exploiter cette minéralisation dans les conditions actuelles, ou même dans celles d'un avenir prochain.

Gîtes de fer et de manganèse. — Au sujet des gîtes de fer, seul Servance est à retenir, mais il paraît si chargé de quartz et de barytine et si pauvre en fer, qu'avec les difficultés naturelles que présentent les gisements filoniens par rapport aux gisements sédimentaires, il est très probable qu'un long temps serait nécessaire avant que les prix de vente permettent de l'utiliser.

Pour les gîtes de manganèse, « La Fonderie » est très petite, et les analyses n'ont pas donné des indications très encourageantes.

Le gîte de Saphoz a été exploré ces temps derniers, mais on ne peut guère se rendre compte de l'état de la mine à la suite de ces quelques travaux.

D'après tous les renseignements que j'ai eus entre les mains, il semble qu'on ait bien affaire à un gisement contenant du manganèse en poches, et qu'en profondeur on atteigne le carbonate de fer et de manganèse mélangés. Les travaux, visibles aujourd'hui, ne paraissent pas donner à un ingénieur des Mines ou à un géologue l'impression d'être exploitables (j'entends avec bénéfiques évidemment).

Toutefois, si, après des avis défavorables, on voulait encore continuer, il faudrait qu'une exploitation systématique et très poussée vienne donner suite à ces quelques travaux déjà existants.

CONCLUSIONS D'ORDRE GÉOLOGIQUE

Me servant de la carte géologique Mulhouse-Lure comme base, j'ai levé la carte pour trois régions :

- a) Château-Lambert ;
- b) Plancher-les-Mines ;
- c) Saphoz (Faucogney).

1. J'ai précisé une *structure isoclinale aux environs de Plancher-les-Mines* pour les couches d'arkoses et de schistes ;

2. En bordure du massif de granite à amphibole, j'ai constaté la présence d'une bande de *monzonite* qui fait place à l'extérieur au *microgranite* par gradations lentes ;

3. Entre le granite à amphibole des ballons et le granite gris porphyroïde, j'ai noté la *présence d'une zone de diorite*, antérieure en âge aux granites, et coupée par de petits dykes d'aplite ;

4. Au sujet de la théorie de la formation du granite à amphibole par digestion en place, j'ai fait remarquer qu'en aucun des endroits que j'ai visités, je n'ai trouvé d'appui à cette théorie comme elle a été exposée. D'autre part, j'ai indiqué que le *granite à amphibole* semblait provenir d'une intrusion séparée, probablement par *différenciation* du même magma réservoir qui a peut-être été enrichi en éléments ferro-magnésiens et calciques à une profondeur assez considérable par l'absorption des roches anciennes riches en ces éléments ;

5. J'ai constaté le *grand développement des intrusions d'andésites* dans toute la zone située au sud et au sud-ouest des ballons de Servance et d'Alsace. (Voir la carte géologique de Plancher-les-Mines.)

CONCLUSIONS D'ORDRE MÉTALLOGÉNIQUE

Puisque j'ai déjà fait des résumés pour les trois divisions de cette deuxième partie, je ne ferai que renvoyer le lecteur aux pages (91, 112, 127).

1. J'ai constaté la présence de trois grands groupes de gisements dans ce secteur des Vosges (vallées du Raddon, du Breuchin, de l'Oignon et du Rahin):

- a) Cupro-plombo-zincifère;
- b) Molybdo-cuprifère;
- c) Ferrifère et manganésifère;

2. La *relation intime* de tous ces gisements avec les *phénomènes d'activité magmatique*, découlent de mes observations;

3. D'après les observations faites, et d'après une comparaison avec les gisements de la Forêt-Noire, j'ai placé l'âge de la plupart de ces filons au *post-permien*, ou, entre la fin du Viséen et la fin du Permien. (Dans la région d'Auxelles, dans la vallée de Giromagny, les travaux récents de la mine Saint-Jean ont montré une minéralisation dans la grande faille qui coupe les terrains du Permien, donc au moins pour ce gisement il y avait une activité après la formation de ces couches de Permien);

4. Suivant la classification de LINDGREN (57) (1), je classe les gisements de la manière suivante:

- a) Cupro-molybdifère; mésothermal à hypothermal;
- b) Cupro-plombo-zincifère; mésothermal;
- c) Fer et manganèse; épithermal.

5. Entre les Vosges et la Forêt-Noire, je constate une certaine *analogie au point de vue métallogénique*, ainsi qu'on le penserait d'après leur origine et leur histoire si mêlées.

Voici quelques caractéristiques des remplissages et des cassures différentes:

Cause de la formation des fissures:

- a) Mouvements tectoniques régionaux;
- b) Affaissement et contraction des masses de roches intrusives;
- c) Intrusion des roches éruptives.

Structure des remplissages:

- a) (Cu, Mo) massive en profondeur et vacuolaire près de la surface;
- b) (Cu, Pb, Zn) généralement vacuolaire;
- c) (Fe, Mn) carbonates massifs en profondeur et vacuolaire près de la surface avec la formation des oxydes.

(1) Voir note infrapaginal p. 126.

Je n'ai pas constaté de relation entre la direction ou le pendage qui peut-être considérée comme une règle. Toutefois, je signale les directions suivantes comme assez typiques pour ces gisements :

(Cu, Pb, Zn)	N 30° à 50° E.
(Fe, Mn)	N 65° à 80° E.

Dans les gisements de plomb, zinc et cuivre, j'ai constaté l'ordre suivant pour les venues :

Première et deuxième venues: principalement galène, chalcoppyrite et blende, avec accessoirement pyrite et mispickel, gangue de quartz, fluorine et calcite.

Troisième et quatrième venues: généralement quartz et fluorine stérile.

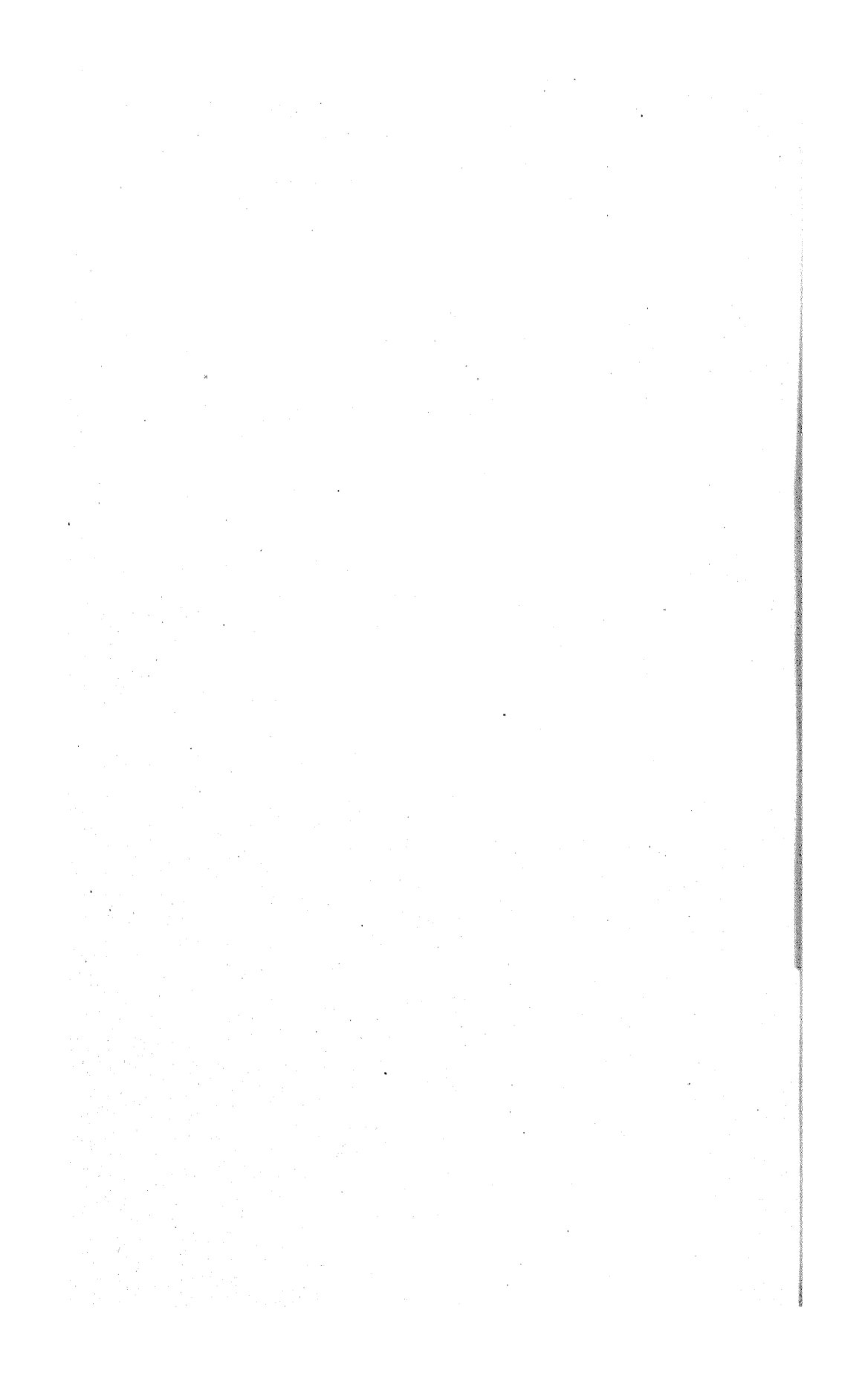
BIBLIOGRAPHIE

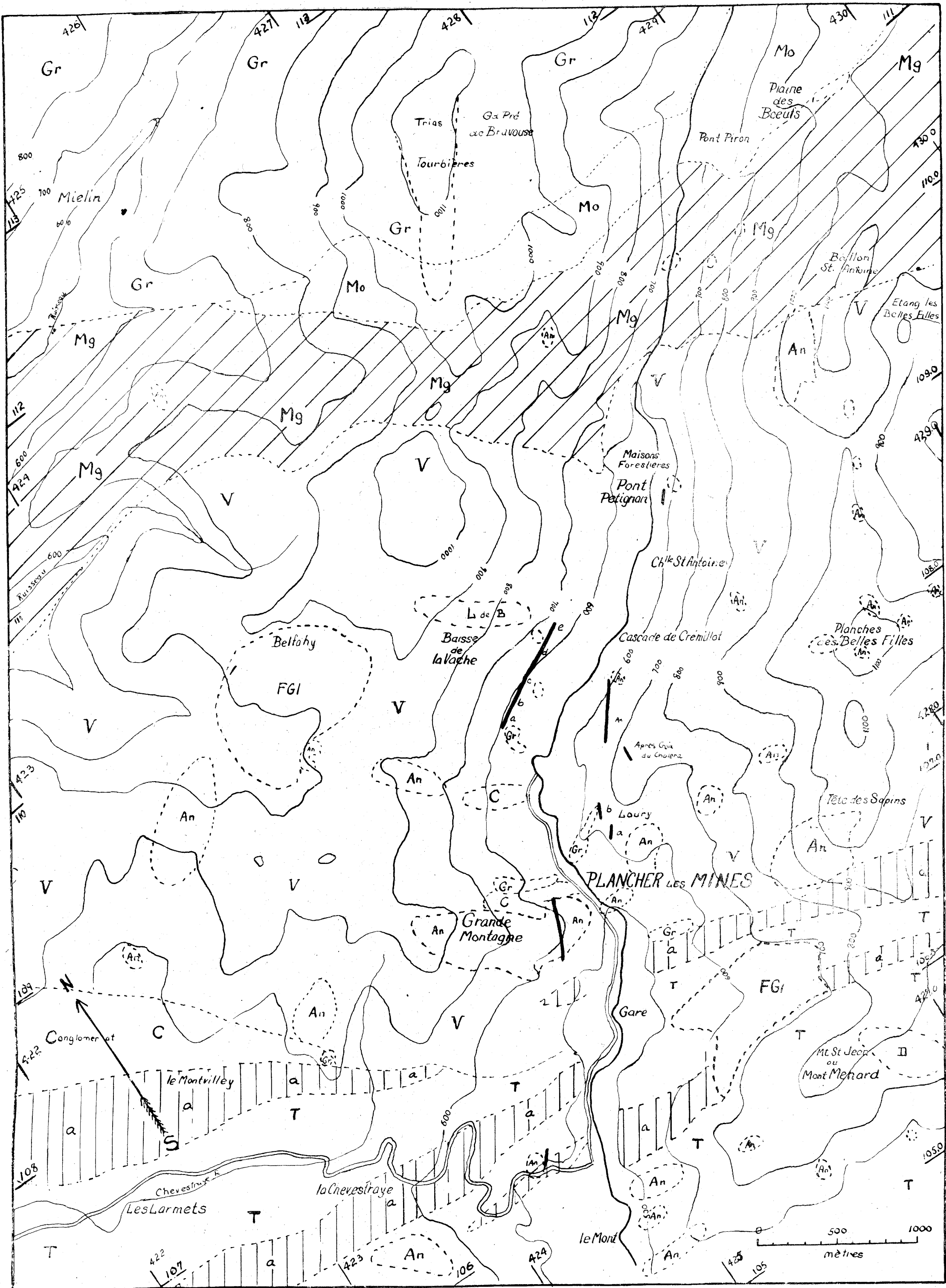
1. - ASSELBERGHS. — Sur l'existence du Famennien (Néodévonien) à Chagey. B. S. G. F., vol. XXVI, 1926, 67.
2. - BAULIG. — Questions de morphologie vosgienne et rhénane. *Annales de Géographie*, vol. XXX, 151 p.
3. - BENECKE UND ROSENBUCH. — Chronologischer Überblick der mineralogischen und geologischen Litteratur über die Reichslande Elsass Lothringen. A. E. L. I., 1877.
4. - BENECKE. — Abriss der Geologie von Elsass-Lothringen, Strasbourg, 1878.
5. - BEYSCHLAG, VOGT ET KRUSCH. — Ore Deposits II volumes, Translated by S. J. TRUSCOTT, 1914 et 1916.
6. - BLEICHER. — Essai d'une géologie comparée des Pyrénées, des Vosges et du Plateau Central. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Colmar, 1870, 353 p.
7. - BLEICHER. — Vosges, le sol et les habitants, 320 p.
8. - BOWEN N.-L. — The Evolution of the Igneous Rock. Princeton, 1928, 332 p.
9. - VON BUBNOFF. — Über den Parallelismus des Unterkarbons im Schwarwald und den Vogesen. Jahresber. u. Mitt. des Oberrhein. geol. Ver., 1919.
10. - BUECKING. — Zur Kenntnis der Erzgänge im Lebertal unterhalb Markirsch. M. E. L. t. VIII, 1913, 153 p.
11. - CAYEUX L. — Introduction à l'étude Pétrographique des Roches Sédimentaires, 1916, 524 p., XXX planches.
12. - CAYEUX L. — Les Roches Sédimentaires de France. Roches Siliceuses, 1929, p. 774, XXX planches.
13. - CAILLAUX. — Mines métalliques, 1875, p. 632.
14. - CARDOT Ch. — Le Trias inférieur de la Haute-Vallée de l'Oignon et des Vallons Tributaires.
15. - CARDOT Ch. — Extrait du *Bull. de la Soc. Belfortaine d'Emulation*, 1911.
16. - CARRIÈRE. — Description des principales espèces minérales composant les roches cristallines des Vosges. *Annales Soc. d'Emul. des Vosges*, t. VIII, 1852, p. 187; 1853, p. 1000; 1854, p. 89.
17. - CASE Ermine. — Environment of the Tetrapod life in the late Paleozoic of regions other than North America. *Carneigie Institution of Washington*, n° 375, 211 p., 1926.
18. - COOK Charles W. et LLOYD STAPLES. — A microscopic Investigation of molybdenite ores from Climax Colorado. *American mineralogist*, vol XVI, janv. 1931, n°1, p. 1-18.
19. - CORROY G. — Les Vertébrés du Trias de Lorraine et le Trias Lorrain. *Annales de Paléontologie*, t. XVII, 1928.
20. - COUSIN G. — Revision de la Feuille de Lure-Mulhouse 80.000°. *Bull. Carte Géol. Fr.*, n° 146, t. XXVI, 1921 campagne.
21. - DALY R.-A. — Igneous Rocks and their origin. I édition, 1914, p. 563.
22. - DAUBRÉE. — Notice sur les filons de fer de la région méridionale des Vosges. B. S. G. F., 2^e série, t. VII, 1850, p. 650.
23. - DAUBRÉE. — Notice sur les filons de fer de la région méridionale des Vosges et sur la corrélation des gîtes métallifères des Vosges et de la Forêt Noire, p. 159-170.

24. - DAUBRÉE. — Etudes Synthétiques de Géologie Expérimentale, 828 p., 1879.
25. - DELESSE. — Porphyre de Ternuay. B. S. G. F., 2^e série, t. IV, 1847-1461.
26. - DELESSE. — Mémoires sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges. *Annales des Mines*, 4^e série, t. XII, 1837, p. 195-283.
27. - DELESSE. — Sur la constitution minéralogique et chimique de la syénite des Ballons dans les Vosges, C. R., t. XXV, 1847, p. 103.
28. - DELESSE. — Mémoires sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges. La syénite des Ballons. *Annales des Mines*, 4^e série, t. XIII, 1848, p. 667.
29. - DELESSE. — Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges. Euphotide d'Oderon, diorite de Pont-Jean et de Faymont, aphanite de Saint-Bresson, porphyre de Schirmeck. *Annales des Mines*, 4^e série, t. XVI, 1849, p. 367.
30. - DELESSE. — Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges. Porphyre quartzifère. *Annales des Mines*, 4^e série, t. XVI, 1849, p. 233.
31. - DELESSE. — Sur les variations des roches granitiques, B. S. G. F., 2^e série, t. IX, 1852, p. 464.
32. - DELESSE. — Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges; le granite. *Annales des Mines*, 5^e série, t. III, 1853, p. 369.
33. - DELESSE. — Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges. Minette. *Annales des Mines*, 5^e série, t. X, 1856, p. 517.
34. - DUFRENOY et ÉLIE DE BEAUMONT. — Explication de la carte géologique de la France, rédigée sous la direction de M. BROCHANT DE VILLIERS. Paris, 1841, Les Vosges, t. I, chap. V, p. 267.
35. - DURR. — Die Mineralien der Markkircher Erzgänge, M. E. L., t. VI, 1907, p. 183.
36. - FAIRBANKS E.-E. — Laboratory Investigation of ores, A Symposium: 1928 p.
37. - GOBERT, — Les Anciens Minéralogistes Français, Paris 1779. Réimprimé à Montbéliard, 1903, par Jules JAPY et CHARPENTIER.
38. - HARKER Alfred. — Petrology for Students, 6^e édition, Cambridge 1923, 300 p.
39. - HENGLIN M. — Erz und Minerallagerstätten des Schwarzwaldes, 196 p., 27 figures, 1924.
40. - D'HEROUVILLE DE CLAN. — Mémoire sur les Mines d'Alsace, 1741.
41. - HOBBS W.-H. — Earth Features and their meaning, 1916, p. 506.
42. - HOGARD. — Aperçu sur la constitution minéralogique et géologique du département des Vosges. Statistique générale du département des Vosges, 1845.
43. - JOLY Henry. — La Lorraine et ses enveloppes, 350 p., 1911.
44. - JUNG J. — Sur la tectonique des Vosges hercyniennes. C. R. CLXXIII, 1921, 1377 p.
45. - JUNG J. — La tectonique hercynienne des Vosges. C. R. XIII^e. Congr. Géologique, t. XXXI, 1922, p. 151.
46. - JUNG J. — Contribution à la Géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace; Mémoires de la Serv. Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine, n^o 2, 1928, 481 p., cartes et planches.
47. - KEMP J.-F. — After effects of Igneous Intrusions, *Bull. Géol. Soc. America*, vol. 33, p. 231-254, 1922.
48. - KOECHLIN-SCHLUMBERGER et SCHIMPER. — Mémoire sur le terrain de transition des Vosges, Strasbourg 1862.

49. - KOECHLIN-SCHLUMBERGER et DELBOS. — Description géologique et minéralogique du Haut-Rhin, Colmar 1866.
50. - KRAUS et HUNT. — Mineralogy, II^e édit., 1928, p. 604.
51. - LACROIX A. — Minéraux de France, IV volumes.
52. - LAPPARENT (DE) A. — Note sur l'histoire géologique des Vosges, B. S. G. F., 1897, 20 p.
53. - LAPPARENT (DE) J. — Leçons de Pétrographie, Paris, 1923.
54. - LAPPARENT (DE) J. — Etude comparative de quelques porphyroïdes françaises, 1909.
55. - LAUNAY (DE) L. — Géologie de France, 1921.
56. - LAUNAY (DE) L. — Traité de métallogénie, III vol., 1914.
57. - LINDGREN W. — Mineral Deposits, II édit., 1919, p. 957. III édit., 1928, p. 1.049.
58. - LONGCHAMON. — Sur la constitution des Calcédoines et des Quartzines. C. R. Acad. Science, t. 183, p. 1.116, 1926.
59. - MEYER Lucien. — Les Vosges Méridionales de l'époque glaciaire, 1912, 335 p.
60. - LEVY-MICHEL Alb. — Analogie des terrains du Sud des Vosges et de ceux du Morvan, C. R. Acad. Sciences, 1910, 1.080 p.
61. - LEVY-MICHEL Alb. — Analogie des terrains du Sud des Vosges et de ceux du Morvan, B. S. G. F., t. X, 1910, 816 p.
62. - LEVY-MICHEL Aug. — Note sur une classe de roches éruptives intermédiaires entre les granites porphyroïdes et les porphyres granitoïdes (groupe des Granulites), B. S. G. F., 3^e série, t. II, 1874, p. 177.
63. - MOUGEOT. — Géologie du département des Vosges. *Annuaire des Vosges*, 1880.
64. - NIGGLI Paul. — Ore Deposits of magmatic Origin., 1929 (Their genesis and Natural Classification). Traduit de l'Allemand par H.-C. BOYDELL. Révisé et supplémenté par l'auteur et R.-L. PARKER, 93 p.
65. - ORCEL J. — Les Méthodes d'Examen microscopique des Minerais métalliques. *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, t. XLVIII, 1925, p. 272-361.
66. - ORCEL J. — La mesure du pouvoir réflecteur des minéraux opaques à l'aide de la cellule photo-électrique, et ses applications. *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, t. LIII, 1930, p. 301-349.
67. - PARISOT. — Description géologique et minéralogique du Territoire de Belfort. *Mém. Soc. Belfortaine d'Em.* 1877.
68. - RAY S.-K. — Geological and Petrographical Studies in the Hercynien mountains around Tiefenstein, South Black Forest, Germany, III p., 1925.
69. - ROZET. — Description géologique de la partie méridionale de la Chaîne des Vosges, Paris 1834.
70. - ROZET. — Carte géognostique de la partie méridionale des Vosges, Paris, 1835.
71. - SCHNEIDERHÖHN H. — Die Erzlagerstätten am Schauinsland im Südwestlichen Schwarzwald. *Metal und Erz*; Heft 7 p. 161-66. 1929.
72. - SCHNEIDERHÖHN H. — Die Oxydation und Zementationszone der sulfidischen Erzlagerstätten. *Fortschritte der Min., Kristal. und Pétrographie*, 1924, p. 459-562.
73. - SCHNEIDERHÖHN H. — Physikalisch-Chemische Vorgänge in der Oxydations und Zementationszone sulfidischer Erzlagerstätten. *Zeitschrift für Kristal.*, Bb LIX, p. 428-436.
74. - SCHNEIDERHÖHN H. — Genesis und Paragenesis der Sulfidmineralien *Handbuch der Mineralchemie*, Band IV, Deelter, 894-914.

75. - SCHNAEBELE. — La structure des Vosges primaires. Application à l'ensemble des Vosges d'observations faites surtout au Nord de la vallée de Villé. C. R., t. CLXXVI, 1923, p. 523.
76. - VON SEIDLITZ. — Heitlugen varistisches Tectonick im Schwarzwald und im Vogesen Z. D. G. G., t. LXVI, 1914, p. 100.
77. - SPURR J.-E. — The Ore Magmas, 1^{re} édition 1923. II vol. 915 p.
78. - SUESS F.-E. — Intrusions tektonik und Wandertektonik im variszischen Grundgebirge, 1926, (Vogesen, p. 48-54).
79. - TABER S. — Mechanics of Vein formation. *Trans. Am. Inst. Mining M. E.*, vol. LXI, 1919, p. 3 à 41.
80. - THIÉBAUT Lucien. — Note sur les Gisements Miniers de Château-Lambert et du Thillot, p. 143-155, extrait des Procès-Verbaux *Soc. d'Hist. Nat. d'Autun* (année 1913).
81. - THIÉBAUT Lucien. — La Mine de plomb de Saint-Jean d'Auxelles, 1921.
82. - THIRION. — Note sur la Géologie et la Métallogénie des environs de Giromagny. Extrait *Bull. Soc. Industrielle de l'Est*, 1927.
83. - THIRRIA. — Carte Géologique du département de la Haute-Saône, 1831.
84. - THIRRIA. — Statistique minéralogique du département de la Haute-Saône, Besançon, 1833.
85. - UNGEMACH. — Die Erzlagerstätten des Weilertals. M. E. L. VI, 1907, p. 48.
86. - VELAIN. — Recherche dans la région méridionale des Vosges, B. S. G. F., 3^e série, 1883, t. XI, 512 p. Terrain primaire.
87. - VELAIN. — Le Permien dans la région des Vosges, B. S. G. F., 3^e série, t. XIII, 1885, 536 p.
88. - VELAIN. — Le carbonifère dans les Vosges septentrionales, C. R., t. CIV, 1887, 1861.
89. - VELAIN. — Le carbonifère dans la région des Vosges. B. S. G. F., 3^e série, t. XV, 1887, p. 703.
90. - VELAIN. — Comptes-rendus des collaborateurs; feuille de Lure, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. X, n° 69, 1898, p. 130.
91. - VELAIN et LEVY-MICHEL Alb. — Comptes-rendus des collaborateurs pour la campagne de 1909, feuille de Lure. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. XX, n° 126, 1910.
92. - VELAIN et LEVY-MICHEL Alb. — Comptes-rendus des collaborateurs pour la campagne de 1909, feuille de Lure. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 1910, t. XXI, n° 128, 1911.
93. - VAN WERVEKE. — Aperçu sommaire sur la constitution et l'histoire géologique des Vosges, *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. XXXIV, 1907, 247 p.
94. - VOGT J.-H.-L. — The Physical Chemistry of the Magmatic Differentiation of Igneous Rocks. II vol, Kristiania, 1924.
95. - VOGT J.-H.-L. — Magmas and Igneous Ore Deposits, *Econ. Geol.*, vol. XXI, n° 3, 4, 5, 1926.
96. - WAGNER und KRAUSS. — Die Kriegsschauplätze 1914-1918, géologisch dargestellt; Heft I. Elsass 1924.
97. - WAGNER und KRAUSS. — Compte-rendu de la Réunion de la *Société Géologique de France en Alsace*, C. R. S. S. G. F., 1925, n° 13.
98. - WAGNER und KRAUSS. — Bericht über die Excursion der Schweiz. Mineralogisch-Petrographisch Gesellschaft in die Vogesen. *Schweiz Min. Pétrog. Mitteilungen*, 1927, p. 419.

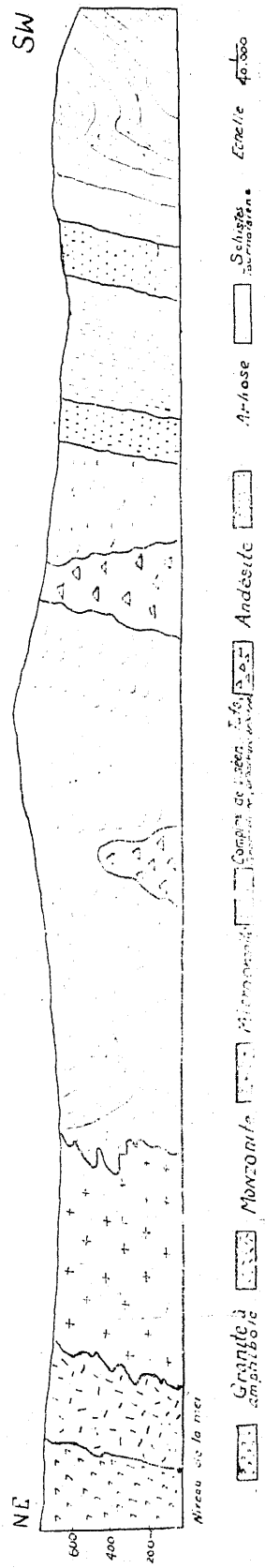




Gr Granite à amphibole
 Mo Monzonite
 Mg Microgranite
 V Complexe ou Viséen
 An Andesite
 Gr Granophyre
 T Schistes Tournaisiens
 D Dacite
 a Arkose
 R Rhyolite

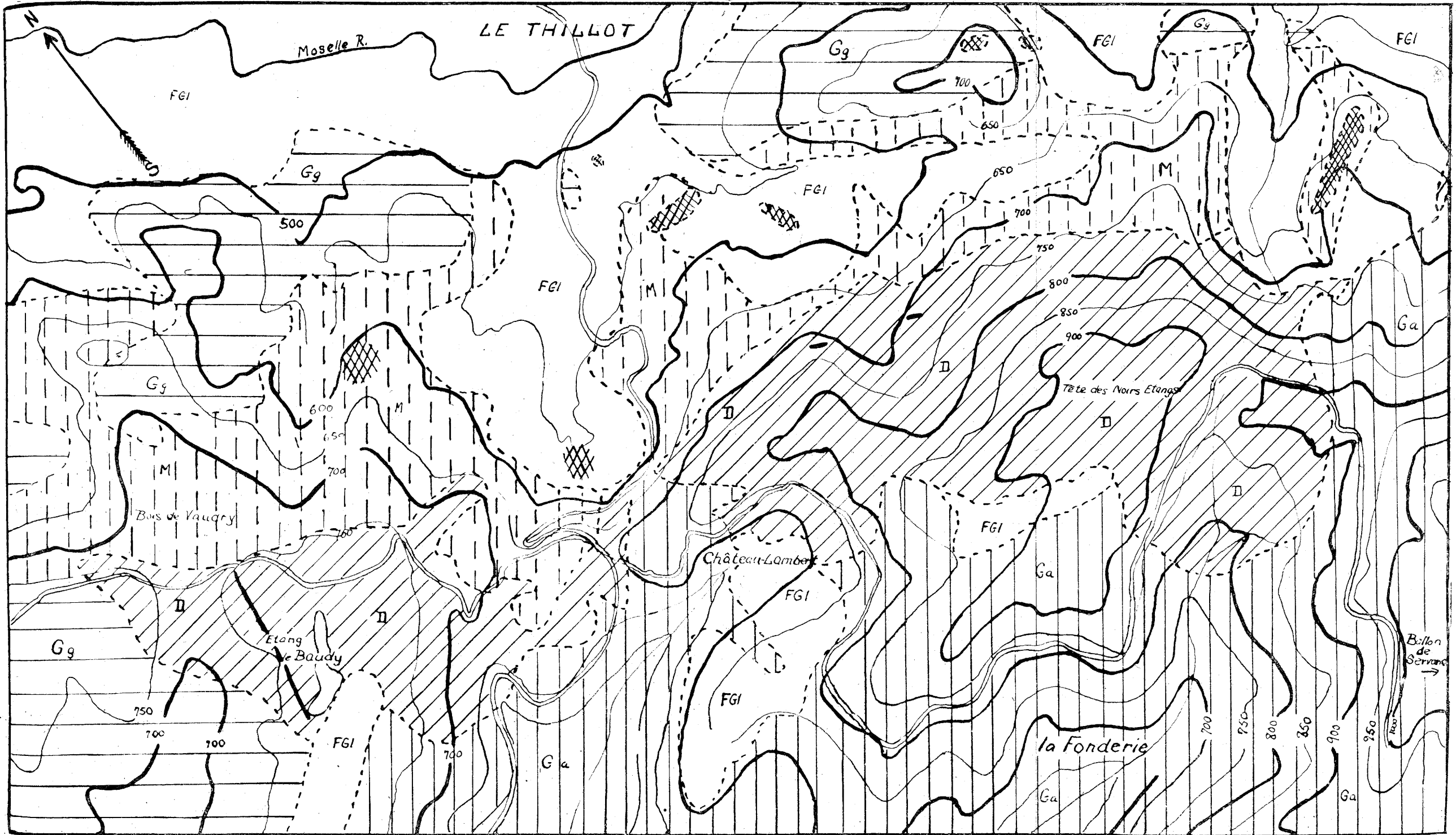
V. Carte Géologique de Plancher-les-Mines à 20.000^e avec indications des filons.

Coupe Géologique dans la Vallée de Plancher les Mines



VI. Coupe Géologique de la région de Plancher-les-Mines à 40.000'

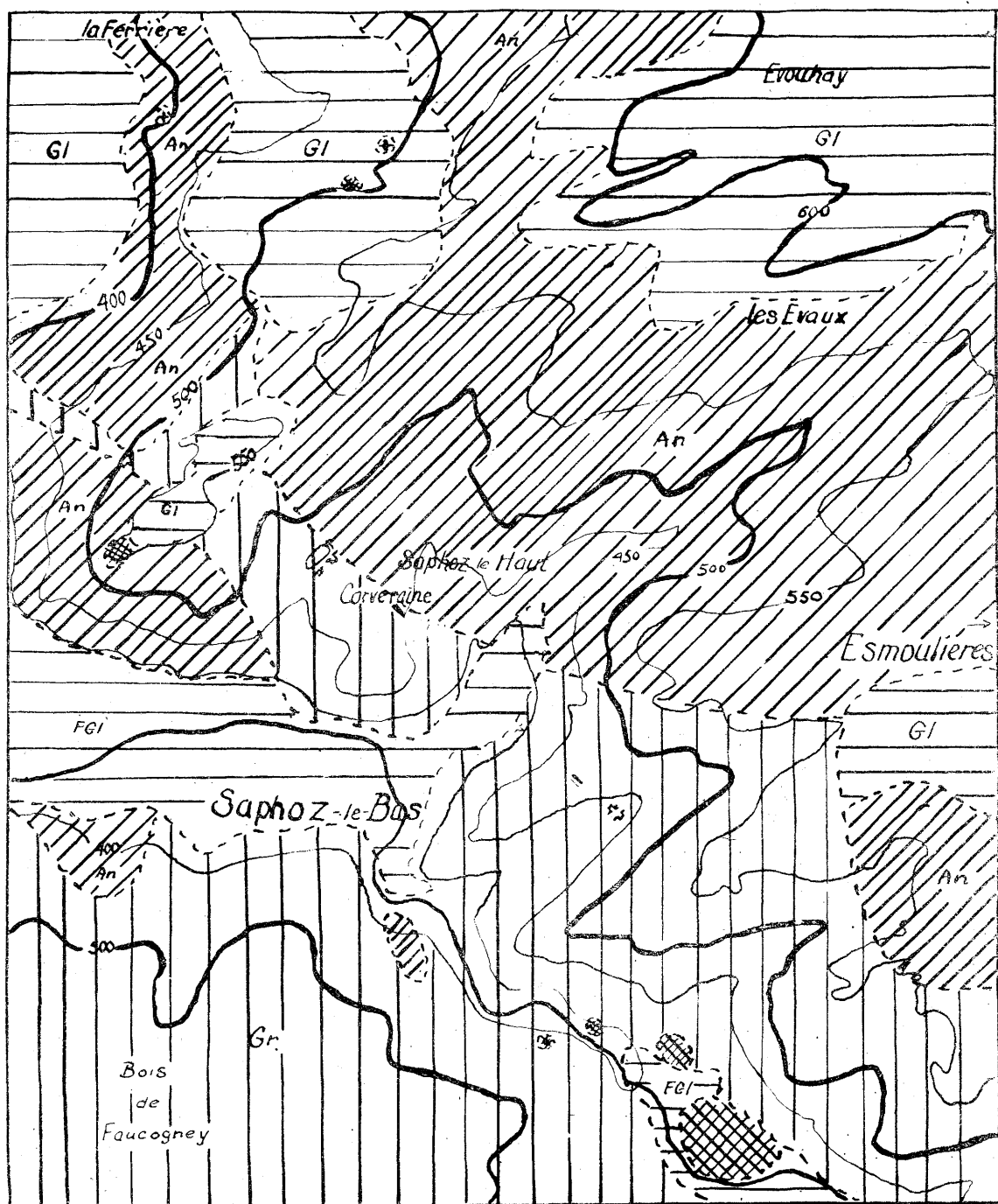
Carte de Château Lambert



Granite gris porphyroïde
 Granite à amphibole
 Diorite
 Microgranite
 Andesite

VII. Carte Géologique de Château-Lambert à 20.000° avec indications pour les filons de Château-Lambert et pour le Baudy.

Gisement de Manganese à Saphoz



Granophyre
Andésite
Orthophyre Brèche



Microgranite
Fluvio-glaciaire

Echelle 0 400 800

VIII. Carte Géologique de Saphoz (Faucogney) avec indications du filon.

sauf exceptions rares, aux études les plus consciencieuses. La plupart du temps, il serait bien difficile d'y répondre sans laisser planer aucun doute. Quand on veut argumenter, il est facile d'émettre des doutes, car nous n'avons pas souvent à notre disposition de preuves « absolues » dans une matière aussi délicate que l'étude vitale. Il ne faut donc pas, en règle générale, se montrer d'une sévérité extrême et savoir se contenter, à défaut de la preuve « absolue » qui nous échappe ordinairement, de fortes présomption, équivalentes à des preuves honnêtes.

Si, par exemple, les mouvements intranucléaires seuls pouvaient prouver la vitalité du noyau examiné, on n'aurait jamais le droit de dire qu'un noyau quiescent est vivant. Aucun mouvement n'étant perceptible dans ce cas, il faudrait en conclure qu'on doit révoquer en doute toutes les observations faites sur le noyau au repos. Le simple énoncé de cette proposition suffit pour la juger. L'immobilité apparente d'une figure ne prouve ni dans un sens ni dans l'autre. Il ne faut pas révoquer en doute toutes les observations sur noyau « immobile » parce que « immobile ».

D'ailleurs, on est d'accord pour dire que les observations faites sur les noyaux vivants ne doivent durer qu'un temps très limité, parce que des altérations interviennent rapidement, sans qu'il y ait mort immédiate cependant. On peut donc soutenir, en bonne logique que, pour avoir toute la sécurité possible dans l'examen des préparations vivantes et saines, il est bon d'en réduire l'observation au minimum de temps. Mais alors, si les mouvements intranucléaires sont lents (et ils sont très lents dans les cinèses réductrices du *Lilium candidum*), le fait de saisir et dessiner une figure apparemment immobile est une garantie de vitalité de la préparation et non pas une présomption d'altération ou même de mort.

De telles raisons invoquées contre ce que j'oserai appeler le « fanatisme de la preuve » sont évidemment d'ordre négatif. Elles prouvent que l'immobilité *apparente* n'est pas la mort. Elles établissent une possibilité, elles ne prouvent pas, en ce qui concerne l'objet du présent travail, que j'ai observé des stades vivants; mais tout au plus que, malgré leur immobilité, ils pourraient être vivants.

Les mouvements intranucléaires ne sont pas la seule preuve que la cellule et le noyau sont vivants. L'intégrité du cytoplasme, les courants qui le brassent, le bon état de son contenu figuré, les réactions physiologiques, en général, qu'il peut présenter sont autant de preuves qu'il est vivant. Si le milieu ambiant cytoplasmique est reconnu vivant et sain, vraisemblablement le noyau n'est pas mort. Sa morphologie doit être raisonnablement supposée naturelle, même s'il ne présente pas apparemment de mouvements.

Ce sont ces dernières preuves que je vais m'efforcer de mettre en valeur dans les pages suivantes. Puis je présenterai la série des stades telle que j'ai pu la dessiner d'après mes préparations.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE VITALE OU POST-VITALE ?

Valeur « a priori » de la Technique opératoire et des Observations. — Preuves « a posteriori »

Au moment où commence cette étude sur les cinèses polliniques chez le *Lilium candidum* L., les cellules mères des grains de pollen ne forment déjà plus un tissu compact dont les éléments sont soudés les uns aux autres. L'assise nourricière a commencé à fonctionner, les cellules mères sont plongées dans une substance nutritive assez peu consistante, fluide, au moins quant à sa matière fondamentale. C'est cette circonstance, particulièrement favorable, qui rend possible, sans grand danger, la technique de préparation vitale que j'ai employée; technique très simple.

§ I. — TECHNIQUE DE PRÉPARATION VITALE

Voici comment j'opère: je détache une anthère supposée présenter des stades intéressants. Ceci arrive, pour les premiers stades, vers le moment où l'anthère mesure environ 0 cm. 5 et, pour les derniers, vers 1 cm. 5. Ces mesures sont très approximatives et

susceptibles de présenter des variations en plus ou en moins. Presque toutes les cellules contenues dans le même sac pollinique sont à peu près exactement au même stade de leur évolution.

Après avoir ainsi détaché l'anthère, j'en sectionne une extrémité que j'enlève, et je porte le reste sur une lame. Cette simple opération suffit déjà pour qu'une légère portion du contenu des sacs polliniques puisse être recueillie sur la lame porte-objet.

On pourrait, à la rigueur, se contenter de l'examen de ce qui sort naturellement « *sans pression* ». Mais la moindre pression exercée dans le sens de la longueur et en partant de l'extrémité qui n'a pas été sectionnée, permet de faire sortir le contenu presque entier des quatre sacs polliniques. Pour obtenir ce résultat, on appuie dans le sens indiqué avec la lame d'un scalpel qu'on déplace de l'extrémité intacte vers l'extrémité sectionnée. La masse des cellules plongées dans le liquide nourricier sort sous l'aspect de quatre cylindres qui gardent la forme de la cavité des sacs, au moins lorsque la substance nutritive atteint une certaine consistance.

Il suffit alors de les écarter un peu les uns des autres, de les ranger transversalement sur la lame et de poser dessus une lamelle sur laquelle on appuie légèrement. Les cellules mères, les dyades ou les tétrades, suivant le stade évolutif, glissent les unes sur les autres. Elles sont toujours plongées ainsi dans leur milieu normal. Les unités constitutives du bloc cellulaire ne se trouvent à aucun moment en contact avec l'air, au moins les cellules centrales. On peut alors, si l'on veut, pour combattre la dessiccation, mettre une goutte d'eau sur le bord de la lamelle. Seules les cellules de la périphérie pourront en souffrir. Dans le corps de la préparation les autres cellules n'auront pas de contact avec l'eau. N'ayant pas fait d'examen prolongés au delà d'un quart d'heure en général, d'une demi-heure ou trois quarts d'heure au maximum, dans quelque cas très rares, je n'ai presque jamais eu besoin de recourir à ce moyen. Il est facile de renouveler les préparations autant de fois qu'on le désire, étant donné l'abondance du matériel et la facilité avec laquelle on peut se le procurer. Mes observations n'ont presque jamais duré que le temps de relever une ou deux figures intéressantes, c'est-à-dire un quart d'heure, vingt minutes

tout au plus. De sorte que, entre le moment où commence la préparation et l'instant où finit l'examen, on peut compter qu'il s'est écoulé une vingtaine de minutes au maximum. C'est qu'en effet, il faut employer à confectionner la préparation elle-même beaucoup moins de temps que n'en demande la lecture de la série des opérations dans la description que j'en donne. En une trentaine de secondes on peut passer à l'examen microscopique. Comme, d'autre part, le nombre des figures au même stade sur chaque préparation est très considérable, puisque chacune n'en renferme guère qu'un à la fois, le choix de la figure qui se présente dans la meilleure orientation est vite fait, on peut passer immédiatement au dessin.

Remarquons en outre que le *Lilium candidum* L. est un matériel excellent, les cellules sont très grandes, les noyaux énormes, et, pour comble, le liquide nourricier, très clair, obscurcit peu la préparation en général.

En somme, la seule opération qui pourrait être incriminée, à mon avis, dans cette manière de faire, serait la légère pression exercée sur la lamelle pour étaler les cellules. Mais il faut considérer, ainsi que je l'ai dit, qu'on n'a pas affaire, dans ce cas précis, à un tissu solide. La masse des cellules forme un magma composé d'unités isolées. Elles sont capables de glisser sans effort les unes sur les autres. La pression exercée est d'un ordre semblable à celui que produisent les parois mêmes du sac pollinique, puisque la simple section de ce dernier amène la sortie d'une petite quantité du tissu cellulaire liquide qu'il contient. D'ailleurs, si les cellules vivent encore sous la lamelle, c'est que les opérations de montage ne les ont pas tuées! Et nous allons voir qu'elles vivent sous la lamelle, au moins pendant un certain temps, qui n'est pas nécessairement le même pour toutes les préparations. Une faute de légèreté de main est vite faite en telle matière, si grande que soit l'habitude acquise.

§ 2. — PREUVES DIRECTES ET INDIRECTES DE LA VITALITÉ DES CELLULES OBSERVÉES

Il est évident que des cellules dans lesquelles on peut percevoir les courants cytoplasmiques sont vivantes. On perçoit nettement

les courants cytoplasmiques ; les cellules en cause sont donc vivantes ; de plus, elles semblent saines. Je ne dis pas que « toutes » sont vivantes ; les cellules périphériques de la préparation, plus ou moins exposées aux actions directes de l'extérieur, ne vivent pas ou vivent trop peu de temps pour qu'il en soit tenu compte utilement. La grande masse des autres cellules ou groupes de cellules (2 ou 4) est vivante et permet l'observation des courants cytoplasmiques. Ces courants, que j'ai eu l'occasion d'examiner nombre de fois dans des matériels divers, ne sont pas comparables à ceux qu'on peut observer facilement dans les cellules de l'épiderme interne des tuniques du bulbe de l'*Allium Cepa*. Les vastes cellules de cet épiderme montrent de grandes vacuoles enfermées dans un cytoplasme réduit. Elles sont traversées par quelques trabécules de cytoplasme rayonnant du noyau vers la périphérie cellulaire. Dans ce cas, un léger changement de tonicité du milieu d'observation permet de voir un écoulement du cytoplasme dans le sens « noyau-paroi cellulaire ou paroi-cellulaire noyau, ou bien encore contre les parois cellulaires ». La présence des vacuoles canalisant le cytoplasme clair, aqueux, permet de préciser le sens des courants. Dans le cas des cellules mères des grains de pollen chez le *Lilium candidum*, il n'y a pas de vacuoles visibles. On voit un noyau, plus ou moins central, plongé dans un cytoplasme dense, sans discontinuité apparente d'aucune sorte ; ce cytoplasme paraît très visqueux. Dans un fond de substance optiquement homogène, transparent, existent des granulations infiniment nombreuses et extrêmement fines ; d'autres, plus fortes, d'apparence sphériques, et, enfin, des corpuscules très réfringents et irréguliers de forme et de grandeur, quelquefois gênants pour l'observation à certaines périodes où leur développement atteint son maximum. Les gros corpuscules réfringents, les granulations moyennes sont apparemment immobiles. Les très fines granulations se déplacent avec une rapidité considérable. Elles se présentent comme une fine émulsion formant des sortes de tourbillons dans la substance fondamentale hyaline qui les entraîne. Il m'a été impossible de représenter ces courants qui n'ont pas de sens déterminé, mais paraissent indiquer une grande intensité de vie. J'ajoute qu'on ne peut pas confondre ces courants avec des mouvements browniens qui, eux, donnent l'impression

d'une trépidation et non pas d'un écoulement. J'ai cru pouvoir qualifier de vivantes les cellules dans lesquelles j'ai constaté ces courants cytoplasmiques, et, par suite, de vivants aussi les aspects nucléaires qu'elles offrent à l'observation, même sans avoir vu ceux-ci évoluer vers des aspects différents successifs.

Ces mouvements ne sont pas la seule preuve qui autorise à considérer comme vivantes les cinèses réductrices mâles du *Lilium candidum* L. observées suivant la technique simple que je viens d'exposer.

Si l'on s'en rapporte aux connaissances qu'on possède déjà, de façon certaine, sur la chromatine et le fuseau à l'état vivant, l'aspect des éléments chromatiques et, aussi particulièrement celui de la figure achromatique apportent de fortes présomptions en faveur de la vitalité des cellules observées.

On sait que la chromatine vivante présente un indice de réfraction très proche de celui du caryoplasme. Dans le cas présent, cet indice de réfraction ne permet des observations assez nettes qu'en raison du volume des noyaux, de la grandeur des éléments qui les constituent. L'observation est aussi facilitée par le fait que, pendant le développement de ces stades évolutifs des cinèses sexuelles, les deux colloïdes nucléaires principaux: le colloïde linien et le colloïde caryoplasmique sont localisés d'une manière assez précise l'un par rapport à l'autre. L'on n'a pas, dans ces noyaux, le champ étroit et encombré qu'on trouve dans les noyaux somatiques. On peut voir varier cet indice de réfraction des deux colloïdes nucléaires en présence, colloïde amorphe et colloïde figuré, lorsqu'on abandonne à elle-même une préparation pendant un temps prolongé (une heure et demie, deux heures). Les figures se précipitent comme si l'on introduisait sous la lamelle un fixateur tel que le liquide de BOUTIN.

Quant à la figure achromatique (fuseau ou figure d'union des noyaux fils en voie de reconstitution), malgré la grandeur des éléments cellulaires observés, on la devine plutôt qu'on ne la voit. Le cytoplasme serait dépourvu d'inclusions, peut-être la distinguerait-on un peu mieux, mais, même dans ce cas, je crois qu'on la verrait très mal. Tout ce qu'on en peut dire, c'est qu'elle a la forme générale des figures achromatiques après fixation, moins l'aspect

fibrillaire de ces dernières. Elle est plus transparente que le reste du cytoplasme, parce que, manifestement, elle n'en contient pas les inclusions. Or on sait que la figure achromatique est optiquement homogène à l'état de vie. Si l'on ne fait pas intervenir une fixation qui la conserve avec cette apparence, par exemple le formol neutre à 8 p. 100, abandonnée à elle-même, elle prend progressivement une structure fibrillaire. Ce nouvel aspect provient d'ailleurs, à mon avis, d'une structure voisine naturelle préexistante, mais indécélable sur le vivant. On s'expliquerait mal, en effet, me semble-t-il, les insertions évidentes des chromosomes, les manifestations non moins évidentes de tractions exercées sur les chromosomes de la méta-anaphase visibles tout particulièrement pendant les cinèses réductrices.

Ces présomptions en faveur de la vitalité des figures observées et décrites, sans être données comme des preuves absolues de vie, n'en conservent pas moins une valeur démonstrative, disons atténuée si l'on veut, mais cependant valable.

De fait, il y a mieux. Je n'ai pas vu évoluer la série des stades des deux cinèses réductrices parce que les phénomènes cinétiques, dans ce matériel spécial d'observation ont une durée trop longue. Cependant, j'ai assisté au moins au fonctionnement du nucléole là où il possède une grande masse et une grande activité; dans les noyaux prophasiques jeunes de la première cinèse.

Pendant cette période de grande activité du nucléole, on constate que celui-ci est très étendu et contient des vacuoles en nombre inusité durant les autres phases cinétiques sexuelles ou somatiques. J'ai insisté déjà sur cette activité très grande du nucléole à propos du *Fritillaria imperialis* L. vers le même moment de la cinèse hétérotypique. Chez le *Fritillaria*, ce phénomène, étudié sur du matériel fixé, est plus ample que dans le cas présent, et son maximum se produit plus tôt que chez le *Lilium candidum* L. Quoi qu'il en soit, chez le *Lilium candidum*, ces vacuoles se forment sous le regard de l'observateur, se dilatent, se déplacent et viennent s'ouvrir à la périphérie. Ce phénomène, assez facile à voir à ce moment de la cinèse des cellules mères du pollen chez le lis blanc est bien connu depuis les origines, ou presque, de la cytologie nucléaire. C'est ainsi que BALBIANI, en 1864, décrit, dans du maté-

riel animal vivant, exactement le même fait encore plus accentué. Or, pendant tout le temps que peut durer une observation vitale de ces phénomènes physiologiques dans le nucléole, trente à quarante-cinq minutes dans les préparations confectionnées suivant la technique que j'ai exposée précédemment, on ne constate (ou plutôt je n'ai constaté) aucun mouvement dans la linine au stade pachytène. Le noyau pourtant est, me semble-t-il, incontestablement vivant, au moins pendant ce temps-là. On pourrait être tenté de réduire toute la série des observations et des dessins que je présente à ce seul stade, retenu parmi tous les autres, parce que je me suis attaché à suivre une période de l'évolution nucléolaire. On serait pourtant encore obligé d'admettre que, le fait d'avoir dessiné une figure immobile apparemment, en ce qui concerne le système chromosomique, n'est pas incompatible avec la vie. Il serait alors permis seulement de dire que l'évolution chromosomique est trop lente pour être observable sur des préparations telles que je les ai confectionnées. C'est tout ce que je désire démontrer.

Cytoplasme vivant, nucléole vivant emportent, en y ajoutant les présomptions de vie apportées par la figure achromatique et l'aspect de la linine chromosomique, la conviction que j'ai bien figuré des stades vivants, quoique apparemment immobiles.

J'ajouterai, pour mémoire seulement, une dernière preuve de la vitalité incontestable du matériel qui m'a servi à établir la série des stades cinétiques. Le cytoplasme remplit complètement la cavité délimitée par la membrane cellulaire et ne présente pas de vacuoles visibles. On peut réaliser sur ces cellules les expériences de plasmolyse réversible. C'est tout ce que je dirai au sujet de cette dernière preuve de vitalité du matériel observé n'ayant pas fait systématiquement ces expériences.

Je comptais d'ailleurs continuer l'étude des étamines du *Lilium candidum* pendant le printemps et l'été 1929, j'en ai été empêché par l'hiver rigoureux qui a supprimé complètement la floraison de cette espèce dans le jardin botanique de Nancy. C'est une question que je pense reprendre lorsque l'occasion favorable se représentera.

§ 3. — EFFETS DES LIQUIDES FIXATEURS

Outre l'étude vitale des cinèses polliniques, j'ai observé aussi, mais pas de façon systématique, l'effet produit par le FLEMMING, le CHAMPY, le BOUIN, le DUBOSQ-BRASIL et le vert de méthyle acétique, ces fixateurs accentuent les structures vues vitalement. Elles ne les créent pas dans le cas du *Lilium candidum*. Elles font apparaître des fibres dans la figure achromatique.

§ 4. — OBSERVATION ET REPRÉSENTATION DES FAITS

Toutes les préparations ont été observées en lumière artificielle (lampe électrique de REICHERT) à l'aide du microscope KORITSKA (binoculaire), les oculaires compensateurs 6 et l'objectif à sec n° 7.

Pour rendre, autant que possible, l'aspect vrai des éléments cellulaires et de leur contenu à l'état vivant, j'ai exécuté les dessins reproduisant le matériel vivant sur le papier procédé grisé ligné système GILLOT. Ce papier permet d'obtenir toute la gamme des tons du blanc éclatant au noir le plus accentué. Les corps réfringents contenus dans les cellules sont sculptés au grattoir dans l'épaisseur même du papier. Les différences de tons sont rendues par grattage plus ou moins accentué du fond grisé-ligné du papier. Les fines granulations dont il m'a été impossible de donner une impression absolument exacte sont figurées par un pointillé noir. J'ai enfin accentué les contours des membranes par un trait sculpté chez les jeunes cellules, relevé d'un trait à l'encre de Chine. La membrane générale qui contient les dyades ou les tétrades a été figuré en blanc-plat, relevé par un trait externe à l'encre de Chine.

Ces explications et discussions préliminaires ayant pour but d'établir la valeur des observations faites étant posées, nous allons passer à la description des faits proprement dits. Nous verrons ensuite quelles conclusions peuvent en découler.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES FAITS D'OBSERVATION

Nous diviserons naturellement cette étude en deux paragraphes qui s'imposent par le fait même de l'évolution des cellules mères du pollen jusqu'à la différenciation des grains de pollen.

Dans le premier, nous examinerons les phénomènes de la division hétérotypique; dans le second, nous observerons l'évolution de la cinèse homéotypique et la différenciation du grain de pollen.

*Article premier***Division hétérotypique (Cinèse I)**

La division hétérotypique, de beaucoup la plus intéressante, est aussi la plus longue. Elle comporte :

- 1° Une prophase dont la durée est considérable avec ses stades :
 Prosynaptique,
 Leptotène,
 Zygotène,
 Pachytène,
 Strepsitène,
 de Seconde contraction;
- 2° Une diacinèse, beaucoup plus courte, pendant laquelle les dichromosomes atteignent leur maximum de différenciation;
- 3° Une métaphase;
- 4° Une anaphase un peu plus longue;
- 5° Et une télophase qu'il faut scinder en deux stades :
 le stade du tassement chromosomique,
 et le stade de l'écartement des chromosomes;
- 6° Une courte interphase sert de conclusion à la cinèse hétérotypique.

§ I. — PROPHASE

a) *Stade prosynaptique*. — Les figures 1 et 2, dessinées d'après ce stade prophasique, présentent deux états différents du système chromosomique. La première, plus jeune que la seconde, montre

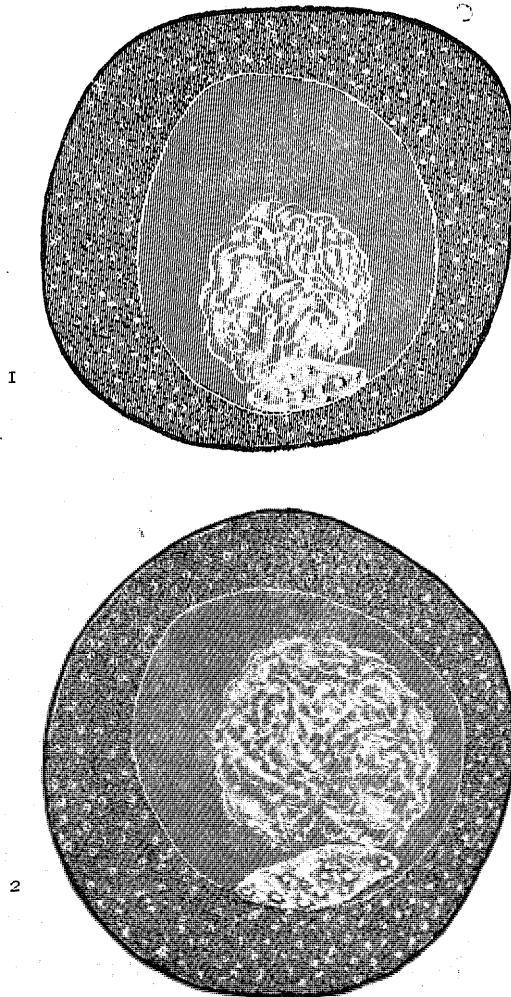


Fig. 1 et 2

Cellules mères des grains de pollen vers la fin du stade prosynaptique
Système chromosomique contracté
Cytoplasme finement granuleux

un amas de linine contracté au maximum, semble-t-il. On peut pourtant y distinguer des replis cérébelliformes. A cet état, je n'ai pas vu de ponctuations sur les replis spirématisés.

Le nucléole est pourvu de vacuoles assez nombreuses, bien visibles, dont on peut suivre l'évolution jusqu'à l'évacuation de leur contenu dans le caryoplasme.

Le cytoplasme est granuleux. Il montre une poussière dense de ponctuations très fines entraînés dans les courants cytoplasmiques. La substance fondamentale est hyaline, optiquement vide. Il existe aussi des granulations assez fines encore, mais cependant déjà de grande taille comparées aux ponctuations dont je viens de parler. Ces granulations représentent sans doute les chondriosomes et les sphérosomes.

La deuxième figure représente un état un peu plus avancé. Le peloton chromosomique est plus dilaté, et l'on peut voir qu'il porte une série de granules plus ou moins gros faisant corps avec les filaments chromosomiques.

Le nucléole est aussi plus étalé et dans un état d'activité plus

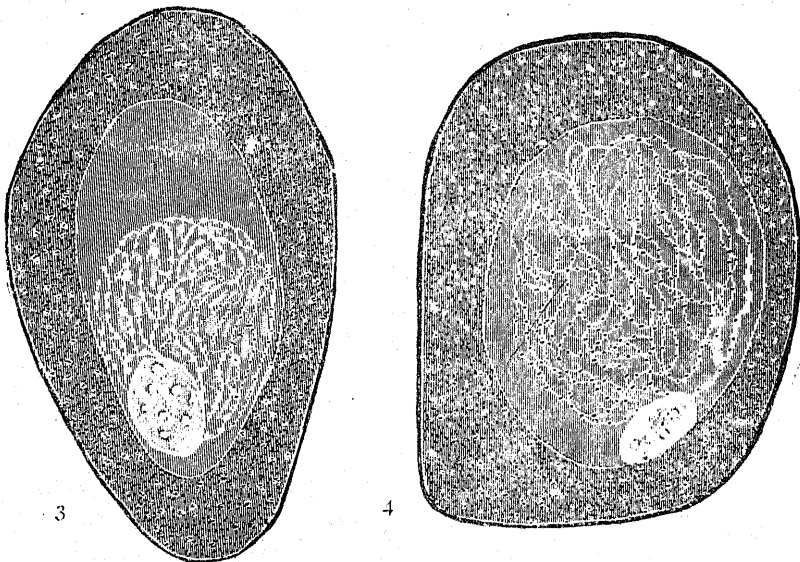


Fig. 3. et 4.

Stades leptotène et leptozygotène.

Extension progressive du système chromosomique.

considérable, ainsi qu'en témoigne le nombre plus grand que précédemment des vacuoles hyalines dont il est bourré.

Le cytoplasme ne montre pas de différence de structure avec la figure précédente.

b) *Stade leptotène*. — La figure 3, qui représente ce stade, montre les filaments chromosomiques plus précis. Chacun de ces filaments porte une série de ponctuations de taille moyenne.

Le nucléole reprend sa forme sphérique. Il contient toujours des vacuoles dont le nombre tend à diminuer, indiquant un ralentissement de son activité sécrétrice.

Le cytoplasme a le même aspect que pendant le prosynapsis. Il contient les mêmes inclusions qui ne semblent pas avoir évolué.

c) *Stade zygotène*. — Je rapporte la figure 4, assez proche de la précédente au stade zygotène, cependant je ne pourrais pas affirmer qu'on voit les chromosomes filamenteux en voie d'accouplement certain. Quoi qu'il en soit, il est hors de doute que l'évolution prophasique est plus avancée que dans la figure 3, les filaments sont en voie d'extension, plus nettement granuleux. Quelques anses semblent parallèles. Elles n'occupent pas encore toute la cavité du noyau, mais on a l'impression qu'elles se déploient.

Le cytoplasme et ses inclusions ne montrent pas de différences sensibles avec la précédente figure. Le nucléole est un peu elliptique et situé contre la membrane nucléaire.

d) *Stade pachytène*. — Si le stade zygotène (fig. 4) est douteux, par contre, le stade pachytène, lui, ne l'est pas du tout. On voit bien sur la figure 5 les gros cordons chromosomiques épais, chargés de nodules assez rapprochés les uns des autres. Ils occupent, à ce stade, toute la cavité du noyau.

A ce moment, le nucléole est revenu au centre du noyau et contient quelques vacuoles.

Les inclusions cytoplasmiques ne changent pas encore d'allure. On a toujours le fond de substance hyaline, les fines granulations et les granulations probablement mitochondriales et sphérosomiques.

e) *Stade strepsitène*. — Représenté par les figures 6 et 7. Ces figures rapportées au stade strepsitène ne sont pas absolument

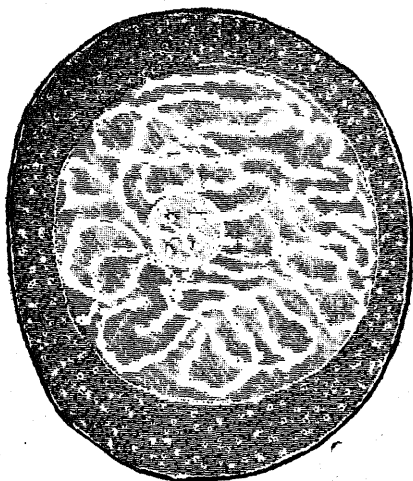


Fig. 5.

Pachynema.

Extension au maximum du système chromosomique.

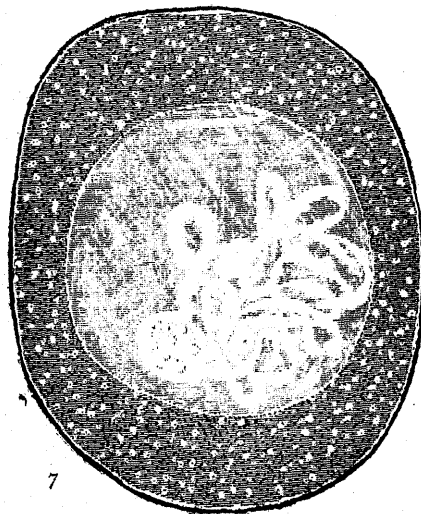
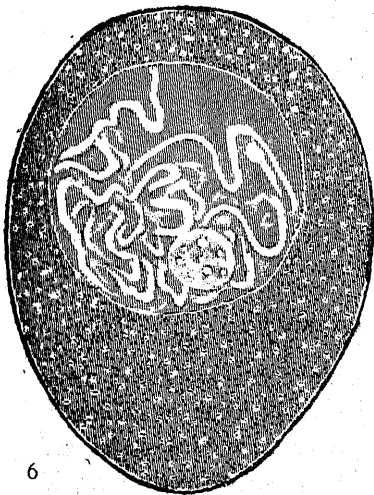


Fig. 6 et 7.

Stades intermédiaires entre les figures:
Pachytène et de seconde contraction.

caractéristiques, elles procèdent pourtant certainement du stade pachytène. Les cordons chromosomiques sont très épais, mais je n'ai pas pu distinguer de délacement des chromosomes accouplés du pachynéma. En tous cas, il y a certainement un commencement de contraction de l'ensemble des anses plus accentué en 7 qu'en 6. Cette figure, sans doute possible, prépare le stade de seconde contraction. Les nodules spirématisés subissent un effacement qui les rend difficiles à voir.

Les nucléoles ne changent pas de forme.

Le cytoplasme présente toujours le même aspect.

f) *Stade de seconde contraction* (fig. 8). — Cette figure ne peut laisser aucun doute sur la place qu'elle doit occuper dans l'évolution prophasique hétérotypique. Elle montre une douzaine de grosses

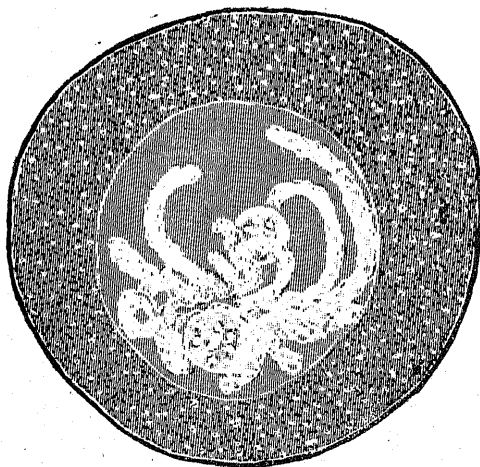


Fig. 8.

Seconde contraction bien caractérisée.

boucles épaissés dont les deux composants chromosomiques peuvent être encore malaisément perçus, ce qui explique la difficulté de les voir au stade précédent. On se rend compte à ce stade que les chromosomes ne sont pas lisses; ils semblent couverts d'aspérités.

Les nucléoles n'occupent pas de position très définie, ils sont engagés dans le lacis des anses chromosomiques.

Le cytoplasme est inchangé en apparence.

§ 2. — DIACINÈSE

a) *Stade de prodiacinèse* (fig. 9). — A ce stade les douze dichromosomes sont distincts les uns des autres très nettement. Ils sont très raccourcis, mais il est encore difficile d'en voir les deux bran-

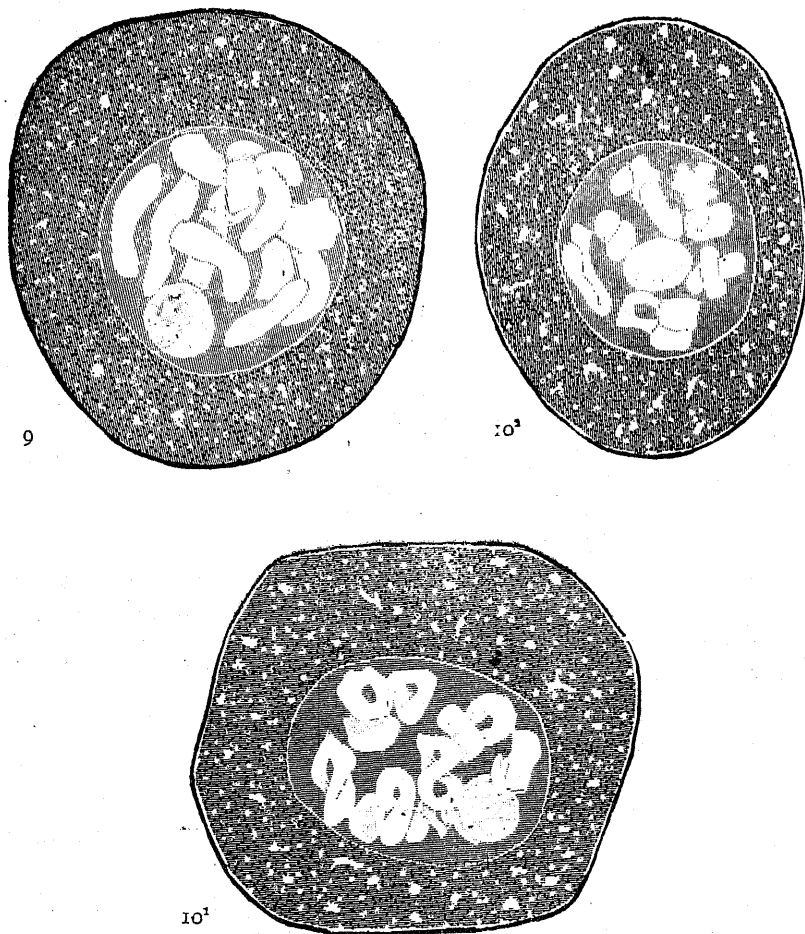


Fig. 9, 10¹ et 10²
 Stades de prodiacinèse (9) et d'eudiacinèse (10¹ et 10²).
 Dichromosomes typiques
 comparables exactement à ceux d'une diacinese fixée.
 Augmentation de taille de certains corpuscules du cytoplasme.

ches ; tout ce qu'on en peut dire, c'est qu'on les devine plus qu'on ne les voit.

Le nucléole ne change pas d'aspect.

La membrane nucléaire est toujours présente.

Le cytoplasme garde sa morphologie antérieure.

b) *Stade d'endiacinèse* (fig. 10¹ et 10²). — A ce moment de l'évolution prophasique, les deux chromosomes entrant dans la composition des gémini sont en général bien distincts l'un de l'autre. On peut souvent compter les dichromosomes sans grandes chances d'erreur. Ils affectent un certain nombre de formes : en o, en 8, en croix, en crochet ou bien encore restent massifs.

Le nucléole présente des signes de dégénérescence plus ou moins accentués suivant les noyaux considérés.

Quant aux corps figurés contenus dans le cytoplasme on commence à percevoir une légère différence avec ceux des stades précédents. On voit toujours un fond hyalin, de fines granulations en poussières, les granulations mitochondriales (?), mais, en outre, des corpuscules plus forts, très réfringents, de forme variable.

§ 3. — MÉTAPHASE HÉTÉROTYPIQUE

a) *Stade statique* (fig. 11, 12¹ et 12²). — Je n'ai pas vu la disparition de la membrane nucléaire ; la figure 11 est déjà une métaphase bien caractérisée. A ce stade, il est difficile de distinguer très nettement tous les chromosomes qui forment la plaque équatoriale. Ceux qu'on voit sur cette figure présentent les aspects caractéristiques des préparations fixées.

Le nucléole est disparu.

L'observation des chromosomes est gênée par la grande quantité de corpuscules très réfringents, de grande taille et irréguliers qui sont répandus dans le cytoplasme et masquent parfois des chromosomes ou bien présentent avec ceux-ci une ressemblance assez accentuée. A ce moment de la cinèse hétérotypique, le cytoplasme en est envahi assez brusquement. C'est aussi à ce stade qu'ils atteignent le maximum de leur volume. Les autres corpuscules sphériques de nature probablement mitochondriale et sphérosomique, sont

toujours présents, ainsi que la fine poussière granuleuse et le cytoplasme hyalin.

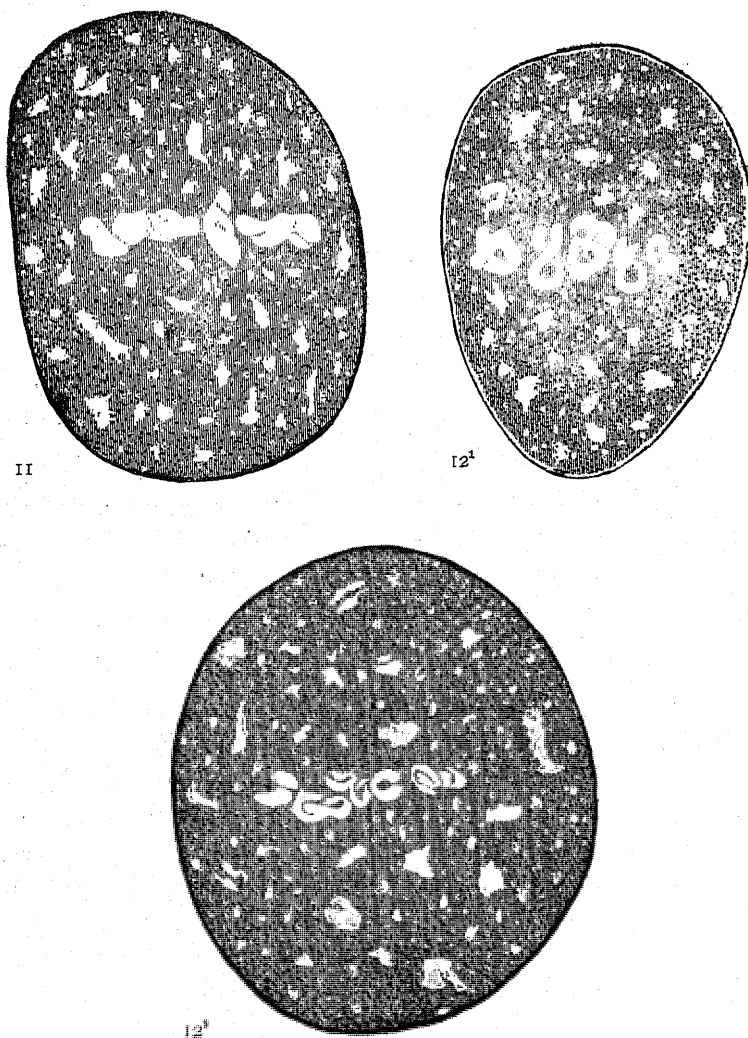


Fig. 11, 12¹ et 12²
Métaphases hétérotypiques.
Dichromosomes présentant les formes classiques
des préparations fixées au même stade.
Cytoplasme rempli de gros corpuscules réfringents.

Cette phase qui, dans les préparations fixées, offre un magnifique fuseau achromatique à son maximum de différenciation, ne montre rien de semblable dans les préparations vitales. On devine seulement, et de manière passablement vague, une aire de forme assez difficile à apprécier. On se rend compte qu'elle ne contient ni granulations, ni corps figurés, encore qu'il soit difficile de l'affirmer absolument. On voit simultanément le cytoplasme qui enveloppe cette aire hyaline et contient un grand nombre de corps figurés.

Jusqu'ici, toute la série des figures présente une propriété commune; la membrane cellulaire est très mince.

b) *Stade du dédoublement* (fig. 13¹, 12², 13³). — Ces trois figures nous montrent la séparation des chromosomes géminés. Une partie se dirige vers un pôle, l'autre vers le pôle opposé. Il semble que les chromosomes soient beaucoup moins réfringents pendant cette période de l'évolution cinétique du noyau que pendant les autres périodes.

La figure achromatique est toujours à peine perceptible. On voit seulement une aire plus claire, allongée suivant un axe perpendiculaire au plan équatorial qui contient les chromosomes. L'extrémité distale des chromosomes est amincie; au contraire, les extrémités des branches des gémini encore en contact entre elles sont assez épaisses.

Il m'a été impossible de voir plus de cinq à six dichromosomes en voie de dédoublement. Cette difficulté de distinguer les chromosomes paraît être la conséquence d'un accroissement considérable de taille pour certains corps figurés contenus dans le cytoplasme. Ces corps figurés atteignent facilement la taille d'un chromosome. Ces derniers en deviennent plus difficiles à distinguer quand ils ne sont pas même masqués complètement. En tous cas, ceux que j'ai pu voir ont la même forme que celle qui est révélée par la fixation et la coloration.

§ 4. — ANAPHASE

Les figures 14 et 15 représentent deux moments de l'anaphase. La figure 14 montre l'instant où les deux moitiés des gémini viennent de se séparer.

Après le dédoublement des dichromosomes métaphasiques, chacune de leurs moitiés jumelles accomplit son ascension vers les

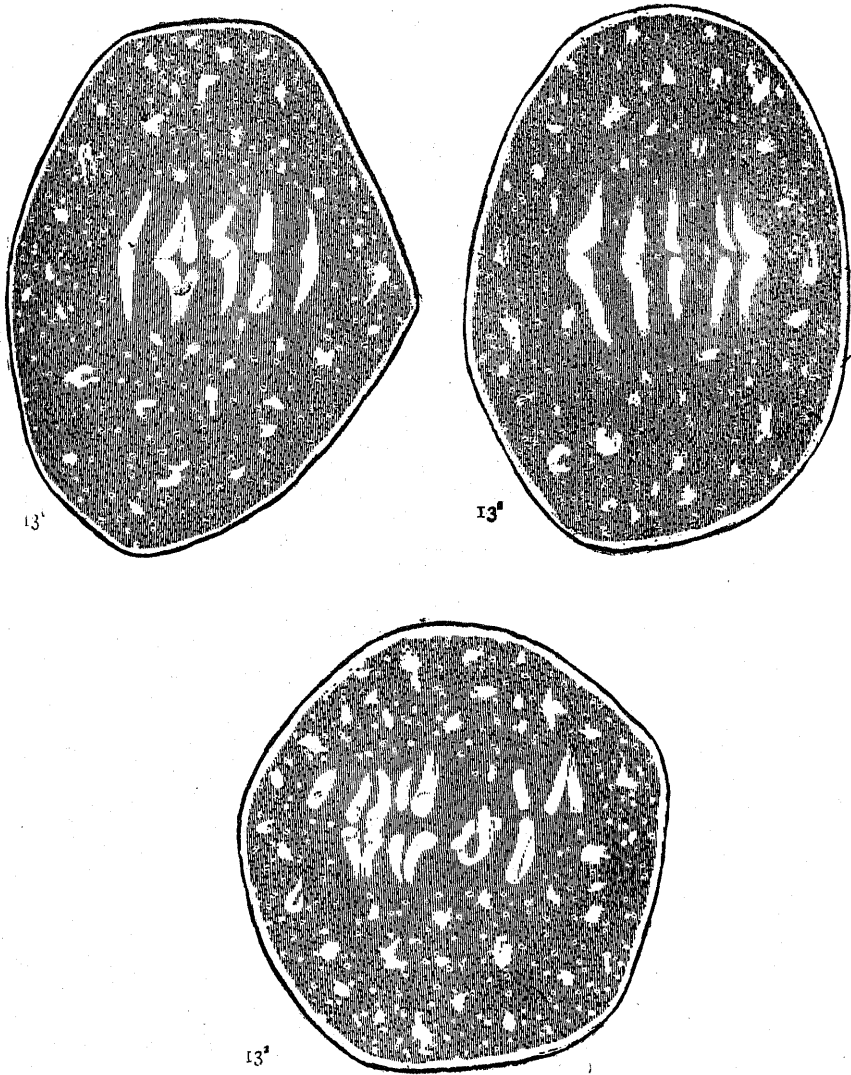
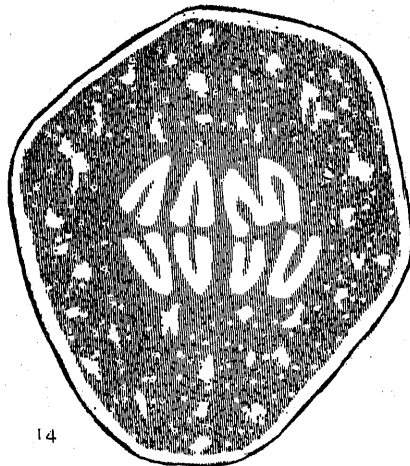


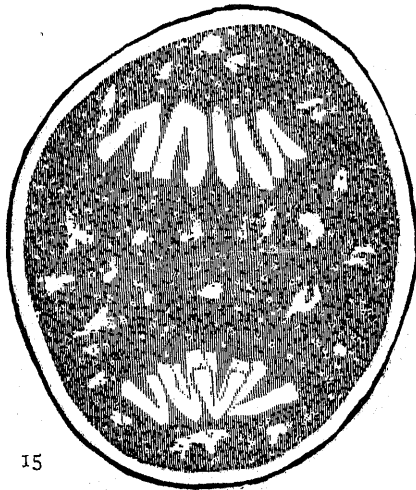
Fig. 13¹, 13², 13³.
Séparation des chromosomes métaphasiques
étirés dans le sens de la longueur.

pôles de la cellule. Il est difficile de voir les chromosomes des plans optiques profonds, mais ceux de la surface sont assez nets et ne se distinguent pas morphologiquement de chromosomes fixés du même stade.

Il m'a été impossible de voir les fibres d'union de la figure



14



15

Fig. 14 et 15.

Anaphases à deux stades d'avancement différent.
Épaississement marqué de la membrane.

achromatique et les fibres polaires du fuseau. On devine seulement la forme générale de ces organismes cellulaires de la cinèse.

La figure 15 a été dessinée sur une fin d'anaphase. Les chromosomes sont arrivés aux deux pôles de l'axe fusorial, et l'on pourrait même peut-être dire que la télophase est commencée. Il n'y a aucune trace de fibres d'union entre les deux groupes chromosomiques, mais seulement une aire quelque peu indécise de forme, plus transparente que le reste du cytoplasme.

Le cytoplasme, à ce stade, présente la même constitution qu'à la métaphase : substance fondamentale hyaline, poussière de très fines granulations, granules de petite taille, nombreux corps figurés très réfringents de forme irrégulière.

La figure 15 commence à présenter un phénomène que nous retrouverons maintenant régulièrement chez tous les stades suivants de la division I et tous ceux de la division II. La membrane commence à s'épaissir, et les cellules filles semblent préparer leur isolement. L'on assiste au phénomène initial qui a pour conclusion l'individualisation des quatre grains de pollen formant la tétrade née d'une cellule mère.

On distingue vaguement à l'équateur de la figure achromatique un plan coupant la cellule en deux moitiés apparemment égales.

§ 5. — TÉLOPHASE

a) *Stade du tassement chromosomique* (fig. 16). — Les deux groupes chromosomiques sur cette figure se montrent dans un état voisin du précédent. Cependant, sans être confondus en une masse, ils sont tassés les uns contre les autres. Ils ne forment pas un grumeau dans lequel serait perdue, pour ainsi dire, leur individualité propre. On conçoit évidemment qu'il existe encore entre eux une substance interstitielle dont la composition est probablement un compromis entre le caryoplasme normal et le cytoplasme puisque aucune membrane n'intervient encore pour séparer ces deux colloïdes.

La figure achromatique est toujours peu visible.

Le cytoplasme renferme encore les mêmes éléments fondamentaux, les mêmes corps figurés. Il semble entouré d'une membrane secondaire ténue.

b) *Stade de l'écartement chromosomique* (fig. 17¹ et 17²). — Le tassement auquel nous venons d'assister, assez intime quoique légèrement moins accentué peut-être qu'après les fixations, ainsi que l'ont déjà remarqué quelques cytologistes et en particulier P. Martens, fait place à un écartement manifeste des chromosomes. Il n'y a aucun doute que la figure 17¹ exprime bien un stade postérieur à celui que représente la figure 16, il y a donc eu écartement des chromosomes.

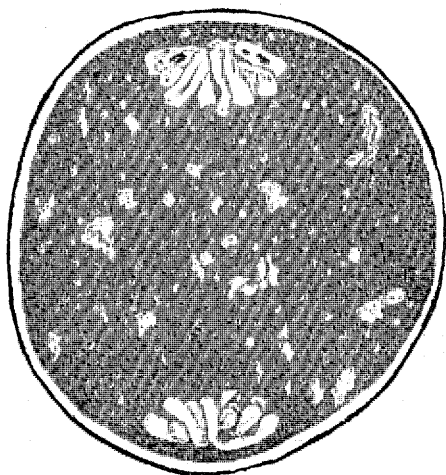


Fig. 16.

Tassement polaire télophasique.

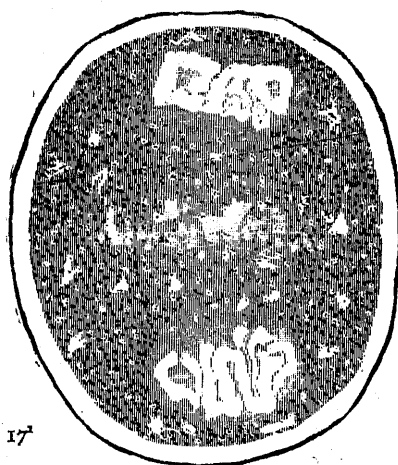
Là un fait se produit sur lequel j'étais passé sans le remarquer et que je retrouve après trois ans sur mon dessin. Je n'ai pas figuré d'anastomoses entre les chromosomes.

Les extrémités libres des chromosomes semblent avoir une tendance à prendre contact entre elles.

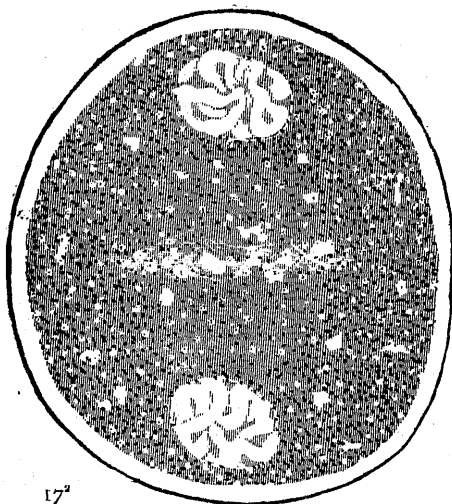
Le cytoplasme renferme encore les différents éléments figurés que nous y connaissons depuis la diacynèse, mais les gros corpuscules réfringents qui ont atteint leurs dimensions les plus fortes pendant la métaphase I sont nettement en régression, ils tendent à disparaître.

Le protoplaste, ainsi que nous l'avons déjà vu antérieurement, possède une membrane secondaire.

La membrane transversale qui doit constituer deux cellules aux



17¹



17²

Fig. 17¹ et 17²

Télophase.

Écartement des chromosomes après le tassement

dépens de la cellule mère n'est pas encore différenciée sur la figure 17. Cependant une zone plus claire s'étend entre les deux noyaux fils, élargie à l'équateur achromatique.

c) *Différenciation de la plaque cellulaire équatoriale* (fig. 18). — A ce stade, les noyaux sont reconstitués, les chromosomes sont écartés les uns des autres sous forme de gros cordons flexueux d'apparence nacréée, dont les nombreux plis sont mis en relief

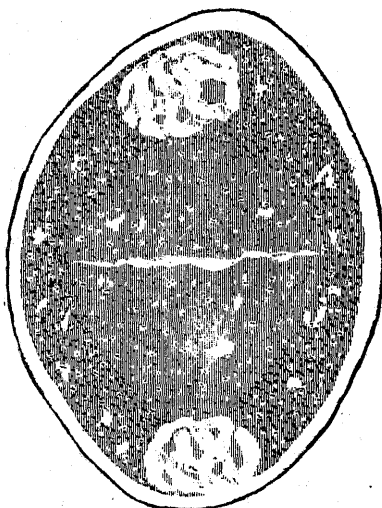


Fig. 18.

Fuseau achromatique tangent à la membrane,
visible assez nettement à cause de ce fait,
absolument homogène en apparence.
Plaque équatoriale à bords sinueux.

par des portions plus ou moins brillantes. A ce moment de l'évolution cinétique, je n'ai pas distingué de nucléole.

Le fuseau achromatique dans cette figure présente un intérêt particulier. Il se trouve que sa visibilité, bien que très atténuée toujours, est cependant un peu meilleure que d'habitude. On distingue assez bien sa forme générale. Il paraît localisé dans ce cas presque au contact de la membrane cellulaire. On le voit plongé dans le cytoplasme formant une mince couche entre lui et la membrane générale de la dyade qui achève sa différenciation. Le cyto-

plasme augmente d'épaisseur sur les bords, où il tend à masquer les limites externes du fuseau achromatique.

Le fuseau achromatique est coupé dans son plan équatorial par l'ébauche de la plaque cellulaire. Cette ébauche apparaît sous l'aspect d'une lame flexueuse sur ses bords. On dirait qu'elle est formée d'un disque mince. Elle donne l'impression d'un gel aux reflets nacrés, encore dépourvu de consistance, d'où l'aspect onduleux qu'il présente sur ses bords. Elle ne déborde pas des limites du fuseau, elle n'entrera que plus tard en contact avec la membrane primitive.

Le cytoplasme contient un nombre considérable de corpuscules sphériques de taille diverse.

§ 6. — INTERPHASE I-II

Figure 19. Pendant l'interphase, les deux noyaux fils dont les chromosomes forment des replis sans ordre apparent s'entourent d'une membrane. Entre les chromosomes on perçoit l'existence d'anastomoses. Je n'ai pas distingué de nucléole.

La cellule mère est, à ce moment, divisée en deux cellules filles

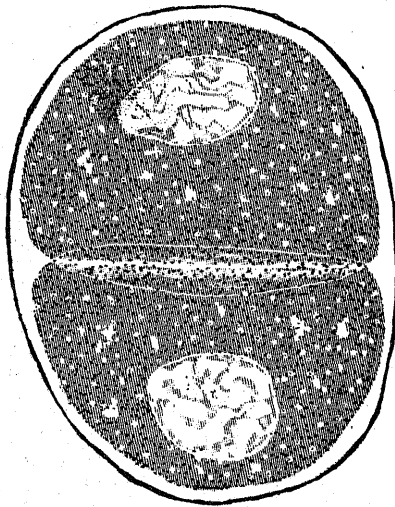


Fig. 19.

Période interphasique I-II.
Cytoplasme finement granuleux

par une membrane formée dans le plan de l'équateur primitif où existait la zone claire que nous avons vue dans la figure précédente.

Nous allons voir s'accroître dans les stades suivants l'indépendance des deux cellules filles, indépendance amorcée pendant l'interphase.

Le cytoplasme des cellules filles montre la régression très accentuée du volume des corpuscules réfringents de forme irrégulière.

Article 2

Divisions homéotypiques (Cinèse II) et postréductionnelles

§ I. — STADES CINÉTIQUES

a) *Prophase II* (fig. 20). — Pendant cette période, les noyaux deviennent assez volumineux, les chromosomes prennent une individualité marquée, les anastomoses interchromosomiques disparaissent. Dans la figure 20, la membrane nucléaire est encore bien précise. Je n'ai pas vu de nucléole dans les noyaux.

Les cellules filles ont une forme hémisphérique, elles sont visiblement indépendantes l'une de l'autre, renfermées dans la membrane primitive très épaissie qui présente souvent visibles des stries superposées.

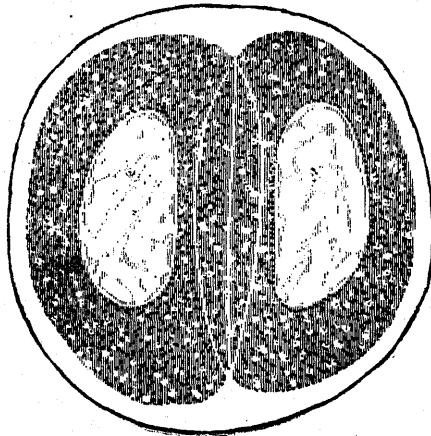


Fig. 20.

Prophase II.

Le cytoplasme paraît ne plus contenir que sa substance hyaline fondamentale, sa fine poussière de granulations, ses mitochondries et sphérosomes. Les formations réfringentes, irrégulières et de grandes dimensions remarquées jusqu'à présent, ou bien sont réduites aux mêmes dimensions que les autres granulations présentes ou bien sont disparues.

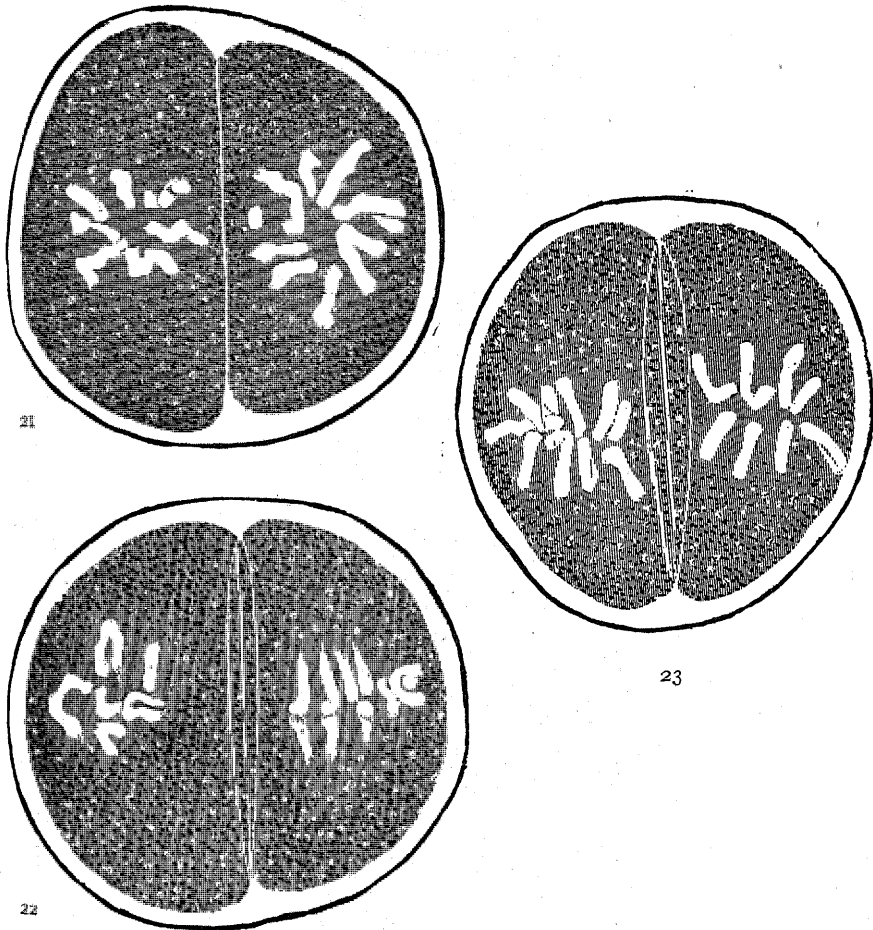
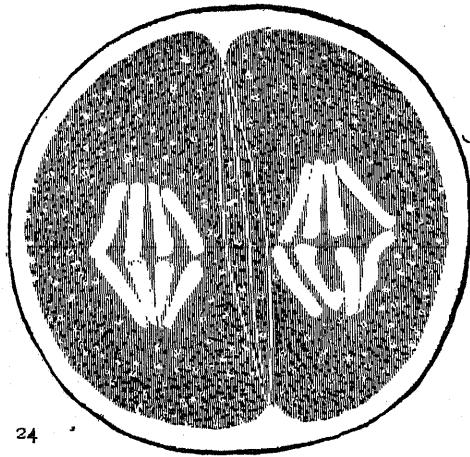


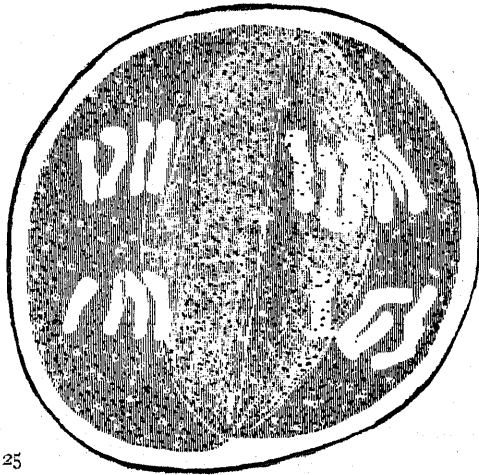
Fig. 21, 22, 23.
 Métaphases vues de face,
 de profil et à des stades différents du dédoublement.

b) *Métaphase II* (fig. 21, 22, 23). — Les deux premières figures présentent des plaques équatoriales, de face dans la figure 21, de profil dans la figure 22. Le nombre des chromosomes dessinés dans les quatre plaques équatoriales n'est évidemment pas le nombre véritable, mais je n'ai pas pu distinguer ceux qui manquent sur les figures.

La figure achromatique, comme dans les stades correspondants



24



25

Fig. 24 et 25.

Anaphases II à deux stades différents d'avancement.

de la première cinèse, est à peine visible, son existence est trahie par une aire plus hyaline que le reste du cytoplasme.

Le contenu figuré du cytoplasme reste le même dans ce stade et les suivants que dans la prophase II.

La figure 23, qu'on peut encore ranger dans la métaphase, montre

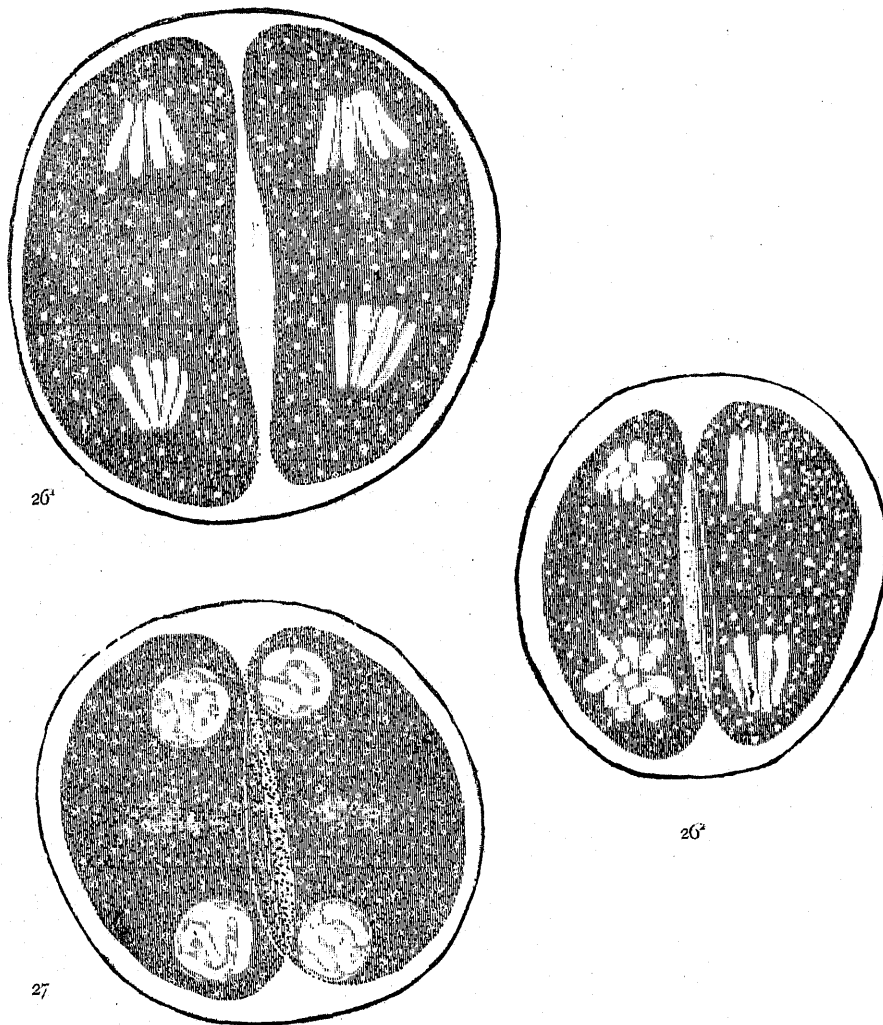


Fig. 26¹, 26² et 27.

Télophases II.

26¹ et 26², tassement polaire. 27 Ecartement des chromosomes.

la fin de ce stade marquée par la séparation des chromosomes bivalents en deux groupes opposés. Elle amorce l'anaphase.

Pour le reste, il n'y a rien à ajouter aux remarques précédentes.

c) *Anaphase II* (fig. 24 et 25). — La séparation des chromosomes en deux groupes est un fait accompli. Chacun de ces groupes monte vers un pôle de la figure achromatique qui présente les caractères déjà décrits pour le stade correspondant de la cinèse I.

Le cytoplasme ne montre rien de particulier.

d) *Télophase II*. — 1^o Stade du tassement polaire chromosomique (fig. 26¹ et 26²). Ces deux figures d'allure parfaitement classique, montrent la conclusion de l'anaphase II au moment où va commencer le tassement chromosomique.

La figure 26² présente une dissymétrie marquée entre les deux cinèses. La cinèse de gauche se fait dans un plan oblique par rapport à celui de la cinèse du côté droit, phénomène inaccoutumé. Elle est en outre intéressante parce qu'elle permet de compter le nombre haploïde des chromosomes sur le vivant de manière précise. Il y a douze chromosomes.

La figure 26¹ montre avec évidence l'indépendance réalisée entre les deux cellules filles nées de la division I et l'existence pour chacune d'elles d'une membrane propre.

Dans l'une et l'autre figure, la membrane transversale n'est pas encore différenciée.

2^o Stade de l'écartement des chromosomes (fig. 27). Les chromosomes, après avoir subi un certain tassement représenté sur les figures précédentes, s'écartent les uns des autres et la membrane nucléaire se différencie. On ne voit pas encore de membrane transversale.

Le cytoplasme ne montre pas de changement.

§ 2. — QUIESCENCE

a) *Membrane lisse* (fig. 28). — Cette figure présente différenciés les quatre grains polliniques de la tétrade, toujours contenus dans la membrane primitive de la cellule mère. Une membrane cellulaire s'est formée, passant par l'équateur des deux cellules de la

dyade pollinique. Les noyaux reprennent peu à peu la structure quiescente.

Le cytoplasme ne présente pas de changement apparent.

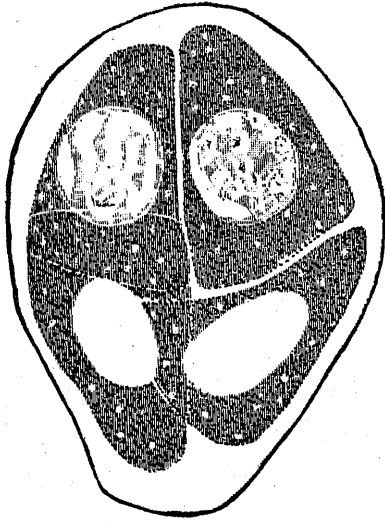


Fig. 28.

Différenciation des cloisons lisses de la tétrade pollinique.

b) *Membrane réticulée* (fig. 29). — Ce dessin représente l'état ultime que j'ai pu observer dans la différenciation des grains de pollen du *Lilium candidum*. A ce stade, la membrane individuelle de chaque grain montre une ornementation formée d'un réseau saillant à sa surface. Les crêtes ordonnées en réticule naissent dans la partie moyenne des membranes d'apparence d'abord homogène. Elles apparaissent sous forme de minuscules verrues en lignes zig-zagantes entrecroisées. Lorsque les reliefs ont atteint leur maximum de différenciation, les crêtes du réticule ont un aspect perlé d'agréable effet. Elles retiennent fortement le vert de méthyle acétique, contrairement à la membrane elle-même, qui n'est que légèrement teintée.

Le cytoplasme contient des granules de diverse taille, mais de petites dimensions.

Le noyau est formé par un enchevêtrement de cordons chromosomiques présentant des replis nombreux. Entre les replis, on

voit le caryoplasme très hyalin, dans lequel baignent un, deux ou trois nucléoles à peu près sphériques. Quelques-uns de ces nucléoles contiennent des vacuoles petites.

Puis ces structures s'accroissent. Les grains de pollen sortent des anthères.

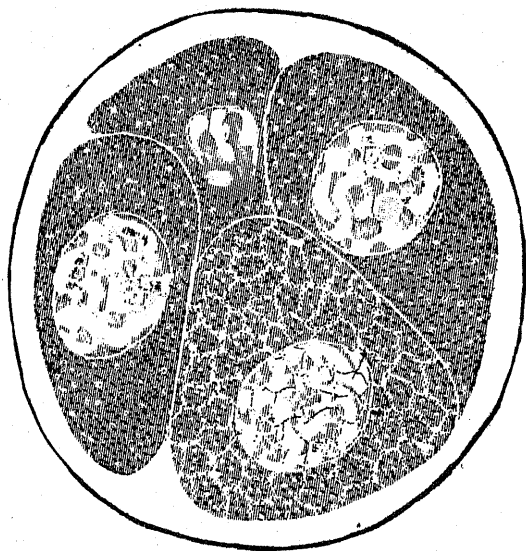


Fig. 29.

Tétrade pollinique avec cloisons réticulées-perlées.
Un grain de pollen seul est figuré avec son réseau en relief.

§ 3. — CINÈSES POSTRÉDUCTIONNELLES

Ordinairement, lorsque la cinèse II est terminée, les cellules mères du pollen marquent un temps de repos plus ou moins long; puis une nouvelle division dans chacune des quatre cellules de la tétrade pollinique donne deux noyaux. L'un d'eux, le noyau reproducteur accompagné d'un territoire cytoplasmique restreint, s'isole par une membrane, forme une cellule de dimensions minuscules plongée dans le cytoplasme de l'autre cellule dite végétative. Lorsque le pollen entre en germination, le noyau de la cellule végétative passe dans le tube pollinique, la cellule reproductrice s'engage aussi dans le tube. Le noyau végétatif conserve son état de quies-

cence; le noyau reproducteur entre en cinèse et donne deux anthérozoïdes, deux gamètes mâles qui procéderont dans le sac embryonnaire à la fécondation de l'oosphère et du noyau secondaire. Le premier couple formera l'œuf qui se différenciera en embryon. Le noyau secondaire, déjà constitué par un noyau de la tétrade synergique et un noyau de la tétrade antipodiale, formera, avec l'autre gamète mâle, le noyau père de l'albumen.

Or, chez le *Lilium candidum*, je n'ai pas vu les divisions polliniques aller au delà de la division homéotypique. Au moment où le pollen apparemment arrivé à maturité sort des sacs polliniques et se répand sur le stigmate, il ne contient en réalité qu'un noyau. Il n'est pas prêt à donner les deux anthérozoïdes réglementaires, il n'est pas apte à la fécondation.

Peut-être faut-il voir dans cette circonstance (arrêt dans le processus cytologique) la cause de la stérilité habituelle du *Lilium candidum* pourtant si répandu et si vigoureux dans nos jardins. Il est très rare, au moins dans les conditions où il se trouve ordinairement sous nos climats, que ce lis donne des fruits. Cependant le fait se produit quelquefois; j'ai eu l'occasion, en 1929 (août-septembre), d'observer quatre de ces fruits, dont deux au moins parfaitement constitués apparemment, dans le parc du Collège Saint-Paul de Mamers (Sarthe). Ils ont été malheureusement coupés avant maturité complète; je n'ai pas pu en récolter la graine pour en examiner le pouvoir germinatif. Quoi qu'il en soit, le pollen de ces lis devait avoir sa constitution normale puisqu'il avait fécondé les ovaires et donné des graines.

APPENDICE

Fonctionnement du Nucléole vivant

(Fig. 30, 31, 32.). — J'ai suivi pendant 30 à 40 minutes, à différentes reprises, les transformations du nucléole durant la longue période synaptique dans le présent matériel. Cette période est particulièrement propice à l'examen vital du nucléole qui est grand et bien visible. Les exemples que je décris ont été observés aux environs du stade pachytène. A ce moment, il y a souvent deux nucléoles. Ces nucléoles contiennent très visiblement des vacuoles dont on peut suivre la destinée sans trop de difficultés.

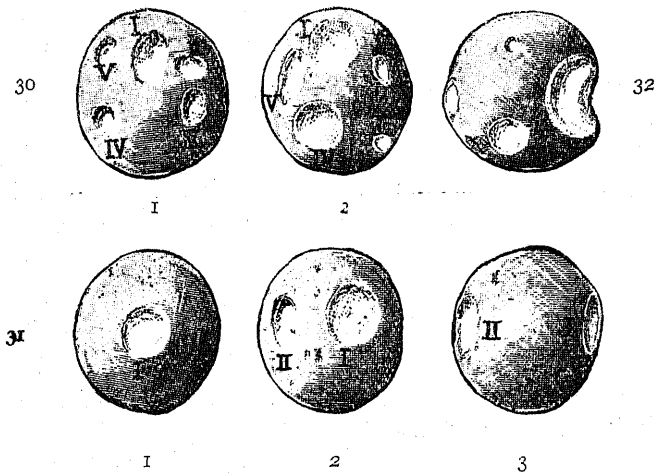


Fig. 30, 31 et 32.

Nucléoles pachytènes en activité.
Déplacements et explosion des vacuoles.

La figure 30 montre les mouvements vacuolaires à deux moments de l'observation (20 à 30 minutes d'intervalle). On voit en (2) les changements de forme et les déplacements subis par les vacuoles du même nucléole examiné et figuré précédemment en (1).

La figure 31 est plus intéressante encore, elle permet d'assister à l'éclatement des vacuoles nucléolaires, à leur ouverture dans le caryoplasme et à la naissance de nouvelles vacuoles.

La figure 32 n'a été dessinée que pour montrer le processus d'éclatement de deux vacuoles. La vacuole de droite vient manifestement de se vider, celle de gauche, plus petite, fait légèrement saillie à la surface du nucléole et va évidemment subir le même sort.

Maintenant que nous sommes en possession d'un certain nombre de faits d'observation dont la valeur a été établie, nous allons essayer d'en tirer les conséquences certaines ou hypothétiques qu'elles comportent.

CONCLUSIONS

I. — La technique employée pour obtenir des préparations vitales répond pratiquement au résultat cherché. Les cellules sont vivantes pendant un temps suffisamment long pour observer des structures réellement vitales (une demi-heure à trois quarts d'heure).

II. — Le contenu des sacs polliniques du *Lilium candidum* L. est un excellent matériel d'étude vitale des cinèses réductrices, parce que :

1° Il se présente sous la forme d'un tissu quasi-liquide dont les cellules sont faciles à disperser sans leur faire subir un traitement violent ;

2° Ce matériel est très abondant ;

3° Les cellules sont très grandes, les figures de cinèse aussi ;

4° Le liquide nourricier dans lequel sont plongées ces cellules présexuelles est relativement clair, il n'en obscurcit pas le contenu ;

5° Le contenu des cellules, lui-même presque complètement hyalin, laisse voir avec une facilité relativement grande les éléments chromatiques nucléaires qu'il enveloppe.

III. — Les stades divers des deux cinèses sexuelles (hétérotypique et homéotypique) sont contenus dans des sacs polliniques mesurant de 0 cm. 5 à 1 cm. 5 environ.

IV. — On peut distinguer quatre parties dans le cytoplasme vivant des cellules mères du pollen chez le *Lilium candidum* L.

- 1° Un liquide (?) hyalin fondamental ;
- 2° Une poussière de très fines granulations entraînées dans d'actifs mouvements tourbillonnaires ;
- 3° Des granulations petites, mais à contours définis, qui correspondent probablement aux chondriosomes et aux sphérosomes ;
- 4° Des corpuscules de forme irrégulière, assez gros, dont la masse s'accroît considérablement vers la métaphase hétérotypique et qui reprennent leurs dimensions primitives ensuite.

Ces corpuscules semblent décomposables en granulations plus petites. Ils font penser à une sorte de précipité réversible, peut-être consécutif à une variation momentanée de la charge électrique des particules en suspension dans le colloïde cytoplasmique. On est tenté, en un mot, d'imaginer un commencement de floculation de certains colloïdes pendant la période diacinèse-télophase I (ou hétérotypique). Je livre le fait aux physiciens-chimistes-biologistes qui pourront peut-être en tirer un meilleur parti.

V. — Le cytoplasme ne renferme pas de vacuoles visibles.

VI. — Le cytoplasme des cellules mères du pollen est capable des réactions expérimentales plasmolytiques sur les préparations étudiées.

VII. — L'indice de réfraction de la chromatine est très proche de celui du caryoplasme sur une préparation fraîchement faite. Il s'accroît peu à peu dans la suite, les contours chromosomiques deviennent plus nets.

VIII. — La contraction prosynaptique est naturelle parce que visible sur les préparations vitales. La cellule étant vivante, le noyau est vivant, ses structures sont vitales.

IX. — Le nucléole tend à s'étaler pendant la période prosynaptique. Il reproduit en petit ce que j'ai montré en grand chez le *Fritillaria imperialis* L., pendant la même période, dans le sac embryonnaire de cette dernière plante. Il reprend plus tard sa forme quasi-sphérique.

X. — Le stade dit de « Seconde contraction » est une figure aussi naturelle que celui de contraction prosynaptique.

C'est à ce stade seulement que j'ai pu distinguer avec certitude, quoique difficilement, la dualité des filaments chromosomiques.

XI. — Les stades : leptotène, pachytène sont évidents. Les stades zygotène et strepsitène ne m'ont pas permis de distinguer la dualité des filaments chromosomiques qui paraissent simples, bien qu'ils ne le soient évidemment pas.

XII. — La plaque équatoriale hétérotypique montre des dichromosomes exactement superposables à ceux qu'on observe dans des préparations fixées pendant le moment statique de la métaphase.

XIII. — Le stade métaphasique du dédoublement présente la résolution des dichromosomes en leurs deux composants.

Dans les préparations vitales, comme dans les préparations fixées, on se rend compte qu'il existe une traction dirigée dans le sens plaque équatoriale-pôle cinétique correspondant.

On ne voit pas d'insertion de fibres, mais on distingue le point où s'exerce la traction, le point où l'on verrait l'insertion d'un faisceau de fibrilles sur une préparation fixée.

XIV. — Pendant l'anaphase hétérotypique, comme sur une préparation fixée, l'on voit un clivage se produire dans chacun des chromosomes découplés. Ce clivage, de même nature que celui des divisions somatiques pendant la métaphase, commence pendant le dédoublement des dichromosomes ou immédiatement après.

Les deux chromosomes fils restent adhérents l'un à l'autre au point où l'on verrait une insertion fibrillaire sur du matériel fixé.

XV. — Le tassement télophasique I n'est pas complet, il existe du caryoplasme fusorial entre les chromosomes rapprochés les uns des autres.

Il ne semble pas y avoir d'anastomoses entre les chromosomes à ce stade.

XVI. — Pendant l'interphase, les deux noyaux fils nés de la division hétérotypique montrent des anastomoses interchromosomiques.

Il semble que la reconstitution des nucléoles n'a pas lieu.

XVII. — L'intercinèse I-II ne paraît pas très longue.

XVIII. — La cinèse II est exactement comparable à celles qu'on peut observer sur les préparations fixées, sauf les réserves de netteté et l'homogénéité du fuseau achromatique.

1° Prophase. — Les chromosomes reparaissent géminés reconstituant ceux de l'anaphase hétérotypique.

2° Métaphase. — Les gémini se dédoublent à l'équateur de la figure chromatique.

3° Anaphase. — Montée des deux groupes divergents simples vers les pôles.

4° Télaphase. — Tassement polaire incomplet et réapparition de nucléoles entre les replis chromosomiques.

XIX. — Le fuseau vivant chez le *Lilium candidum* paraît homogène pendant toute la durée de son existence.

XX. — La figure fibrillaire en tonnelet, reliant les deux systèmes chromosomiques de l'anaphase et de la télaphase (= les fibres d'union), présente la même forme générale sur les préparations vitales que sur les préparations fixées. Elle est apparemment homogène sur les préparations vitales.

XXI. — Le nombre haploïde des chromosomes chez le lis blanc est de 12.

XXII. — La cloison séparant les deux cellules filles nées de la cinèse hétérotypique apparaît vers la fin de l'anaphase, sous forme d'un vague éclaircissement du plan équatorial du fuseau.

L'ébauche de la plaque cellulaire apparaît ensuite, de profil, sous la forme d'une lame flexueuse sur son bord, d'aspect nacré. Elle ne dépasse pas les limites du fuseau achromatique.

XXIII. — La membrane qui enveloppe la cellule mère du pollen reste mince jusque vers la métaphase ou le commencement de l'anaphase I. Vers cette période elle s'épaissit progressivement. L'épaississement maximum est atteint lorsque la tétrade pollinique est différenciée.

L'épaississement paraît se faire par apposition, la membrane différenciée est formée de couches superposées légèrement distinctes les unes des autres, très claires ou moins claires. Ceci exprime, sans doute, l'existence de zones plus ou moins hydratées comme dans le

cas des couches alternativement claires et sombres d'un grain d'amidon de pomme de terre.

XXIV. — L'ornementation réticuliforme de la membrane définitive des grains de pollen apparaît dans la couche moyenne, avant le décollement qui amène la libération de chaque grain.

XXV. — Le cytoplasme des grains de pollen ne contient que de petites granulations entre lesquelles les différences de taille sont peu considérables.

XXVI. — Rien ne permet, sur le vivant, de faire une distinction quelconque en nucléoline et réticuline. Toutes les masses de chromatines paraissent homogènes.

XXVII. — Les liquides fixateurs de FLEMMING, CHAMPY, BOUIN, DUBOSQ-BRASIL, le vert de méthyle acétique accentuent les structures, ils ne les créent pas.

REMARQUES GÉNÉRALES

Ce travail est le développement illustré de mes notes sur l'observation vitale des cinèses polliniques dans le *Lilium candidum* L. (C.R.A. Sc. 1927 et C. R. Soc. Biol. Nancy, janvier 1931). C'est, je crois, la première fois qu'a été observée vivante la série *complète* des stades de la réduction chromosomique dont cependant R. CHODAT a décrit quelques-uns en 1924 chez le *Gymnadenia conopsea* (Stade prosynaptique, stades leptotène, pachytène, diacinèse, méta-phase, anaphase et télophase hétérotypiques). La description des faits chez le *Gymnadenia* est en parfait accord avec ce que j'ai observé moi-même dans les cellules mères du *Lilium candidum*. Je constate aussi l'accord général des résultats avec ceux qu'a publiés P. MARTENS depuis quelques années en ce qui concerne les structures apparentes des chromosomes, nucléoles, fuseaux, figure achrématique d'union des systèmes chromatiques de l'ana-télophase. Après le travail de R. CHODAT et la présente description des stades de réduction chromosomique chez le *Lilium candidum*, on peut admettre avec une quasi certitude que les études, sur matériel fixé, des mêmes faits correspondent exactement à la réalité. On peut admettre que les structures fines données par la fixation et les colorations simples ou multiples sont vraies. Qu'elles ne se distinguent de celles données par les préparations vitales que par la possibilité qu'elles offrent de pousser à fond l'analyse, relativement facile, des structures mises fortement en relief.

Je n'ai pas eu l'intention de faire œuvre critique dans les pages qui précèdent, ni même de faire la synthèse des connaissances acquises sur l'observation vitale des cinèses réductrices.

J'ai maintenu ce travail, autant qu'il m'a été possible, dans le domaine des faits *observés directement par moi* tant chez le *Lilium candidum* L., en préparations vitales, que dans mes autres préparations fixées, de différentes espèces, et en particulier du *Fritillaria imperialis* L.

Je m'estimerai satisfait d'avoir apporté quelques faits nouveaux, au moins en ce qui concerne l'espèce étudiée.

M. LENOIR. (Février 1931.)

PUBLICATIONS A CONSULTER

-
1. CHODAT R. (1924). — La caryocinèse et la réduction chromatique observées sur le vivant. — C.R. Soc. Phys. Hist. nat. Genève. Vol. 41, pp. 96-99.
 2. LENOIR M. (1926). — Evolution des chromatines. — Arch. Morph. Génér. et expér., fascicule n° 26.
 3. — (1927). — Observation vitale des cinèses polliniques dans le *Lilium candidum* L. — C.R.A. Sc. Paris, t. 184, pp. 1664-1666.
 4. — (1931). — Etude vitale des cellules mères du pollen chez le *Lilium candidum* L. — C.R. Soc. Biol. Nancy, t. CVI, p. 813-14, 10 février 1931.
 5. MARTENS P. (1927). — La structure vitale du noyau et l'action des fixateurs. — C. R. Ac. Sc. Paris, t. 184, p. 615.
 6. — — Observation vitale de la caryocinèse. — C. R. A. Sc. Paris, t. 184, p. 758.
 7. — — Recherches expérimentales sur la cinèse dans la cellule vivante. — La Cellule, t. 38, pp. 67-174.
 8. — (1928). — Les structures nucléaires et chromosomiques dans la cellule vivante et dans la cellule fixée. — Bull. Hist. appl., V., n° 6, pp. 229-252.
 9. — (1929). — Etude expérimentale des chromosomes sporocytaires dans le *Tradescantia*. — Bull. Ac. R. Belgique, Cl. Sc. XV, pp. 160-169.
 10. — — Nouvelles recherches expérimentales sur la cinèse dans la cellule vivante. — La Cellule, t. 39, pp. 169-216.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	143
PREMIÈRE PARTIE	
Étude vitale ou post-vitale?	
Valeur « a priori » de la technique opératoire et des observations.	
Preuves « a posteriori »	145
§ I. — Technique de préparation vitale	145
§ II. — Preuves directes et indirectes de la vitalité des cellules observées.	147
§ III. — Effets des liquides fixateurs	152
§ IV. — Observation et représentation des faits	152
DEUXIÈME PARTIE	
Étude des faits d'observation	153
<i>Article premier.</i> — Division hétérotypique (= Cinèse I)	153
§ I. — Prophase	154
a) Stade prosynaptique	154
b) Stade leptotène	156
c) Stade zygotène	156
d) Stade pachytène	156
e) Stade strepsitène	156
f) Stade de seconde contraction	158
§ II. — Diacinèse	159
a) Stade de prodiacinèse	159
b) Stade d'eudiacinèse	160
§ III. — Métaphase I	160
a) Stade statique	160
b) Stade du dédoublement	162
§ IV. — Anaphase	162

§ V. — Télaphase.	165
a) Stade du tassement chromosomique.	165
b) Stade de l'écartement chromosomique.	166
c) Différenciation de la plaque cellulaire équatoriale.	168
§ VI. — Interphase I-II.	169
<i>Article II.</i> — Divisions homéotypique (= Cinèse II) et postréductionnelles.	170
§ I. — Stades cinétiques.	170
a) Prophase II.	170
b) Métaphase II.	172
c) Anaphase II.	174
d) Télaphase II.	174
1° Stade du tassement polaire.	174
2° Stade de l'écartement des chromosomes.	174
§ II. — Quiescence.	174
a) Membrane lisse.	174
b) Membrane réticulée.	175
§ III — Cinèses postréductionnelles.	176
APPENDICE. — Fonctionnement du nucléole vivant.	178
CONCLUSIONS.	179
REMARQUES GÉNÉRALES	184
PUBLICATIONS A CONSULTER.	185

NOTES ILLUSTRÉES
DE
PATHOLOGIE VÉGÉTALE

par

Maurice LENOIR

Assistant de Botanique à la Faculté des Sciences de Nancy

(1^{re} Série)

Je me suis efforcé de donner dans ces notes le maximum de renseignements dans un espace aussi restreint que possible, de figurer tout ce qui peut être vu dans des préparations simples n'exigeant ni connaissances spéciales, ni manipulations compliquées.

Chaque note comprend :

- 1° Le nom d'une ou plusieurs espèces de champignons parasites.
- 2° L'étude sommaire des caractères principaux de ces espèces.
- 3 L'indication de la période annuelle de leur développement.
- 3° L'indication des meilleures conditions d'habitat et de température favorisant le développement.
- 5° L'indication de moyens rapides de préparation, de reconnaissance et d'étude des parasites.
- 6° La figuration des plantes attaquées avec l'aspect de la maladie causée par les parasites.
- 7° La représentation des principaux organes végétatifs et reproducteurs accompagnés d'échelles micrométriques (graduées en μ = millième de millimètre). Ces échelles permettent de se rendre compte rapidement des dimensions réelles des organes figurés.

En plus des connaissances proprement scientifiques que je mets ainsi à la portée de quiconque s'intéresse aux questions de pathologie végétale, les amateurs d'art trouveront, dans ces dessins rigoureusement exacts, la révélation de beautés naturelles généralement ignorées.

PLASMODIOPHORA BRASSICÆ. Wot.

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Myxomycètes.

Ordre: Phytomyxinées.

Famille: Phytomyxacées.

II. — CARACTÈRES

a) Appareil végétatif constitué par un plasmode contenant de nombreux noyaux, des grains d'amidon. Ce plasmode est endocellulaire.

b) Stades évolutifs visibles:

1° Gouttelettes protoplasmiques uni- ou paucinucléées.

2° Multiplication des noyaux et croissance des plasmodes primaires.

3° Groupement des plasmodes primaires et fusion progressive en un plasmode général.

4° Multiplication active des noyaux dans le plasmode unifié.

5° Isolement des noyaux entourés chacun d'une portion de cytoplasme aboutissant à la formation de spores.

c) Réaction de l'hôte: gigantisme des cellules radiculaires infectées formation de nœuds vasculaires ligneux désordonnés. Pourriture consécutive.

III. — DATE DE RÉCOLTE

Octobre, novembre.

IV. — PLANTES ATTAQUÉES

Crucifères.

(*Brassica Napus*, *oleracea*.)

V. — HABITAT PRÉFÉRÉ

Jardins à sol humide.

VI. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Étés, automnes pluvieux.

VII. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

a) Coupes minces dans des racines attaquées après séjour prolongé dans le formol à 5-8 %.

b) Montage dans le Groëland ou le Lacto-phénol de Amman.

c) Étude microscopique au grossissement 690.

VIII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. Racine de *Brassica Napus* attaquée.

II. Plasmodes primaires uni ou paucinucléés avec grains d'amidon et noyaux.

III. Groupement des plasmodes primaires avec grains d'amidon et noyaux.

IV. Processus de fusion des plasmodes primaires.

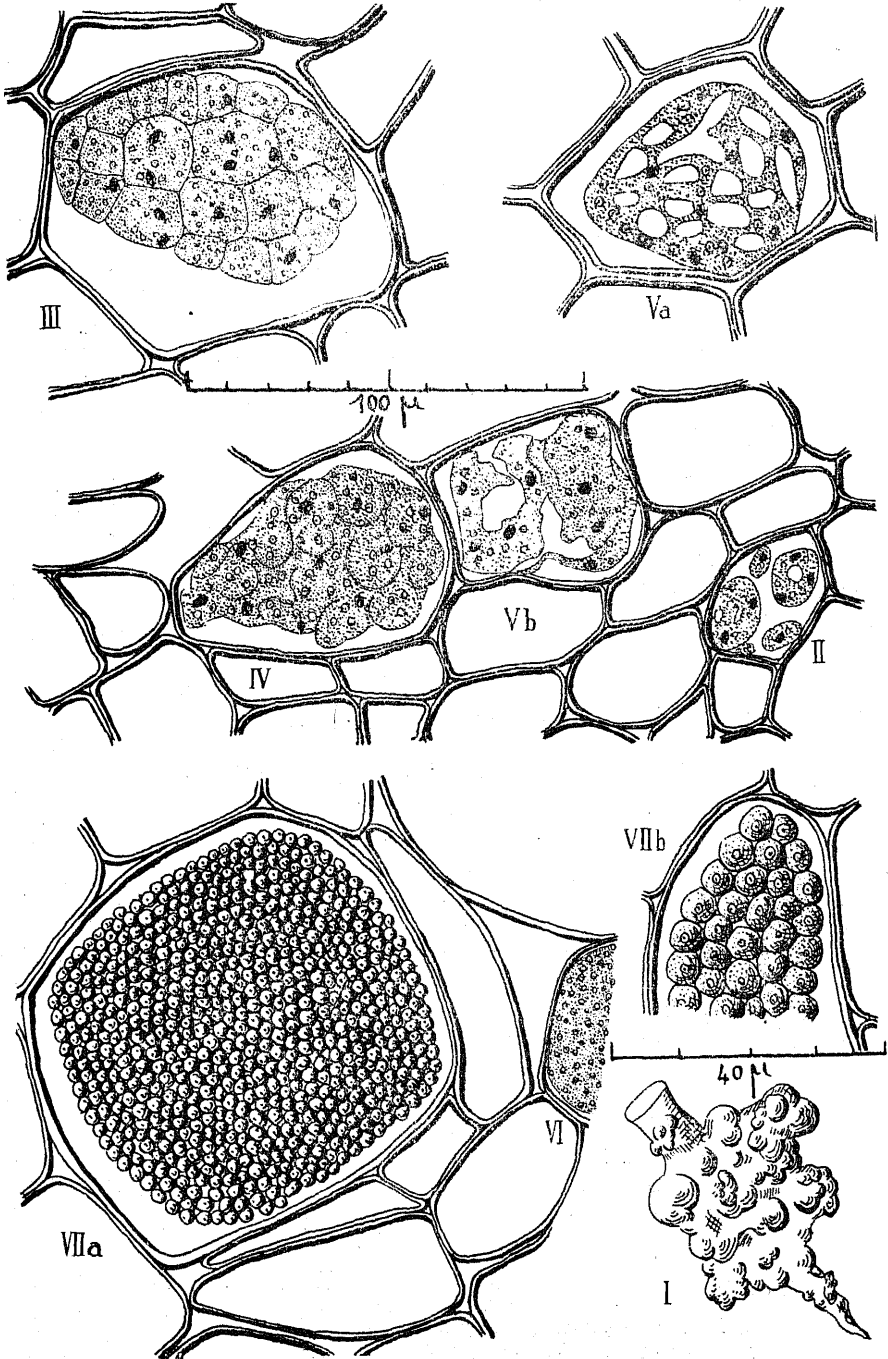
V. a. et V b. Plasmodes de fusion.

VI. Multiplication des noyaux.

VII. a) Cellule radiculaire bourrée de spores.

b) Même stade fortement grossi.

PHYTOMYXACEES



M. L. ENOIR ad. nat. del.

PERONOSPORA EFFUSA (Grev.) Rabenh.

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Oomycètes.

Ordre: Péronosporacées.

Famille: Péronosporées.

I. — CARACTÈRES

a) Mycélium intercellulaire, multinucléé, pourvu de suçoirs intracellulaires digités.

b) Appareil conidien (Type Mildiou) formé de rameaux assez grêles légèrement flexueux, terminés par deux ramuscules un peu recourbés, aigus portant une conidie-sporange ovale. Le tronc commun d'où partent les rameaux secondaires a une longueur de $\frac{2}{3}$, la partie ramifiée ayant $\frac{1}{3}$ de la longueur totale. Les conidiophores sortent des stomates, sur la face inférieure de la feuille soit isolément, soit par groupes de 2, 3, 4. Longueur 4 à 5 dixièmes de millimètre. Les conidies mesurent $25 \times 30 \mu$.

Œufs différenciés dans les tissus de la feuille à l'intérieur de la membrane de l'oogone qui devient plissée, forme des crêtes, l'ensemble rappelant un pois vert en voie de dessiccation. La membrane de l'œuf est très épaisse et jaunâtre ou brunâtre. Dimensions 25 à 30×30 à 35μ .

III. — DATE DE RÉCOLTE

Mai, juin, juillet.

IV. — PLANTES ATTAQUÉES

Chénopodiacées (*Spinacia*, *Chenopodium*, *Atriplex* etc...)

VI. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Ombre et humidité.

VI. — HABITAT PRÉFÉRÉ

Bord des routes (poussières et spores).

VII. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

a) Arrachement d'épiderme et de cellules du mésophylle donnant séparément ou simultanément les conidiophores en place, des conidies et les œufs.

b) Montage, Groënländ.

c) Grossissements: 420, 680, 1.200.

VIII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. *Conidiophore*:

a) Tronc commun.

b) Stomate.

c) Conidie sporange.

II. *Conidie sporange* très grossie.

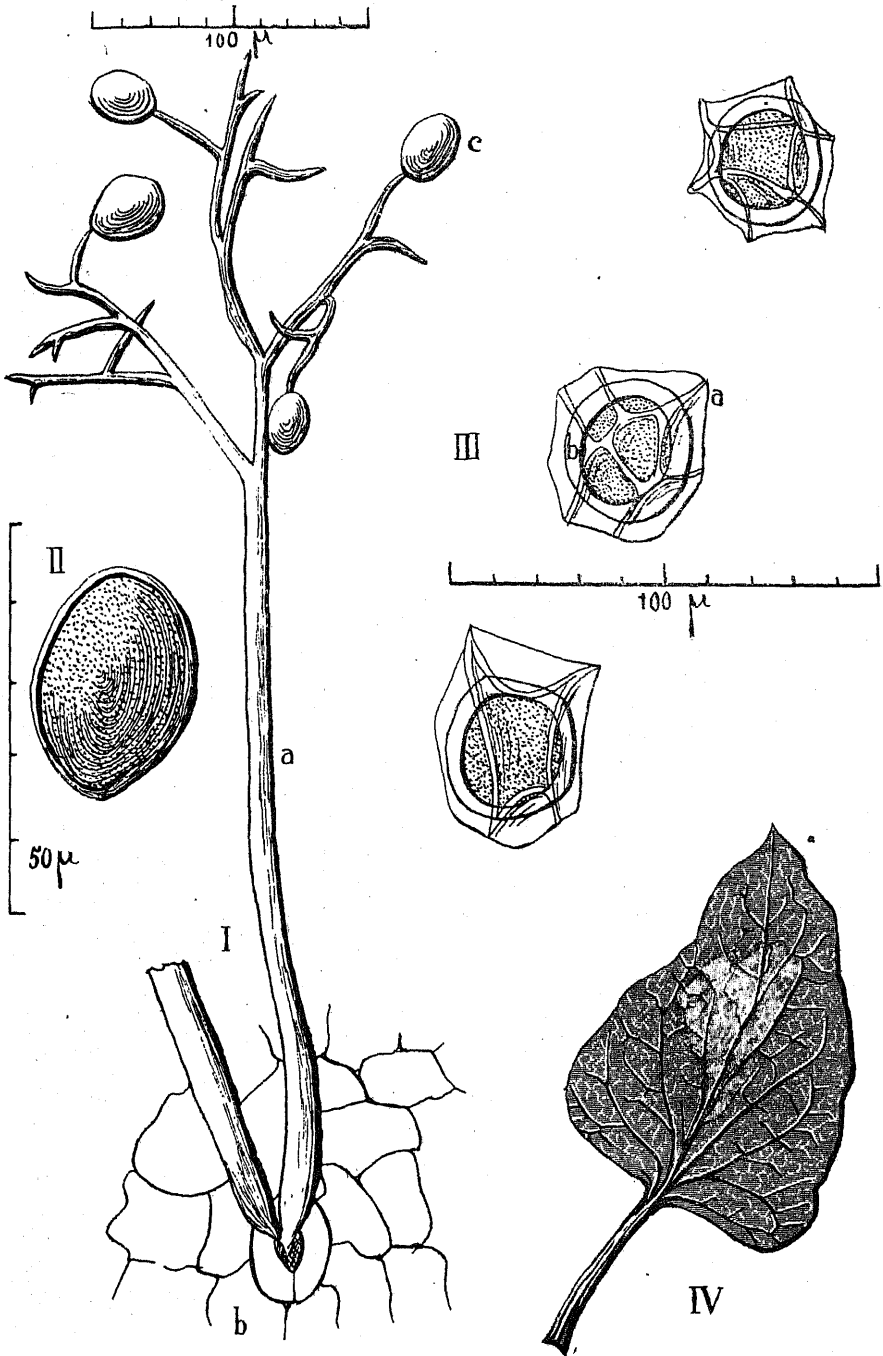
III. *Œufs*:

a) Membrane plissée de l'oogone.

b) Membrane épaisse de l'œuf.

IV. *Feuille attaquée* du *Chenopodium Bonus-Henricus*.

PERONOSPOREES



M. LENOIR ad. nat. del.

PERONOSPORA EFFUSA (Grev.) Rabenh.

CYSTOPUS CANDIDUS (Pers.) de Bary.

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Oomycètes.

Ordre: Péronosporacées.

Famille: Cystopées.

II. — CARACTÈRES

a) Mycélium intercellulaire en gros cordons multinucléés pourvus de suçoirs globuleux intracellulaires.

b) Appareil conidien: Stérimagtes en massue à parois très épaisses latéralement. Conidies-sporanges en chapelet, réunies entre elles par des disques de callose.

c) Anthéridies en massue à l'extrémité d'un filament. Oogones sphériques.

d) Œufs différenciés dans l'intérieur de la membrane des Oogones; pourvus d'une membrane très épaisse et ornée de verrues très saillantes, de bandes disposées grossièrement en spirale.

e) Réaction de l'hôte: Pustulles blanches (Rouille blanche) à la surface des organes attaqués, déformation, hypertrophie de ces organes.

III. — DATE DE RÉCOLTE

Juillet, août, septembre.

IV. — PLANTE ATTAQUÉE

Cakile maritima. Scop.

V. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Atmosphère humide.

VI. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

a) Coupes minces dans les organes attaqués.

b) Montage dans le Groëland.

c) Grossissement: 690.

VII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. Conidies:

a) Stérigmates.

b) Disques de callose.

c) Conidies-sporanges.

II. Mycélium:

a) Oogone.

b) Cordon mycélien portant des suçoirs.

c) Suçoir.

III. Œufs:

a) Oogone.

a') Anthéridie.

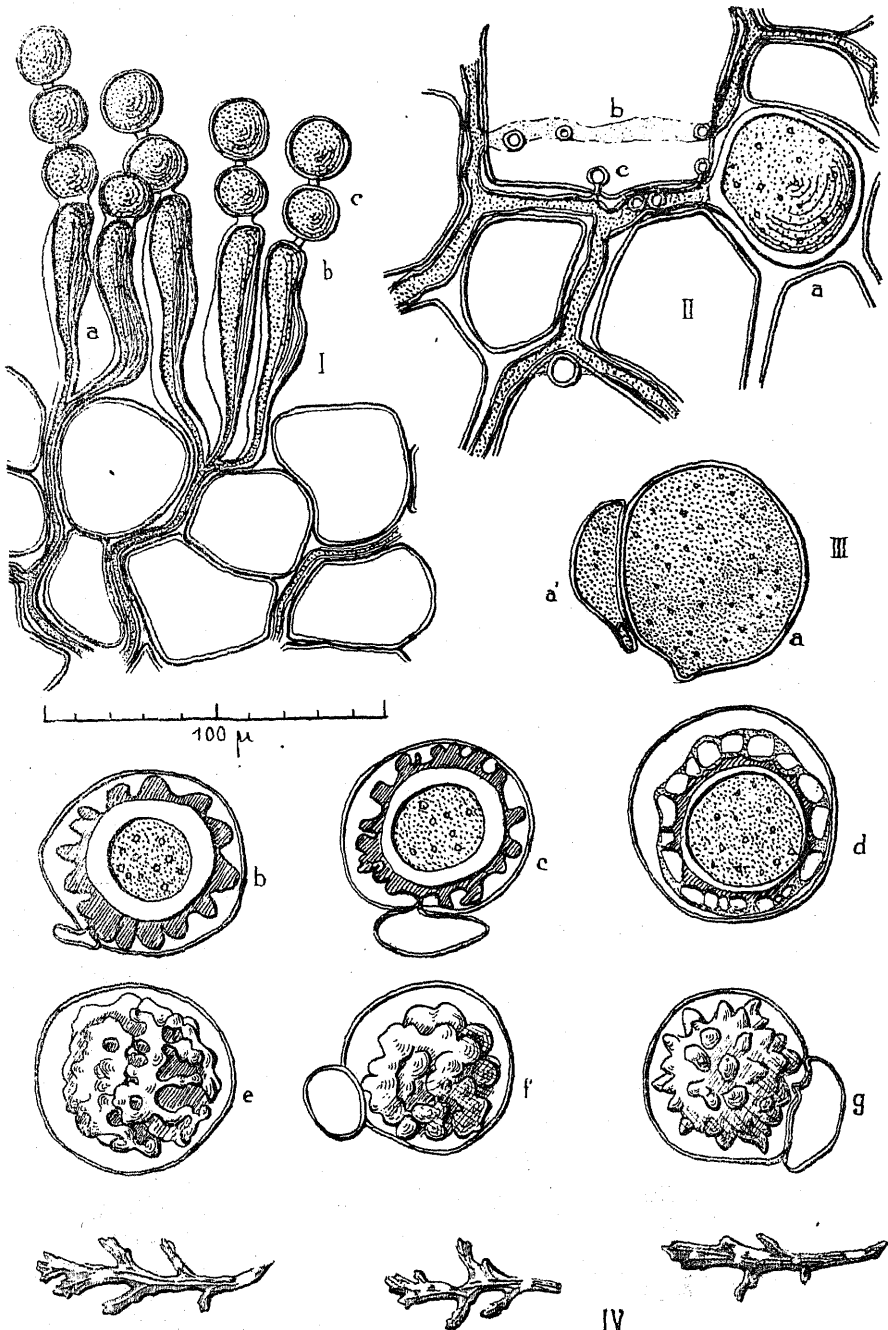
b) c) d) Coupes optiques de l'œuf (d: jeune).

e) f) g) Morphologie de l'œuf.

IV. Feuilles attaquées du *Cakile maritima*. Scop.

M. LENOIR: Chargé des travaux pratiques de Pathologie végétale; Faculté des Sciences de Nancy (1931).

CYSTOPEES



M. LENOIR ad. nat. del.

CYSTOPUS CANDIDUS (Pers.) de Bary

EXOASCUS CRATÆGI (Sad.) Fuck.
EXOASCUS PRUNI Fuck. Pochette du Prunier.
EXOASCUS CERASI (Fuck.) Sadeb.

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Ascomycètes.

Ordre: Gymnoascées.

Famille: Exoascées.

II. — CARACTÈRES

- a) Mycélium intercellulaire ou intracuticulaire seulement.
b) Asques: Formation intracuticulaire. Pas de réceptacle différencié, 8 ascospores.

c) Caractères différentiels:

E. Cratægi: Asques, longueur 50 μ , sub-rectangulaires au sommet, largeur 8-10 μ ; 8 ascospores;

E. Pruni: Asques, longueur 50 μ , pourvus d'une cellule basale 10-15 μ ; sommet sub-rectangulaire, largeur 12-15 μ , 8 ascospores à multiplication secondaire, tertiaire... « spores levures »;

E. Cerasi: Asques: longueur 55 à 60 μ , ovales arrondies au sommet; largeur, 10-12 μ , 8 ascospores.

d) Réaction de l'hôte:

E. Cratægi. Boursoufflures des feuilles, formation d'anthocyane (Rougisement);

E. Pruni: Faux-fruits sans noyaux, très ridés surtout dans le sens de la longueur;

E. Cerasi: Grandes boursoufflures des feuilles, très brillantes sur leur face supérieure.

III. — DATE DE RÉCOLTE

E. Cerasi et *E. Cratægi*: Mai juin. *E. Pruni*: Septembre, octobre.

IV. — PLANTES ATTAQUÉES

Prunus Cerasus (Cetisier), *Cratægus* (Aubépine), *Prunus spinosa*, *domestica* (Prunier).

V. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Printemps, été, automne humides.

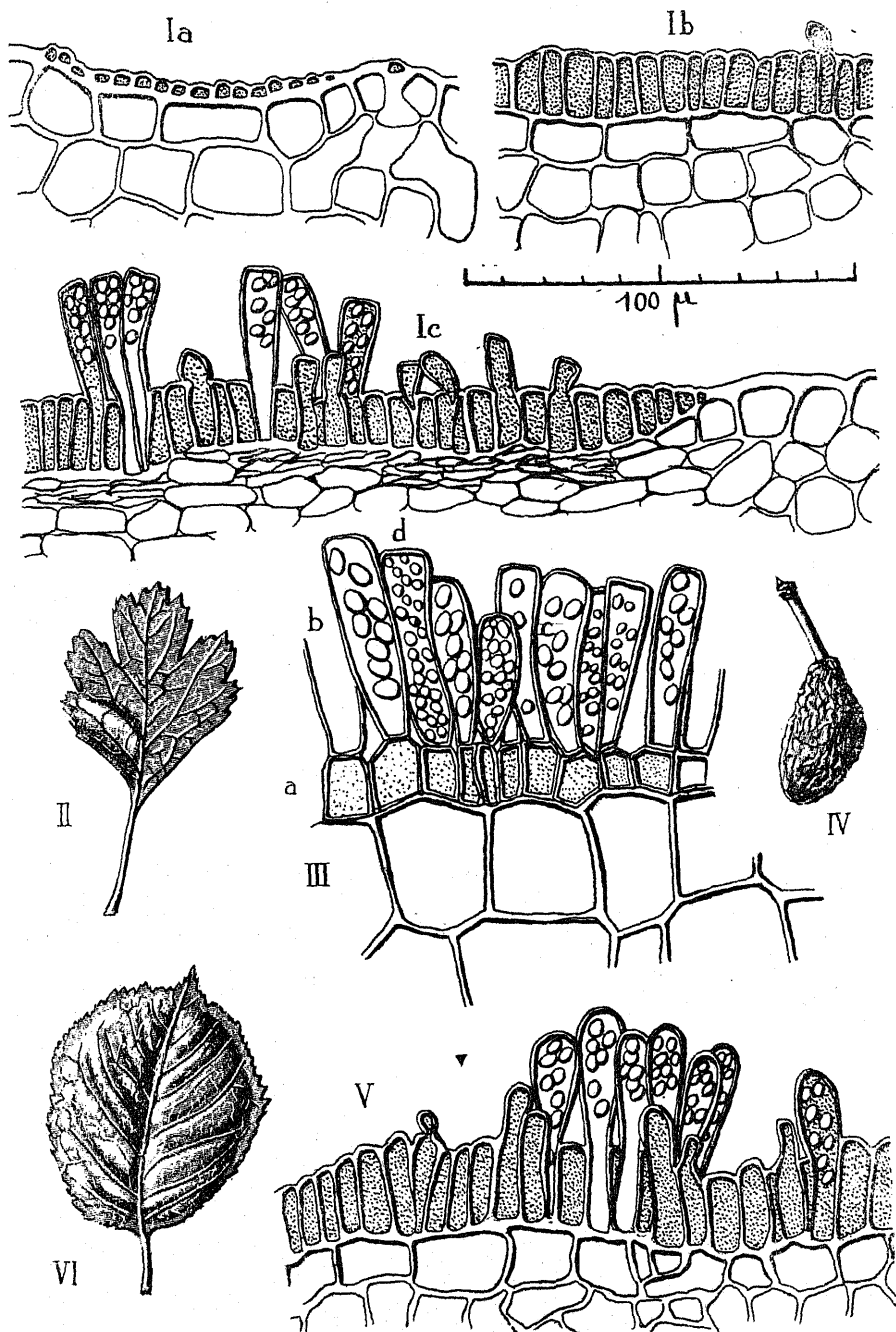
VI. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

- a) Coupes minces faites à la main.
b) Montage dans l'eau ou le Groëland.
c) Examen au grossissement 690.

VII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

- I. *Exoascus Cratægi*, a, b, c: Stades du développement intracuticulaire des asques sur une coupe dorso-ventrale de feuille (face inférieure).
II. *Exoascus Cratægi*. Feuille boursoufflée du *Cratægus* (face inférieure).
III. *Exoascus Pruni*. Coupe transversale d'un fruit:
a) Cellule basale; b) asqué; c) ascospores; d) spores secondaires..
IV. *Exoascus Pruni*. Faux fruit ridé (Pochette).
V. *Exoascus Cerasi*. Coupe dorso-ventrale de feuille (face inférieure).
VI. *Exoascus Cerasi*. Feuille boursoufflée du *Prunus Cerasus* (face supérieure).

EXOASCEES



M. LENOIR ad. nat. del.

EXOASCUS CRATÆGI (Sad.) Fuck.
E. PRUNI Fuck.
E. CERASI (Fuck.) Sadeb.

UNCINULA ACERIS (D. C.) Sacc.

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Ascomycètes.

Ordre: Carpoascées.

Tribu: Périssporiacées.

Famille: Erysiphées.

II. — CARACTÈRES

a) Mycélium superficiel en taches blanches pouvant s'étendre à toute la face inférieure des feuilles attaquées, piquées de points noirs relativement gros.

b) Périthèces: 220 à 230 μ de diamètre environ pourvus de fulcres terminés en volute, une ou deux fois bifurqués, quelque fois trois, mais rarement. L'axe des fulcres est une cavité linéaire étroite; ils forment autour des périthèces une auréole large de 110 μ en moyenne. Les fulcres sont insérés sur l'hémisphère supérieur du périthèce et sont régulièrement répartis.

Par transparence on distingue les cellules formant la paroi du périthèce et les asques qu'il contient.

c) Asques au nombre de 8 en forme d'ellipse atténuée aux extrémités surtout vers le point d'attache, à paroi assez épaisse. Dimensions 90 \times 50 μ environ.

Ascospores ovales elliptiques au nombre de 6 à 8. Dimensions 12 \times 22 μ .

III. — DATE DE RÉCOLTE

Septembre, octobre.

IV. — PLANTES ATTAQUÉES

Divers Acer (Erables).

V. — HABITAT PRÉFÉRÉ

Bords des routes.

VI. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Étés secs.

VII. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

a) Grattage léger des taches à périthèces.

b) Montage dans le Groënland.

c) Morphologie générale au grossissement 420.

d) Détails au grossissement 690.

e) Après examen général, appuyer légèrement sur la lamelle couvre-objet, en la déplaçant un peu, pour déchirer la paroi des périthèces et faire sortir les asques.

VIII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. Feuille attaquée de l'Acer platanoides (face inférieure). Taches blanches piquées de périthèces noirs.

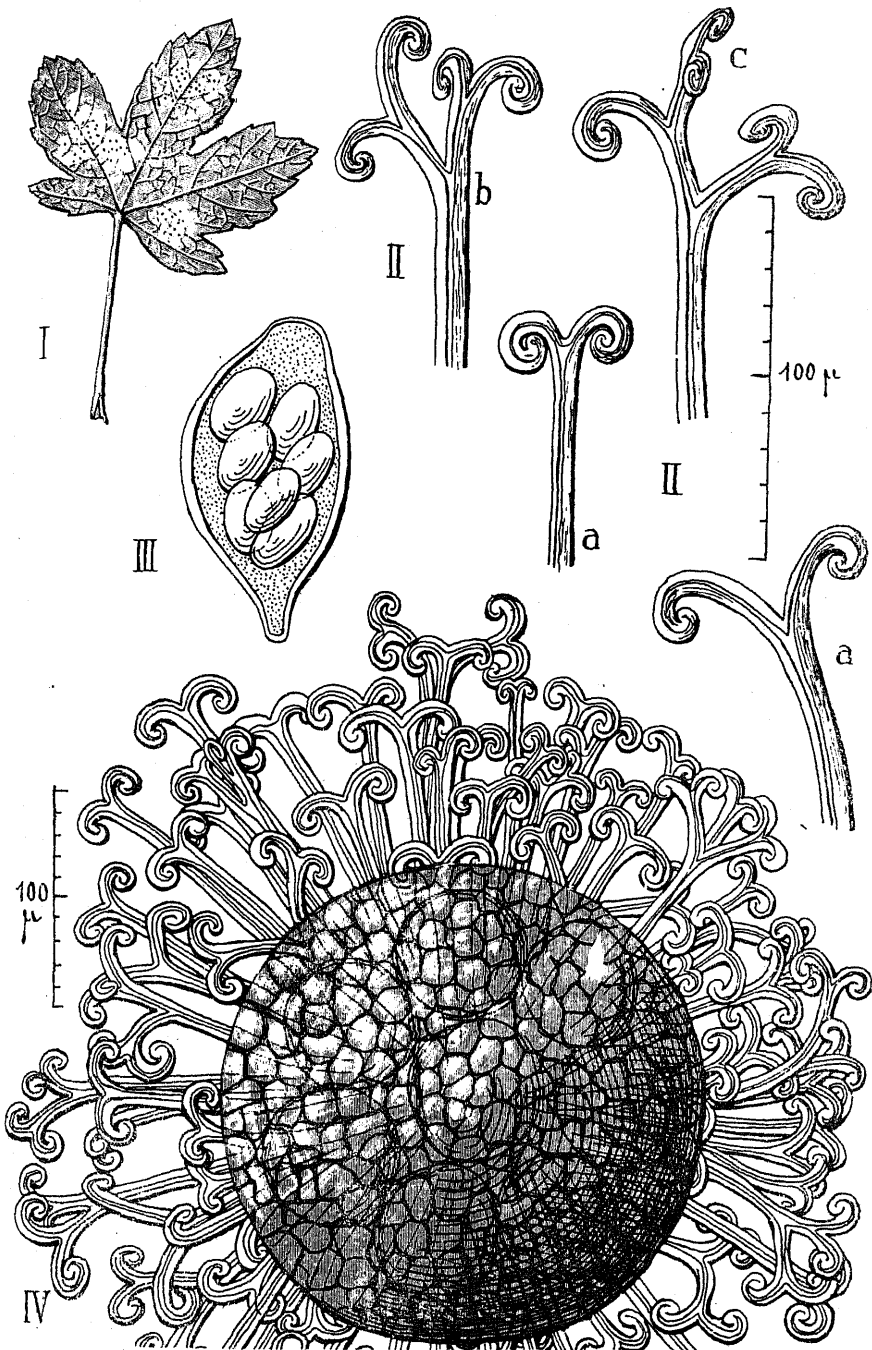
II. Fulcres bifurqués une (a), deux (b) ou trois fois (c).

III. Asque et ascospores.

IV. Périthèce pourvu de ses fulcres montrant les asques par transparence.

M. LENOIR: Chargé des travaux pratiques de Pathologie végétale. Faculté des Sciences de Nancy 1931.

ERYSIPHEES



M. LENOIR ad. nat. del.

UNCINULA ACERIS (D. C.) Sacc.

PHYLLACTINIA CORYLEA (Pers.) Karst.
(Syn. *Phyllactinia suffulta* [Reb.] Sacc.)

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Ascomycètes.
Ordre: Carpoascées.
Tribu: Périssporiacées.
Famille: Erysiphées.

II. — CARACTÈRES

a) Mycélium superficiel en taches cendrées piquées de petits points noirs assez gros sur la face inférieure des feuilles attaquées.

b) Périthèces: 200 microns (μ) de diamètre environ, pourvus de fulcres présentant une grosse ampoule à leur base: 45 μ de diamètre. Les fulcres diminuent de diamètre régulièrement de la base vers l'extrémité et peuvent atteindre 550 μ de longueur. Autour du périthèce, à sa face inférieure on voit rayonner les filaments mycéliens hyalins. Vu latéralement le périthèce se montre hémisphérique, ses fulcres sont insérés à l'équateur. Par transparence les filaments mycéliens qui constituent la membrane du périthèce apparaissent sous forme d'une mosaïque.

c) Asques: en forme d'amande, dimensions 70 \times 40 μ ; nombre indéterminé. Deux ascospores elliptiques; dimensions 40 \times 20 μ ; contenu jaune doré vif.

III. — DATE DE RÉCOLTE DES PÉRITHÈCES

Août, septembre, octobre.

IV. — PLANTES ATTAQUÉES

Coudrier, Frêne, Charme, Aubépine...

V. — HABITAT

Ça et là; souvent le long des routes.

VI. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Étés secs.

VII. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

- a) Grattage léger des taches à périthèces avec un scapel.
- b) Montage des préparations dans le Groënland (I).
- c) Morphologie générale au grossissement 420.
- d) Détails au grossissement 690 à 700.
- e) Après examen général, appuyer légèrement sur la lamelle couvre-objet pour faire sortir les asques.

VIII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. Feuille de Coudrier attaquée (face inférieure)

II. Périthèce: Vue latérale.

III. Périthèce: Vue apicale.

a) Fulcres.

b) Ampoule basale.

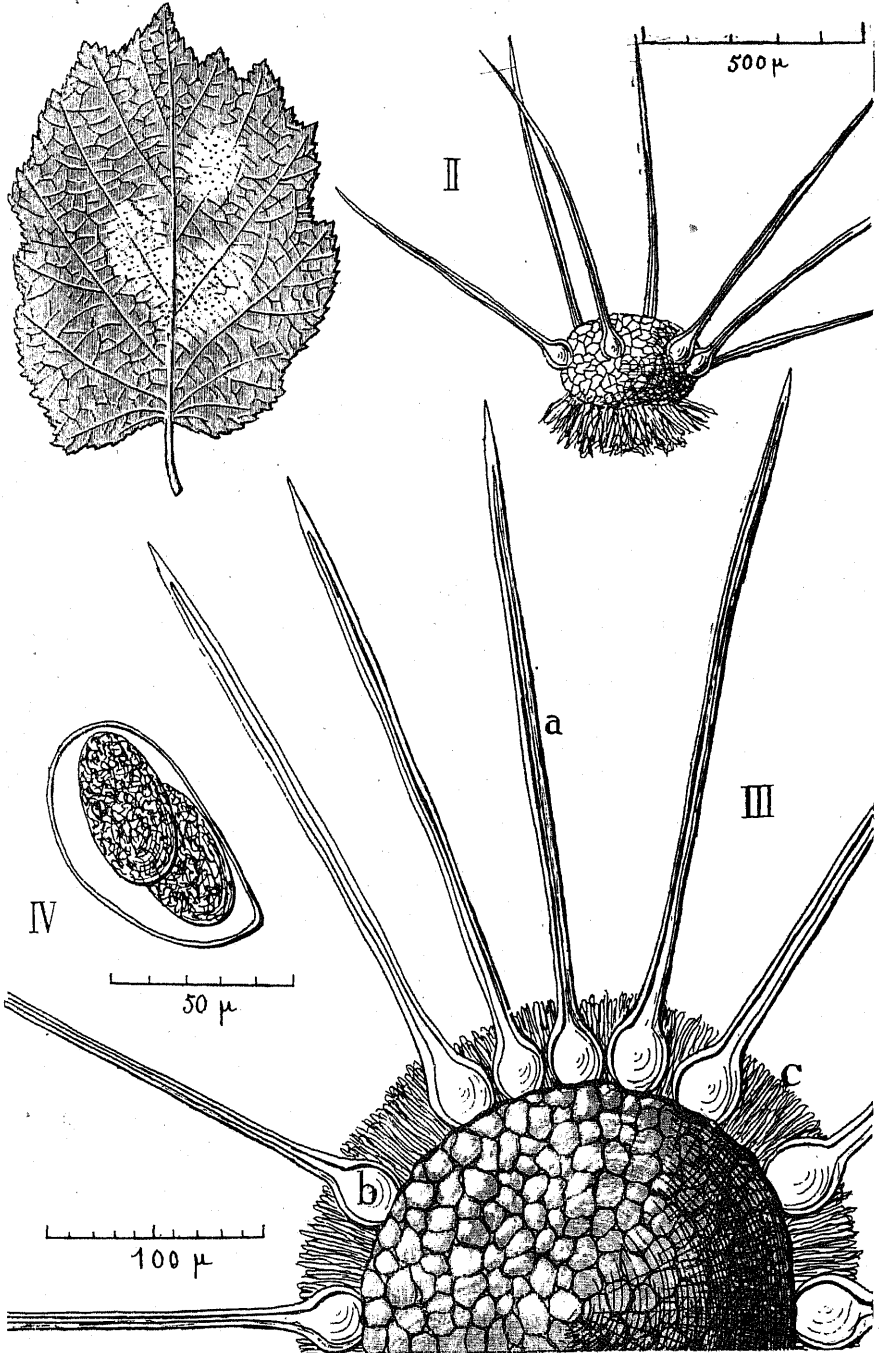
c) Mycélium rayonnant.

IV. Asques avec deux ascospores.

M. LENOIR: Chargé des travaux pratiques de Pathologie végétale. Faculté des Sciences de Nancy, 1931.

(I) Groënland: eau = une partie; alcool à 95° = une partie; glycérine = une partie.

ERYSIPHEES



M. LENOIR ad. nat. del.

PHYLLACTINIA CORYLEA (Pers.) Karst.

PUCCINIA VIOLÆ (Schum.) D. C.
(Ecidie et Mycélium)

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Basidiomycètes.
Ordre: Hétérobasidiées.
Sous-ordre: Urédinées.
Famille: Pucciniées.

II. — CARACTÈRES

a) Mycélium intercellulaire formant des taches jaunes de forme diverse sur les feuilles, pétioles et tiges. Il envoie des suçoirs dans les cellules de l'hôte. Ces suçoirs se terminent par un moignon contourné pourvu de saillies courtes.

b) Ecidies souvent hypophylles, écidioles peu abondantes. Diamètre d'une écidie 350 μ à 400 μ .

c) Réaction de l'hôte: Gigantisme des cellules enveloppées par le stroma mycélien du parasite.

III. — DATE DE RÉCOLTE

Mai, juin.

IV. — PLANTE ATTAQUÉE

Viola silvestris.

V. — HABITAT

Bois, haies.

VI. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Lumière très atténuée et humidité.

VII. MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

- a) Coupes minces dans les taches.
- b) Montage dans le Groënland ou l'eau.
- c) Étude au grossissement 420.
- d) Ecidiospores au grossissement 690.
- e) Mycélium et suçoirs au grossissement 420.

VIII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. *Ecidie:*

- a) Stroma mycélien.
- b) Pseudopéridium.
- c) Stérigmates.
- d) Ecidiospores.

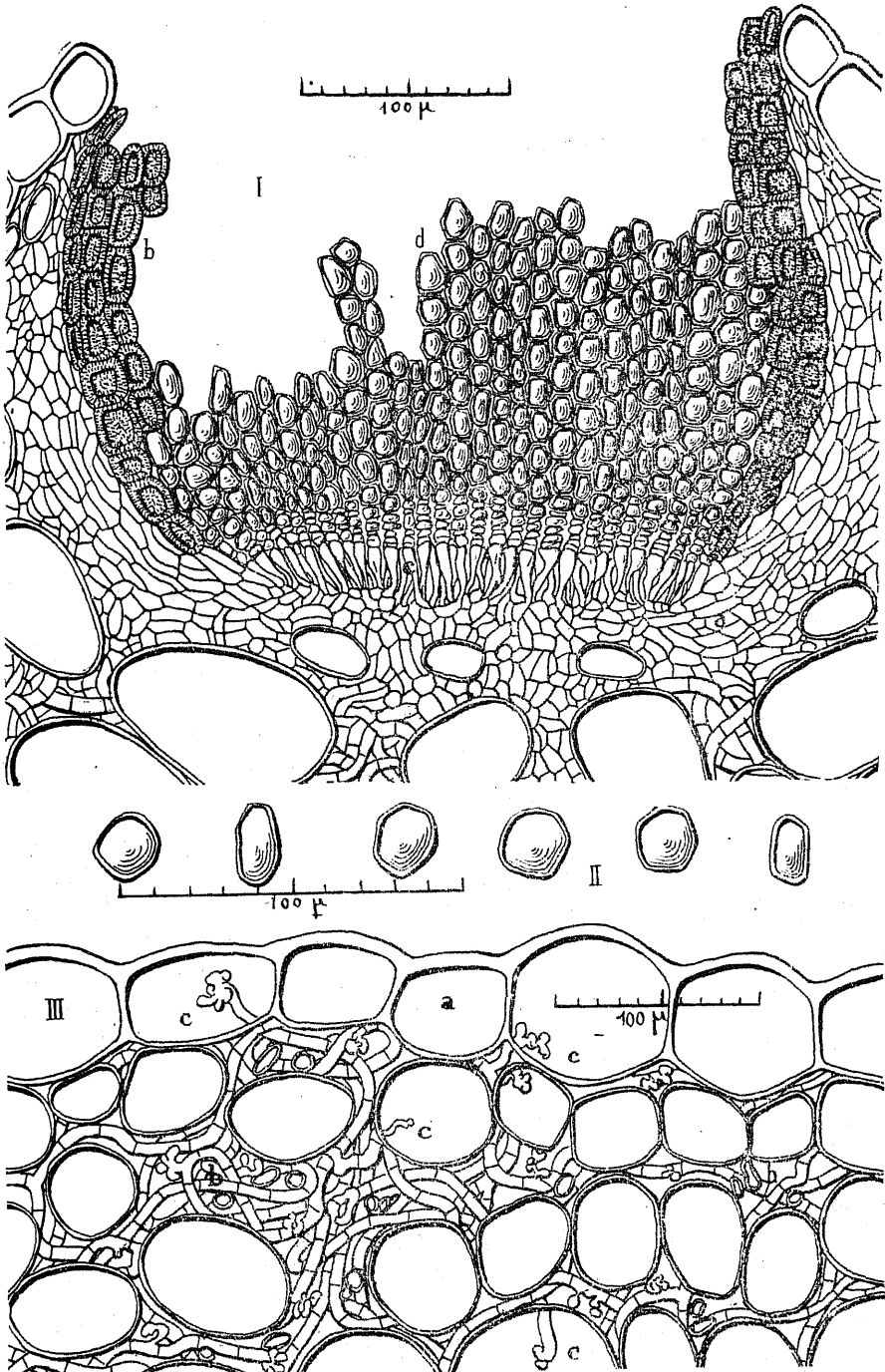
II. *Ecidiospores* à un plus fort grossissement

III. *Mycélium intercellulaire:*

- a) Epiderme de l'hôte.
- b) Enchevêtrement des filaments mycéliens.
- c) Suçoirs.

M. LENOIR: Chargé des travaux pratiques de Pathologie végétale; Faculté des Sciences de Nancy (1931).

UREDINEES



M. LENOIR ad. nat del,

Puccinia violae (Schum.) D. C.
(Édicie et Mycélium)

ÆCIDIUM BERBERIDIS (Gmel.) (= *Puccinia graminis*)

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Basidiomycètes.

Ordre: Hétérobasidiées.

Sous-ordre: Urédinées.

Familles: Pucciniées.

II. — CARACTÉRISTIQUES

a) Mycélium intercellulaire formant des taches arrondies, ovales, saillantes, jaune d'or sur les feuilles. Il envoie des suçoirs plus ou moins ramifiés dans les cellules de l'hôte.

b) Ecidies hypophylles, écidioles en général épiphyllles, parfois hypophylles hypophylle.

Les écidies peuvent avoir une ouverture de 400 à 500 μ . Les écidiospores polygonales-sphériques ont 18 à 20 μ de diamètre. Les stérigmates qui donnent les files d'écidiospores sont assez allongés et grêles.

c) L'hôte réagit par le gigantisme de ses cellules plongées dans le stroma du parasite et par une production intense de tannoïdes dans ces cellules.

III. — DATE DE RÉCOLTE

Mai, juin.

IV. — PLANTES ATTAQUÉES

Berberis vulgaris, *ætnensis*, *Mahonia*.

V. — HABITAT

Dans les bois, les haies.

VI. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Printemps humide.

VII. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

a) Coupes minces dans les taches.

b) Montage dans le Groënland.

c) Morphologie générale de la coupe au grossissement 43.

d) Détails au grossissement 420.

e) Ecidiospores au grossissement 690.

VIII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. *Ecidie*:

a) Cellules à tannoïdes.

b) Stroma mycélien.

c) Pseudopéridium.

d) Stérigmates.

e) Ecidiospores et cellules intermédiaires stériles.

II. *Ecidiospores* très grossies.III. *Ecidie*:

a) Poils saillants fusiformes (Paraphyses).

b) Stérigmates filiformes.

c) Ecidiospores en chapelets.

IV. *Coupe générale d'une tache*:

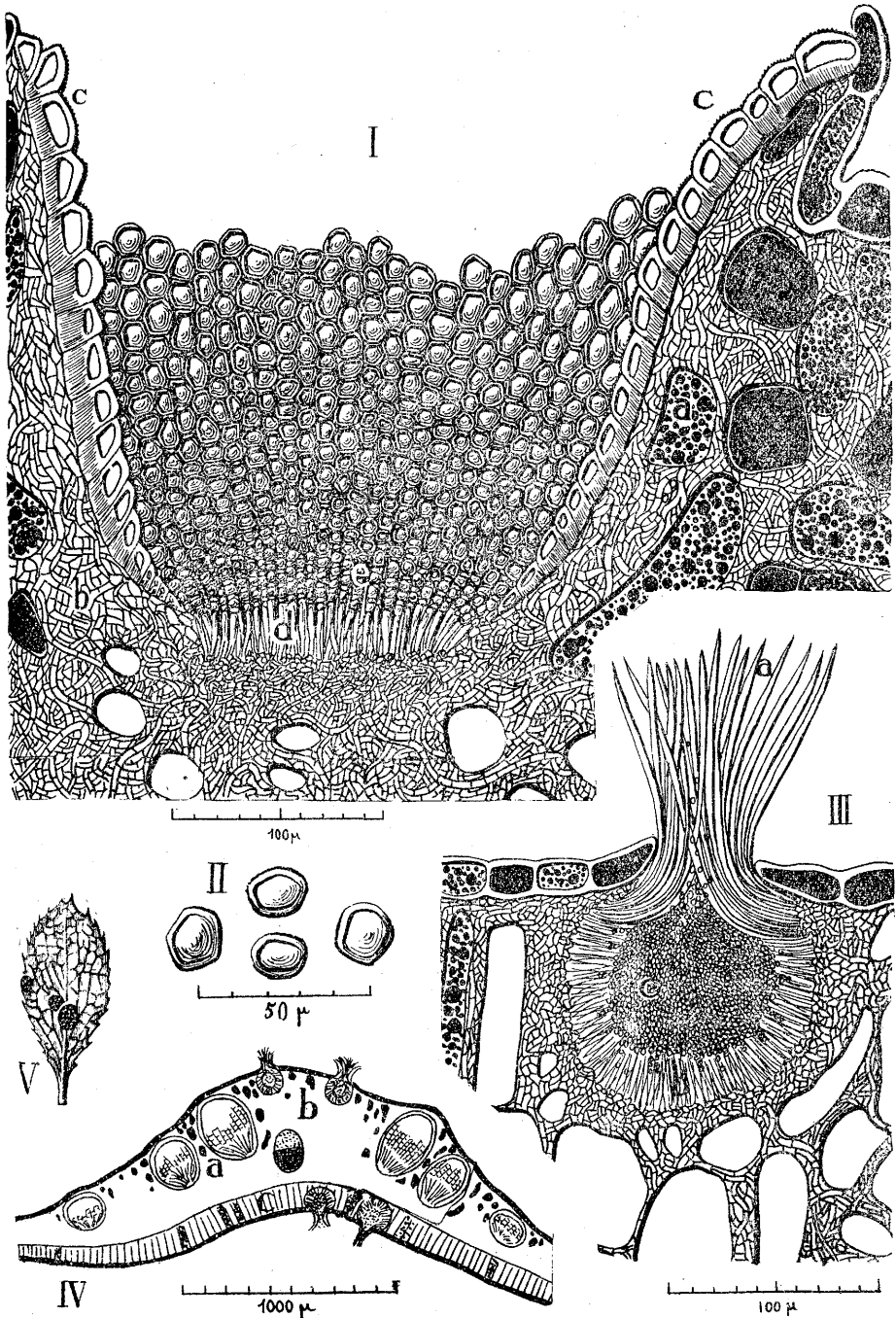
a) Ecidies.

b) Ecidioles.

c) Tissu chlorophyllien.

V. *Feuille attaquée* du *Berberis vulgaris* (face inférieure).

UREDINEES



M. LENOIR ad. nat. del.

ŒCIDIUM BERBERIDIS (Gmel.)
(= *Puccinia graminis*)

PUCCINIA MAYDIS (Bérèng.) *P. Sorghi* (Schwein.)

I. — PLACE SYSTÉMATIQUE

Classe: Basidiomycètes.

Ordre: Hétérobasidiées.

Sous-ordre: Urédinées.

Famille: Pucciniées.

II. — CARACTÉRISTIQUES

a) Mycélium intercellulaire ne déformant pas la feuille.

b) Urédosores et Téléutosores épars sur les deux faces de la feuille, bruns, parfois confluent, tendant à la forme linéaire.

Urédospires sphériques finement échinulés à membrane presque hyaline, portées par des pédicelles courts ou très allongés et grêles. 30 μ .

Téléutospires ovales ou oblongues à membrane à peu près régulièrement épaisse. 30 à 50 μ \times 15 à 25 μ . Naissant dans les urédosores après les urédospires (souvent en mélange).

Urédospires et téléutospires sont emballées dans des paraphyses nombreuses.

c) Pas de réaction très apparente de l'hôte.

III. — DATE DE RÉCOLTE

Juillet, août, septembre.

IV. — PLANTE ATTAQUÉE

Zea Mays.

V. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Saison humide.

VI. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

a) Coupes minces perpendiculaires à la feuille dans les taches.

b) Montage dans le Groënland.

c) Étude et dessin au grossissement 690.

VII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. *Urédosore:*

a) Epiderme déchiré de la feuille.

b) Urédospires.

c) Paraphyses.

d) Mycélium intercellulaire.

II. *Téléutosore:*

a) Epiderme déchiré de la feuille.

b) Urédospires.

c) Téléutospires.

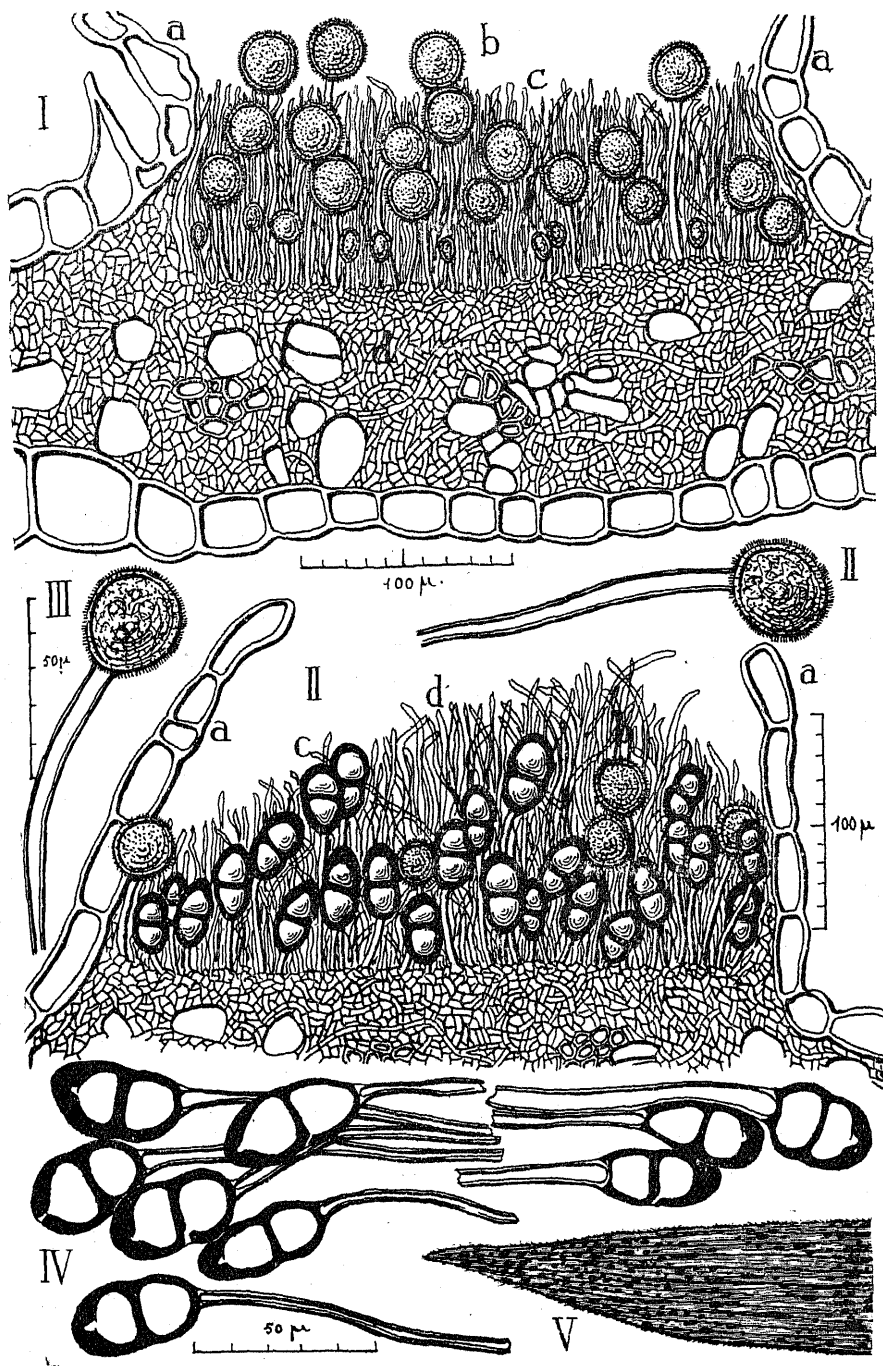
d) Paraphyses.

III. *Urédospires* à un plus fort grossissement.

IV. *Téléutospires* à un plus fort grossissement.

V. *Feuille attaquée.*

UREDINEES



M. LENOIR ad. nat. del
PUCCINIA MAYDIS (Béring.)

PHRAGMIDIUM SUBCORTICIUM (Schranck). winter.
(Téleutosore et Téléospores)

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Basidiomycètes.

Ordre: Hétérobasidiées.

Sous-ordre: Urédinées.

Famille: Pucciniées.

II. — CARACTÈRES

a) Mycélium intercellaire peu envahissant.

b) Téléutosores hypophylles petits, dispersés ou groupés. Téléospores au centre, entourées de paraphyses nombreuses, en massue, incurvées vers le centre de l'organe.

c) Téléospores à tête fusiforme à membrane épaisse, de couleur très foncée munie à sa partie supérieure d'une longue papille conique, hyaline, de nombreuses verrues hyalines sur toute sa surface, de nombreux pores germinatifs, 4 à 8 cellules. Le pédicelle est long, très épaissi vers sa partie inférieure, sa membrane épaisse et hyaline renferme une longue cavité filiforme élargie dans sa partie dilatée.

d) Réaction de l'hôte à peu près nulle.

III. — DATE DE RÉCOLTE

Juillet, août, septembre...

IV. — PLANTES ATTAQUÉES

Rosa (espèces champêtres ou horticoles).

V. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Atmosphère humide et chaude.

VI. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

a) Coupes minces perpendiculaires à l'organe attaqué, passant par le diamètre du téléutosore.

b) Montage dans le Groënland.

c) Morphologie générale au grossissement 420.

d) Téléutosore au grossissement 690.

VII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. *Téleutosore*:

a) Mycélium.

b) Paraphyses.

c) Téléospores.

II. *Téléospores*:

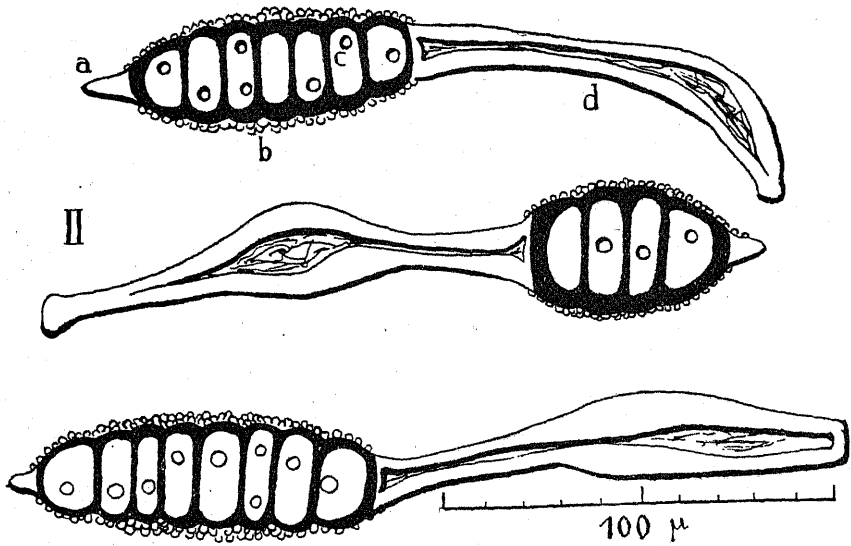
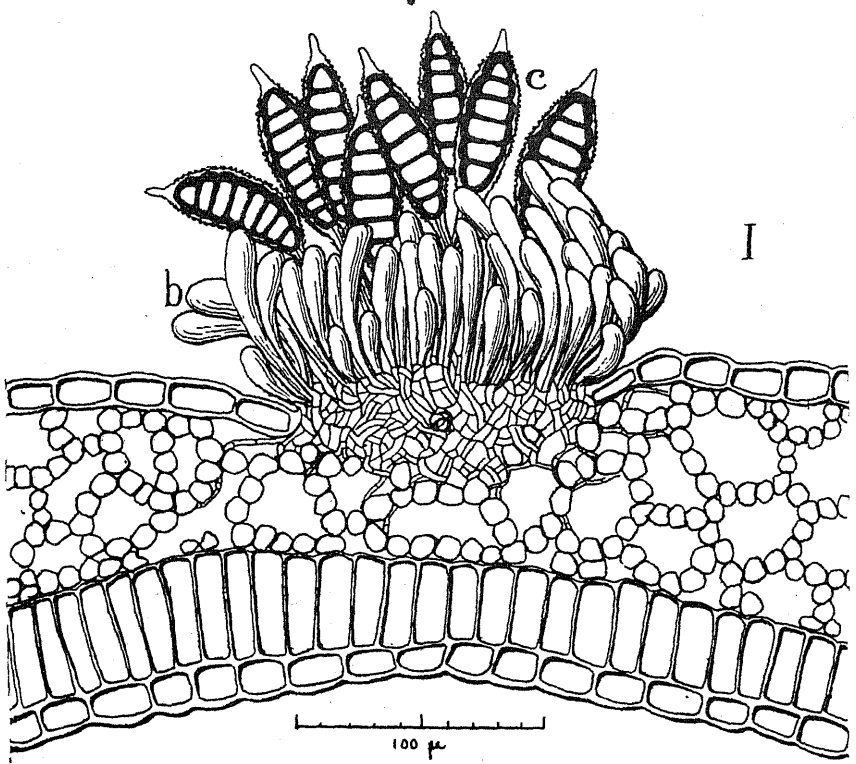
a) Papille terminale.

b) Verrues latérales.

c) Pore germinatif.

d) Pédicelle.

UREDINEES



M. Lenoir ad. nat. del.

PHRAGMIDIUM SUBCORTICIUM (Schranck) winter.
(II Téletosore et Téléutospore)

MELAMPSORA LARICI-CAPREARUM (Kleb.)

Urédosore et Téléutosore

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Basidiomycètes.

Ordre: Hétérobasidiées.

Famille: Mélampsorées.

Sous-ordre: Urédinées.

II. CARACTÉRISTIQUES

a) Mycélium intercellulaire ne déformant pas la feuille.

b) Urédosores sur la face inférieure de la feuille attaquée, parfois confluents, sans limites précises, jaunes d'or.

Urédospores sphériques ou ovoïdes, assez fortement échinulées à membrane épaisse, portées par de courts pédicelles, entourées de paraphyses fortes, en massues, à membrane épaisse, régulière.

Téléutosores en croûtes brun foncé, souvent confluents, irréguliers de forme développés dans la cuticule de l'épiderme supérieur de la feuille.

Téléutosores prismatiques à membrane très épaisse dans sa partie supérieure qui présente un pore germinatif.

c) Réaction de l'hôte à peu près nulle.

III. — DATE DE RÉCOLTE

Septembre, octobre.

IV. — PLANTE ATTAQUÉE

Salix Caprea.

V. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Saison humide, ombre.

VI. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

a) Coupes minces dans les taches.

b) Montage dans la Groënland.

c) Observations et dessin au grossissement 410.

d) Détails au grossissement 690.

VII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

I. *Urédosore*:

c) Paraphyse.

b) Urédospore.

II. *Téléutosores* grossies

a) Cuticule.

b) Epiderme de la feuille attaquée.

III. *Paraphyses* à un plus fort grossissement.

IV. *Urédospores* à un plus fort grossissement.

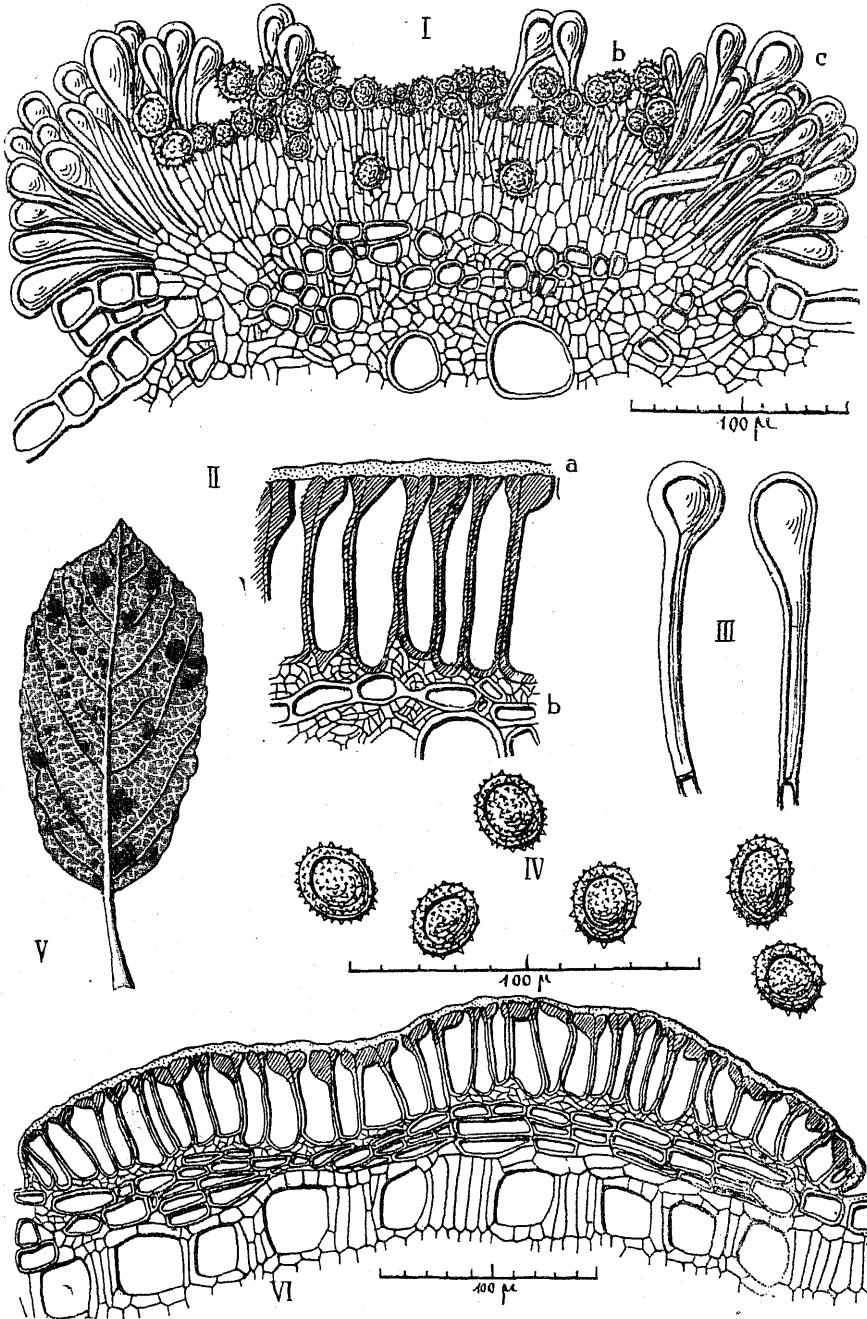
V. *Feuille attaquée* du *Salix Caprea*.

VI. *Téléutosore* (i):

a) Cuticule.

b) Epiderme feuilleté (réaction contre l'excitation due au *Melampsora*).

UREDINEES



M. LENOIR ad. nat. del.

MELAMPSORA LARICI-CAPREARUM (Kleb.)
(Uredosore et Téletosore)

MYCORHIZE ENDOTROPHIQUE
du *Neottia Nidus-avis* (Orchidée sans chlorophylle)

I. — SYSTÉMATIQUE

Classe: Ascomycètes (?).

II. — CARACTÈRES

a) Mycélium intracellulaire, filamenteux, ramifié, pelotonné, pourvu de cloisons transversales. Filaments massifs et filaments plus ou moins fins.

b) Réaction de l'hôte: Hypertrophie des cellules du *Neottia Nidus-avis*. Hypertrophie des noyaux qui se lobent et peuvent même parfois se fragmenter.

Digestion des pelotons mycéliens et réduction à l'état de masse plus ou moins amorphe confondue avec le cytoplasme de la cellule, d'où le nom « mycoplasme » (= Parasitisme réciproque successif.)

III. — DATE DE RÉCOLTE

Mai, juin, juillet.

IV. — HABITAT PRÉFÉRÉ

Versans exposés au nord des collines boisées à sol argileux.

V. — CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT OPTIMUM

Lieux ombragés, humides.

VI. — MOYENS RAPIDES D'ÉTUDE

- a) Coupes minces à la main.
- b) Montage dans l'eau ou le Groënland.
- c) Examen général au grossissement 85.
- d) Examen détaillé au grossissement 690.

VII. — LÉGENDE DE LA PLANCHE

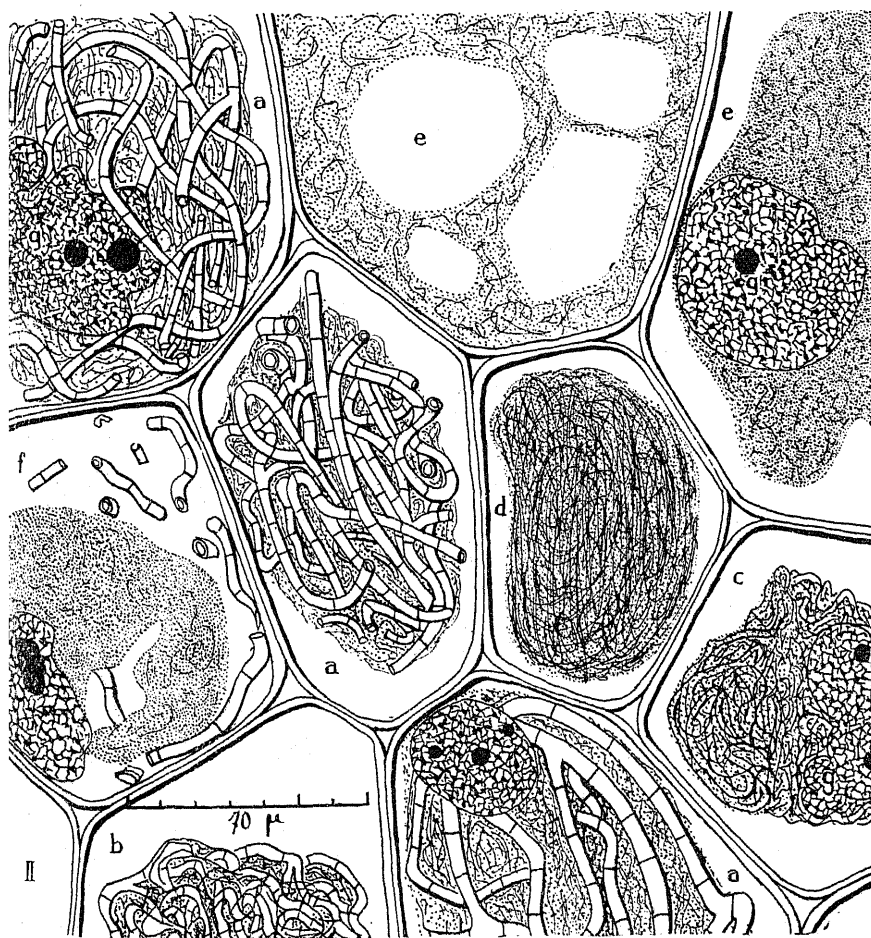
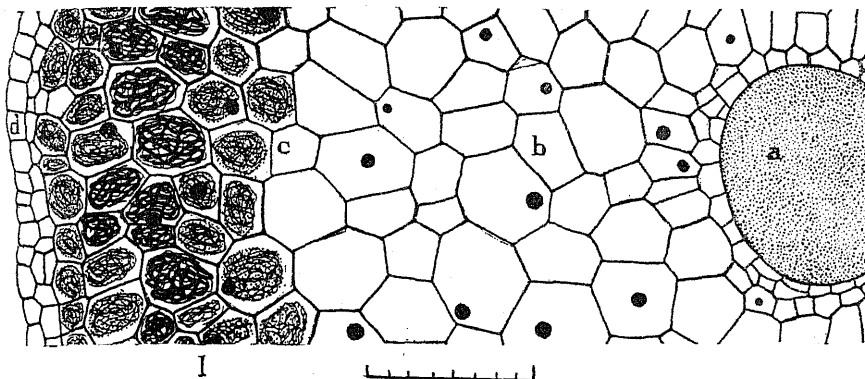
I. *Vue d'ensemble d'une coupe:*

- a) Cylindre central.
- b) Ecorce interne sans mycorhizes.
- c) Région externe avec mycorhizes.
- d) Epiderme.

II. *Evolution de la mycorhize et du noyau cellulaire.*

- a) Pelotons de filaments mycéliens jeunes, cloisonnés.
- b) c) d) e): Stades successifs de la digestion d'un peloton filamenteux et réduction à l'état de « mycoplasme ».
- f) Infection secondaire par une nouvelle mycorhize.
- g) Noyaux de cellules hôtes gigantesques et lobés.

MYCORRHIZE
du *Neottia Nidus-avis*



M. LENOIR ad. nat. del.

COUPE TRANSVERSALE
d'une Racine du *Neottia Nidus-avis*

LES FOSSILES AVEYRONNAIS

DE

L'INSTITUT DE GÉOLOGIE DE NANCY

PAR LE COLONEL GÉRARD

DEUXIÈME PARTIE

Dans une précédente note (Mémoires de 1929, pages 35-43), j'ai expliqué comment j'avais été amené à entreprendre la détermination des fossiles aveyronnais de l'Institut de Géologie de Nancy, recueillis de 1894 à 1904 par feus NICKLÈS et AUTHELIN et par M. JOLY, lors des explorations faites sur le terrain par ces géologues pour l'établissement de la feuille géologique de Saint-Affrique au 1/80.000^e.

J'ai donné aussi quelques indications sur la région d'où proviennent ces fossiles, et j'ai terminé en publiant la liste des fossiles de l'étage Domérien.

Le but de la présente note est de donner la liste des fossiles toarciens dont j'ai terminé l'étude.

L'étage Toarcien de D'ORBIGNY comprend dans l'Aveyron six zones d'Ammonites, savoir, de bas en haut :

- 1^o Zone à *Harpoceras falciferum* Sowerby;
- 2^o Zone à *Hildoceras bifrons* Bruguière;
- 3^o Zone à *Pseudogrammoceras fallaciosum* Bayle;

- 4° Zon à *Dumortieria radiosa* *Reinecke*;
- 5° Zone à *Pleydellia aalensis* *Zieten*;
- 6° Zone à *Lioceras opalinum* *Reinecke*.

Les trois dernières zones du Toarcien de D'Orbigny sont maintenant classées dans l'Aalénien, étage créé en Allemagne par MAYER et adopté en France par HAUG et les auteurs récents.

Ces trois zones sont d'ailleurs peu fossilifères dans l'Aveyron. Par contre, les trois premières zones, qui composent donc l'étage Toarcien actuel, le sont beaucoup, et c'est des fossiles de ce Toarcien ainsi défini que je vais donner la liste.

L'ensemble de ces trois zones, dont l'épaisseur varie de 30 à 50 mètres, est tout entier marneux, et forme un talus incliné à la base de la corniche verticale bajocienne calcaire qu'il supporte.

Comme dans le Domérien, la faune se compose principalement d'Ammonites pyriteuses de petite taille, mais d'une conservation parfaite. Les localités les plus fossilifères sont au sud de Millau, tout le long de la bordure ouest du Causse du Larzac, à Tournemire, Saint-Paul-des-Fonts, Saint-Beaulize, Cornus, le Clapier.

La faune toarcienne de l'Aveyron a été étudiée en détail et est complètement connue aujourd'hui. Les principaux ouvrages qui la concernent sont :

REYNÈS. — Essai de géologie et de paléontologie aveyronnaises. Paris, 1868.

R. NICKLÈS. — Le lias de Tournemire. — *Bulletin de la Société Géologique de France (B. S. G. F.)*, 1907.

J. MONESTIER. — Le Toarcien supérieur dans la région S.-E. de l'Aveyron. — *B. S. G. F.*, 1920.

J. MONESTIER. — Sur la stratigraphie paléontologique du Toarcien inférieur et du Toarcien moyen dans la région S.-E. de l'Aveyron. — *B.S.G.F.*, 1921.

J. MONESTIER. — Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du S.-E. de l'Aveyron. — *Mémoires de la S. G. F. Paléontologie*, 1921.

J. MONESTIER. — Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien moyen de la région S.-E. de l'Aveyron. — *Mémoires de la S. G. F. Paléontologie*, 1931.

NICKLÈS, dans sa note précitée, considère seulement les trois grandes divisions suivantes du Toarcien :

- 1° Zone à *Harpoceras falciferum* (Toarcien inférieur);
- 2° Zone à *Hildoceras bifrons* (Toarcien moyen);
- 3° Zone à *Pseudogrammoceras fallaciosum* (Toarcien supérieur).

J. MONESTIER va plus loin et admet les subdivisions suivantes: Il sépare le Toarcien moyen de Nicklès en deux niveaux, qui sont, de bas en haut :

- a) Niveau à *Hildoceras bifrons* proprement dit;
- b) Niveau à *Hangia variabilis* *D'Orbigny* et *Harpoceras bicarinatum* *Zieten*.

Il sépare de même le Toarcien supérieur de Nicklès en quatre niveaux qui sont, de bas en haut :

- c) Niveau à *Grammoceras striatulum* *Sowerby*;
- d) Niveau *Pseudogrammoceras expeditum* *S. Buckman*;
- d) Niveau à *Polylectus discoides* *Zieten* et *Hammatoceras insigne* *Schubler*;
- f) Niveau à *Pseudogrammoceras Reynesi* *Monestier* et *Phlyseogrammoceras dispansum* *Lycett*.

Les échantillons de l'Institut de Géologie de Nancy, étiquetés par NICKLÈS, AUTHÉLIN et par M. JOLY, ne font mention que des zones 1, 2, 3 de NICKLÈS, sans indiquer d'autres subdivisions dans ces zones. Dans la liste des fossiles que je vai donner, je m'en tiendrai donc aux trois zones de NICKLÈS.

Quelques-uns de ces fossiles sont cantonnés seulement dans une zone déterminée qu'ils caractérisent par suite nettement; d'autres sont communs à deux zones ou même aux trois; dans ce dernier cas, j'ai placé dans la liste suivante les fossiles dans la zone où ils sont le plus abondants.



**Liste des Fossiles Toarciens Aveyronnais
de l'Institut de Géologie de Nancy**

1° ZONE A HARPOCERAS FALCIFERUM

(Toarcien inférieur)

- Harpoceras falciferum *Sowerby*.
Harpoceras exaratum *Young et Bird*.
Hildoceras *Levisoni Simpson*.
Coeloceras anguinum *Reinecke*.
Coeloceras commune *Sowerby*.
Pseudolioceras lythense *Young et Bird*.
Posidonomya (*Steinmannia*) *Bronni Voltz*.
Posidonomya radiata *Goldfuss*.
Inoceramus dubius *Sowerby*.

2° ZONE A HILDOCERAS BIFRONS

(Toarcien moyen)

- Phylloceras heterophyllum *Sowerby*.
Phylloceras *Nilssoni Hebert*.
Lytoceras *Cornucopiae Young et Bird*, var. *rhodanica Monestier*.
Lytoceras *Cornucopiae Young et Bird*, var. *Montpaonensis Monestier*.
Lytoceras *Cornucopiae Young et Bird*, var. *Guilhomardensis Monestier*.
Lytoceras *sepositum Meneghini*, var. *plicata Monestier*.
Lytoceras *sepositum Meneghini*, var. *funicula Dumortier*.
Lytoceras *annulosum Monestier*.
Harpoceras *subplanatum Oppel*.
Harpoceras *elegans Sowerby*.
Harpoceras *bicarinatum Zieten* (forme *praecursor*).
Harpoceras *bicarinatum Zieten* (forme *type*).
Harpoceratoides *alternatus Simpson*.

- Harpoceratoides connectens *Haug.*
 Harpoceratoides Soloniacensis *Lissajous.*
 Hildoceras bifrons *Bruguère.*
 Hildoceras Mercati *v. Hauer.*
 Hildoceras Bayani *Dumortier.*
 Hildoceras Frantzi *Reynès. . .*
 Pseudolioceras compactile *Simpson.*
 Pseudolioceras lectum *Simpson.*
 Haugia variabilis *D'Orbigny.*
 Haugia humilis *Schirardin.*
 Haugia navis *Dumortier.*
 Phymatoceras Ogerieni *Dumortier.*
 Lillia Lilli *v. Hauer.*
 Lillia tirolensis *v. Hauer.*
 Lillia narbonensis *S. Buckman.*
 Denckmannia erbaensis *v. Hauer.*
 Denckmannia malagna *Dumortier.*
 Denckmannia iserensis *Oppel.*
 Denckmannia tumefacta *S. Buckman.*
 Brodiceras primarium *Schirardin.*
 Dactylioceras mucronatum *D'Orbigny.*
 Dactylioceras crassum *Phillips.*
 Dactylioceras Braunianum *D'Orbigny.*
 Dactylioceras gracile *Simpson.*
 Dactylioceras crassiusculosum *Simpson.*
 Dactylioceras Marioni *Lissajous.*
 Dactylioceras Engeli *Monestier.*
 Cœloceras excavatum *Monestier.*
 Cœloceras Freboldi *Monestier.*
 Peronoceras Millavense *Monestier, var. Zitteli Oppel.*
 Peronoceras Millavense *Monestier, var. Acanthopsis D'Orbigny.*
 Peronoceras Millavense *Monestier, var. crateriformis Monestier.*
 Peronoceras turriculatum *Simpson.*
 Peronoceras Krumbecki *Monestier.*
 Porpoceras Desplacei *D'Orbigny.*
 Porpoceras subarmatum *Young et Bird.*
 Porpoceras vorticellum *Simpson.*

Belemnites longisulcatus Voltz.
Belemnites unisulcatus Blainville.
Belemnites breviformis Voltz.
Cerithium armatum Goldfuss.
Trochus duplicatus Sowerby.
Turbo subduplicatus D'Orbigny.
Turbo Sedgwickii D'Orbigny.
Purpurina Patrocles D'Orbigny.
Natica Pelops D'Orbigny.
Astarte Voltzi Hæninghaus.
Nucula Palmae Sowerby.
Nucula subovalis Goldfuss.
Nucula claviformis Sowerby.
Arca inaequivalvis Goldfuss.
Inoceramus amygdaloïdes Goldfuss.
Lima Galathea D'Orbigny.
Exogyra cfr. Berthaudi Dumortier.
Rhynchonella tetraedra Sowerby.

3° ZONE A PSEUDOGRAMMOCERAS FALLACTOSUM

(Toarcien supérieur)

Phylloceras aveyronnense Meneghini.
Phylloceras Thevenini Monestier.
Phylloceras Atlas Dumortier.
Lytoceras Trautscholdi Opperl.
Lytoceras pseudo-Trautscholdi Monestier.
Lytoceras coarctatum Pompeckj.
Lytoceras humilisimile Prinz.
Lytoceras irregulare Pompeckj.
Lytoceras sublineatum Opperl.
Lytoceras rude Monestier.
Lytoceras angustum Monestier.
Oxyntoceras Buckmani Monestier.
Agassicerias differens Wüinstorf.
Agassicerias tenue Monestier.

- Harpoceras Pervinquieri *Monestier*.
 Harpoceras Wüinstorfi *Monestier*, var. subcostulatum *Monestier*.
 Harpoceras Wüinstorfi *Monestier*, var. subfalciferum *Wüinstorf*.
 Harpoceras Wüinstorfi *Monestier*, var. *Cœcilia Dumortier*.
 Harpoceras Wüinstorfii *Monestier*, var. alternans *Monestier*.
 Hildoceras Emilianum *Reynès*.
 Hildoceras Boissei *Monestier*.
 Hildoceras Gaudryi *Monestier*.
 Pseudolioceras Authelini *Monestier*.
 Pseudolioceras Rivieriense *Monestier*.
 Pseudolioceras Lapparenti *Monestier*.
 Pseudolioceras Beauliziense *Monestier*.
 Pseudolioceras Schirardini *Monestier*.
 Pseudolioceras Suessi *Monestier*.
 Polypectus discoïdes *Zieten*.
 Grammoceras toarcense *D'Orbigny*.
 Grammoceras striatulum *Sowerby*.
 Grammoceras penestriatulum *Buckman*.
 Grammoceras glabrum *Moesch*.
 Pseudogrammoceras fallaciosum *Bayle*.
 Pseudogrammoceras expeditum *Buckman*.
 Pseudogrammoceras Cotteswoldiae *Buckman*.
 Pseudogrammoceras Reynessi *Monestier*.
 Pseudogrammoceras subfallaciosum *Buckman*.
 Pseudogrammoceras obesum *Buckman*.
 Pseudogrammoceras Saemanni *Dumortier*.
 Pseudogrammoceras quadratum *Quenstedt*.
 Pseudogrammoceras Muellerei *Denckmann*.
 Pseudogrammoceras Rouvillei *Monestier*.
 Pseudogrammoceras podagrosum *Monestier*.
 Pseudogrammoceras dœrntense *Buckman*.
 Pseudogrammoceras Cossmanni *Monestier*.
 Phlyseogrammoceras dispansum *Lycett*.
 Hammatoceras insigne *Schubler*.
 Hammatoceras speciosum *Janensch*.
 Hammatoceras fasciatum *Janensch*.
 Hammatoceras simulator *Monestier*.

- Hammatoceras praefallax Monestier.*
Paroniceras sternale von Buch (plusieurs formes).
Paroniceras undulosum Monestier.
Paroniceras sulcatum Monestier.
Paroniceras evolutum Monestier.
Nautilus astacoides Young et Bird.
Belemnites irregularis Schlotheim.
Belemnites tripartitus Schlotheim.
Belemnites pyramidalis Zieten.
Belemnites exilis D'Orbigny.
Belemnites brevirostris D'Orbigny.
Belemnites Quenstedti Oppel.
Turbo subangulatus Münster.
Amberleya capitanea Münster.
Pleurotomaria Zetes D'Orbigny.
Pleurotomaria Philocles D'Orbigny.
Lucina plana Zieten.
Nucula Haussmanni Ræmer.
Nucula Hammeri DeFrance.
Nucula acuminata Goldfuss.
Leda rostralis Lamarck.
Inoceramus Josephi Reynès.
Pecten pumilus Lamarck.
Pentacrinus jurensis Quenstedt.
Theocyathus mactra Goldfuss.

La faune du Toarcien de l'Aveyron comprend ainsi 153 espèces de fossiles, dont 112 d'Ammonites. C'est dire qu'elle est d'une richesse exceptionnelle. Aucun autre de cet étage en France ne peut lui être comparée, sauf peut-être celle de Thouars, où D'ORBIGNY a créé l'étage, mais qui est cependant moins riche et entièrement calcaire.

LE LUSITANIEN ET LE KIMÉRIDGIEN DES COTES DE MEUSE AU NORD-OUEST DE NEUFCHATEAU

PAR G. CORROY

Des études de recherches d'eau potable demandées par les communes de Chassey (Meuse), Grand, Chermisey, Coussey et la ville de Neufchâteau (Vosges) m'ont permis de reviser stratigraphiquement en détail la région des Côtes de Meuse située aux environs de cette dernière localité.

Déjà, en 1881, M. DOUVILLÉ a donné un aperçu des coupes principales de ce secteur dans sa « Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le Bassin de Paris et sur le terrain Callovien en particulier (1) ». J'ai puisé largement dans cette documentation qui reste de première importance, car j'ai déjà signalé dans plusieurs notes combien l'étude stratigraphique et la recherche des fossiles deviennent pénibles en Lorrains, la prairie, la friche et la forêt atteignant maints endroits jadis intéressants pour les géologues.

I. — L'ARGOVIEN-RAURACIEN

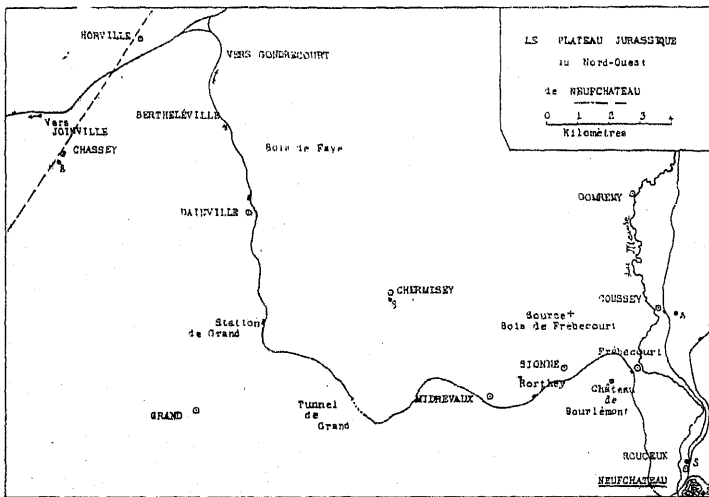
a) *Stratigraphie*

L'Argovien, d'une puissance assez réduite (20-25 mètres) est facilement observable à l'ouest de Frébécourt, lorsqu'on monte au château de Boulémont. A la sortie du village, les marnes oxfordiennes permettent de recueillir *Creniceras Renggeri* Opper sp. (zone à

(1) *Bull. Soc. Géol. de France* (3), t. IX, 1880-81, p. 439 et suiv.

Q. Mariae), puis l'Oxfordien supérieur (Z. à *C. cordatum*) est masqué entièrement par les éboulis de calcaires argoviens, éboulis qui sont d'ailleurs entièrement recouverts par la végétation.

Lorsqu'on arrive au pied de la falaise dominée par le château, on voit affleurer l'Argovien inférieur représenté par un calcaire compact, assez dur, gris, et contenant de rares colithes. Celui-ci passe à un calcaire crayeux, dur, de couleur crème, avec débris d'Ostracés et Polypiers. A la partie supérieure, les polypiers forment des récifs qui sont englobés dans une boue d'oolithes blanches irrégulières (20 m.). Sur la terrasse de Bourlémont, et dans le



parc qui couronne la crête, on ramasse des radioles et débris d'Echinides (*Paracidaris florigemma* Phil. sp., *Stomechinus perlatus* Desor. sp., *Glypticus*).

Une coupe analogue peut être relevée dans les tranchées de la route de Sionne à la ferme de Rortey, ou dans celles de la ligne de chemin de fer Neufchâteau-Bar-le-Duc, entre Midrevaux et le tunnel de Grand; ces dernières permettent d'observer en outre les horizons du Rauracien.

Au-dessus des calcaires à polypiers de l'Argovien dont la puissance moyenne est de 28-30 m., on voit successivement :

1° Des calcaires compacts blancs, très crayeux (moins cependant

que les calcaires à chaux grasse de Sorcy) et devenant très durs à la partie supérieure (25-30 m.). On recueille à ce niveau des *Diceras* *D. arietinum* Lam., *sinistrum* Dest. et des *Nérinées* (*N. Defrancei* Desh.).

2° Des calcaires oolithiques en bancs plus épais, assez durs et blancs, connus dans la contrée sous le nom de « Pierre de Dainville » (6 m.) avec *Terebratula Galliennei* d'Orb. et *Rhynchonella inconstans* d'Orb.

Au nord de la ligne de chemin de fer, le plateau de Chermisey, faiblement ondulé, montre dans les cuvettes des affleurements de ce dernier horizon, autrefois exploité.

Quant aux mamelons qui accidentent cette surface, légèrement inclinée vers l'Ouest, ils sont composés par les horizons du Séquanien inférieur : à la base 1 ou 2 mètres de marnes grises à *Exogyra bruntrutana* et *Zeilleria egena*; au-dessus des calcaires à grosses oolithes avec Gastéropodes.

b) Hydrologie

Au point de vue hydrologique, la commune de Coussey, située rive droite de la Meuse, pouvait être facilement alimentée par une source de base des calcaires argoviens émergeant dans l'un des vallons du massif des bois de Frébécourt (1).

Quant à Chermisey, la situation était plus délicate. Le seul horizon affleurant sur le plateau est, en effet, celui des marnes séquaniennes, presque superficielles, recouvertes par des calcaires oolithiques très fissurés. Dans le village, des puits ont été creusés jusqu'à ce niveau aquifère. Ce sont donc des eaux peu abondantes et très polluées qui alimentaient Chermisey. Il était dès lors nécessaire de rechercher une nappe profonde : la stratigraphie de détail indiquait clairement la nappe de base de l'Argovien.

(1) J'ai noté sur la carte ci-dessus les emplacements des sondages suivants, effectués dans la région, pour recherche d'eau potable :

Sondage de l'Usine à l'Est de Coussey. — Profondeur 47 m. Nappe aquifère du Bajocien supérieur.

Sondage de Rouceux. — Profondeur 115 m., nappe aquifère du Lias supérieur.

Sondage de la Brasserie de la Renaissance au S.-E. de Neuchâteau. — Profondeur 136 m., nappe aquifère du Lias supérieur.

Un forage fut placé à l'amont Sud-Sud-Est du village, en bordure sud de la route de Chermissey à Sionne, sur le flanc nord de l'anticlinal Montereau-Neufchâteau (1).

Commencé à la cote 423, il atteignait la nappe oxfordienne à 111 m. 50 de profondeur et fut descendu jusqu'à la cote 298 (soit 125 m. de profondeur).

La coupe que j'ai relevée au sondage fut la suivante: elle confirme les données de stratigraphie précédemment indiquées.

Profondeurs	Sédiments	Puissance
1. de 0 à 0,40	Terre végétale.	0,40
2. de 0,40 à 15,75	Calcaire à grosses oolithes.	15,35
3. de 15,75 à 17,85	Marnes calc. blanches.	2,10
4. de 17,85 à 23,05	Calc. durs oolithiques blancs.	5,20
5. de 23,05 à 28,40	Calc. durs compacts gris.	5,35
6. de 28,40 à 61	Calc. compacts blancs.	32,60
7. de 61 à 93,35	Calc. crayeux blancs.	32,35
8. de 93,35 à 102,15	Calc. durs à Polypiers.	8,80
9. de 102,15 à 111,50	Calc. compacts gris.	9,35
10. de 111,50 à 125	Marnes calc. grises.	13,50

Les horizons 2 et 3 représentent le Séquanien inférieur.

Les horizons 4, 5, 6, 7, représentent le Rauracien.

Les horizons 8 et 9 représentent l'Argovien.

L'horizon 10 représente l'Oxfordien.

II. — LE SÉQUANIEN ET LE KIMÉRIDGIEN

a) Stratigraphie

Aux abords des tranchées de la gare de Dainville, et en suivant la voie ferrée vers le hameau de Bertheléville, on retrouve tout d'abord les horizons de base du Séquanien qui affleurent sur le plateau de Chermissey :

1° Marnes et lumachelles à *E. bruntrutana*, *E. subteltoidea* et *Z. egena*.

(1) G. CORROY, Le Néocomien de la bordure orientale du Bassin de Paris, Nancy 1926. Appendice tectonique.

2° Calcaires à grosses oolithes.

Ces derniers renferment des *Diceras*, des *Nérinées*, des *Polypiers isolés*, et correspondent au niveau bien connu vers le Sud dans la Haute-Marne, sous le nom d' « Oolithe de Saucourt ».

Vers le bois de Faye, ces calcaires passent insensiblement à des calcaires sublithographiques à *Astartes* (*A. minima* Goldf., *A. sequana* Contej.) et *Myacés*. La puissance de ces calcaires est de 45-48 m.

Au nord-Est de Bertheléville, le Séquanien supérieur, beaucoup plus réduit (15-18 m.) est composé comme suit : à la base des calcaires tendres à oolithes assez fines, contenant *Trichites Sausurrei*, passant à la partie supérieure à des calcaires composés d'oolithes plus grosses et irrégulières avec *Nérinées*. C'est l'équivalent des calcaires exploités en Haute-Marne sous le nom d' « oolithe de la Mothe ».

Un banc de calcaire, dur, compact, avec quelques rares *Astartes*, termine cette série sédimentaire.

Pour bien observer les assises du Kiméridgien, il est nécessaire de prendre le raccord de la ligne Neufchâteau-Bar-le-Duc avec la ligne Gondrecourt-Joinville, en direction de cette localité, au sud-est du village de Horville.

Tout d'abord, le Ptérocérien est représenté par une série de calcaires compacts, en lits minces, et de calcaires lithographiques en bancs plus épais. De petits bancs marneux s'intercalent entre ces assises et on y recueille *Z. humeralis* Roem., *T. subsella* Leym., *Pholadomya hortulana*, Ag.; *Pholadomya Protei* Def., *Harpagodes oceani* Brongn. Cette série a une puissance d'une vingtaine de mètres.

A partir des hauteurs de Naillemont vers Luméville, on n'observe plus que des marnes et lumachelles à *Exogyra virgula*, du Virgilien.

b) *Hydrologie*

Le village de Chassey, bâti en partie sur les calcaires du Ptérocérien supérieur, en partie sur les marnes kiméridgiennes, n'a donc à sa disposition que les eaux superficielles s'écoulant sur les dites

marnes. Ces eaux s'accumulent d'ailleurs à l'aval de la localité, vers le Sud-Ouest, donnant naissance à la série des « Etangs de Chassey ».

Un forage était donc nécessaire pour doter cette commune d'une adduction d'eau potable.

Or, un accident tectonique, que NICKLÈS a signalé en 1913 (feuille de « Nancy » au 1/80.000^e), passe par Chassey: c'est la faille de Gondrecourt, de direction N.-E.-S.-W., et que R. ABRARD et moi avons suivi, en 1923, jusque sur la feuille de Wassy par Germisay, et par Epizon (feuille de Chaumont).

Cette faille a sa lèvre N.-O. *abaissée* par rapport à sa lèvre S.-E., et elle met visiblement en contact, non loin de l'église du village de Chassey, les marnes kiméridgiennes avec les calcaires ptérocériens. Le rejet est difficile à préciser dans ce secteur, car la puissance du Virgulien est assez variable, de 80 à 100 mètres.

Il était donc intéressant de placer le sondage au S.-W. de la faille dans le but de rencontrer à moins grande profondeur la première nappe aquifère, celle des marnes séquaniennes. De plus, le pendage du Ptérocérien étant visible à l'est de Chassey (soit N. 20° W.), il était opportun de recueillir les eaux *avant leur* rencontre avec la faille.

Le sondage fut placé à la cote 340, en bordure N.-W. de la route de Chassey à Lezéville, et à 15 m. Sud environ de la faille.

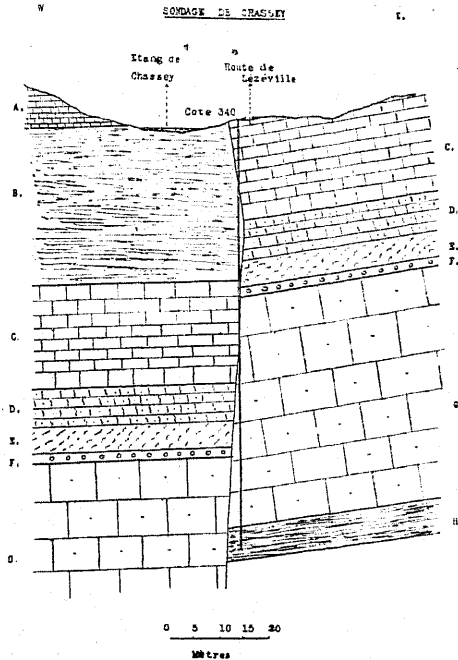
Il donna d'abord une surprise désagréable, car, après avoir traversé 12 m. de calcaires ptérocériens, la sonde entra dans les marnes à *E. Virgula*: ce qui prouvait que la faille n'était pas verticale, comme elle se présente dans la vallée de l'Ornain, près de Gondrecourt.

A 25 m., heureusement, on rencontrait à nouveau la faille: contact de calcaires ptérocériens et de marnes virguliennes. Puis, vers 30 m., on pénétrait dans les calcaires séquaniens, qu'on ne devait plus quitter jusqu'à la profondeur de 85 m., cote des marnes sous-jacentes.

La figure II donne la coupe exacte de ce forage, qui confirme l'étude stratigraphique antérieure.

Le sondage fut arrêté à 87 m., et l'eau des marnes séquanienues qui était sous pression remonta jusqu'à la cote 304, soit à 36 m.

A Chassey, le rejet de la faille de Gondrecourt était donc de 32 m.



Coupe du Sondage de Chassey

Légende

- | | | | |
|-------------|----|---|--|
| Portlandien | A. | = | Calcaires lithographiques. |
| Virgulien | B. | = | Argiles virguliennes, avec lumachelles. |
| Ptérocérien | C. | = | Calcaires compacts et sublithographiques. |
| — | D. | = | Calcaires compacts en lits minces. |
| Séquanien | E. | = | Calcaires durs, compacts, avec Astartes. |
| — | F. | = | Banc à oolithes grossières. |
| — | G. | = | Calcaires sublithographiques avec banc à oolithes fines. |
| — | H. | = | Marnes et Lumachelles à Huitres. |

Sur la présence de laticifères vrais chez deux espèces du genre « *Epilobium* »

Dans la famille des Onagrariées, le genre *Epilobium*, malgré les nombreux travaux de détails dont il a fait l'objet, est encore assez mal connu à l'heure actuelle.

Au point de vue botanique, ses caractères anatomiques ont été décrits par de nombreux auteurs, sa physiologie et sa biologie peu étudiées, quant à la question des hybrides nombreux et litigieux, tout le monde est d'accord pour en reconnaître la difficulté.

Au point de vue chimique, seules quelques études rudimentaires ont été tentées.

C'est dans le but de combler en partie cette lacune que j'ai entrepris, au laboratoire de M. le Doyen SEYOT, une étude biochimique et botanique de deux espèces du genre :

Epilobium Spicatum, LAM.

Epilobium Hirsutum, L.

représentant respectivement les deux sous-genres :

Euchamaenerion ou *Chamaenerion*.

Euepilobium ou *Lysimachion*.

Je me bornerai, dans cette communication, à signaler comment j'ai été amené à rechercher et identifier chez ces deux espèces un appareil sécréteur qu'aucun auteur n'avait encore signalé.

Au cours de mes recherches biochimiques, j'avais eu l'occasion de remarquer que les liquides provenant de l'épuisement des organes souterrains par l'alcool bouillant, me donnaient après distillation, un résidu d'aspect résineux. Plusieurs auteurs mentionnent la présence de résine dans le rhizome d'*Epilobium Spicatum*, sans toutefois donner de références ni de précisions. Or, en consultant les nombreuses publications relatives à la question histologique,

on constate qu'aucun auteur ne mentionne la présence d'un appareil sécréteur, de quelque nature qu'il soit, dans le genre *Epilobium*; au contraire, certains font de l'absence d'appareil sécréteur un des caractères du genre (1), ou même de la famille des Onagracées, à l'exception toutefois des genres *Trapa*, *Jussiaea* et *Ludwigia* où l'on trouve des glandes (2).

Dans le but d'éclaircir cette question, j'ai entrepris méthodiquement l'étude anatomique des organes souterrains de l'*Epilobium Spicatum*. LAMK. Les indications fournies par l'examen de très nombreuses coupes m'ayant paru d'un grand intérêt, j'ai étendu mes recherches à l'appareil aérien de cette même plante, puis aux organes de l'*Epilobium Hirsutum*, L.

Chez ces deux espèces, j'ai réussi à mettre en évidence, d'une façon indiscutable, la présence de laticifères vrais répandus dans toute la plante.

TECHNIQUE

Deux méthodes menées parallèlement, l'une ayant pour but l'étude du produit de sécrétion, l'autre l'étude de la membrane, m'ont permis d'identifier les laticifères.

Recherche et localisation des produits de sécrétion

J'ai employé dans ce but divers formules de colorants. Toutes m'ont donné des résultats positifs; mais les préparations les meilleures et les plus claires furent obtenues avec l'orcanette au chloral et le Sudan III au chloral dont les formules sont dues à GUIGNARD (3). Les coupes faites à sec dans les organes frais ou fixés, sont montées directement dans une goutte de réactif et recouvertes de lamelles. En quelques minutes, les produits résineux sont colorés en rouge éclatant.

Etude de la membrane

Les coupes furent traitées par l'hypochlorite de soude, puis par différents colorants: Fuchsine, Sudan III, Orcanette, etc..., en-

fin montées en glycérine. La coloration des membranes permet d'en déterminer la nature.

DÉTERMINATION DE LA NATURE DE L'APPAREIL SÉCRÉTEUR

En examinant des coupes transversales montées dans l'orcainette ou le Sudan III au chloral, j'ai pu remarquer certaines petites cellules contenant un produit de sécrétion rendu visible par sa coloration rouge éclatante. Afin de connaître exactement la nature de l'appareil sécréteur, j'ai effectué sur une portion d'organe des coupes longitudinales en séries.

Ces coupes furent montées dans les mêmes colorants. Les produits de sécrétion, remarqués précédemment, apparaissent alors contenus dans un long tube. Sur ces préparations, il était difficile d'étudier la membrane, j'ai donc employé le même procédé de coupes transversales et longitudinales en séries. Après vidage des coupes par l'hypochlorite et coloration, les préparations furent examinées.

Bien que leur membrane n'ait pas de colorant électif, j'ai pu retrouver les laticifères. Leur membrane est parfaitement lisse, légèrement réfringente. Elle se colore faiblement en rose en poussant la coloration à la Fuchsine ammoniacale, mais ne se colore pas par les colorants de la subérine, ni de la lignine. Elle est de nature cellulosique.

L'épaisseur de la membrane est variable. Souvent, elle est à peine plus épaisse que celle des autres cellules environnantes (fig. 1), quelques fois elle est plus épaissie (fig. 2).

La section des laticifères est quelquefois ovale; plus souvent, elle est déformée par compression avec les autres cellules, (fig. 1 et 3). Son diamètre varie de 20 à 25 μ .

Dans les nombreux examens microscopiques effectués sur des coupes longitudinales, j'ai toujours vu les laticifères formés d'un tube régulier à peu près rectiligne, sans parois transversales, ni traces de parois résorbées (fig 4).

Le latex est translucide, homogène, renfermant de minuscules granulations. Sa faible abondance ne m'a pas permis d'en déterminer la couleur. Dans les organes souterrains, le latex ne contient

pas de grains d'amidon, ce qui confirme l'hypothèse de M. TREUB (4), qui prétend que les laticifères des racines se montrent toujours dépourvus d'amidon; mais je n'en ai pas plus trouvé dans les organes aériens. Par contre il est très fréquent de rencontrer, dans les laticifères des parties aériennes et souterraines, de l'oxalate de chaux sous forme de cristaux aiguillés (ou raphides) groupés en paquets, cette forme cristalline étant d'ailleurs très répandue chez toutes les plantes de la famille.

LOCALISATION

Epilobium Spicatum, LAMK.

J'ai étudié la localisation des laticifères dans les organes souterrains et aériens soit: le rhizome, la racine, la tige, et la feuille.

Rhizome (fig. 5): C'est dans la moëlle, irrégulièrement disposés, que se trouvent les laticifères. Leur nombre varie de 2 à 5.

Racine (fig. 6): Au centre de la coupe, dans la moëlle très réduite, touchant même parfois les premiers vaisseaux du bois, se trouvent de rares laticifères. Sur des racines âgées, on voit apparaître, autour des vaisseaux centraux, une assise génératrice subéro-phello-dermique formant soit un seul cercle, soit plusieurs cercles indépendants les uns des autres; en même temps, les tissus isolés à l'intérieur de la couche subérifiée se nécrosent peu à peu. A ce moment, le latex est en plus grande quantité; il remplit tous les vaisseaux du bois entourés par l'assise génératrice. La présence de latex dans les vaisseaux du bois, signalée pour la première fois par TRECU en 1865 (5), a été remarquée également par GAUCHER chez les Euphorbiacées (6).

Tige (fig. 6): C'est encore dans la moëlle que nous retrouvons les laticifères. Etant donné que chez les Epilobes, la moëlle se résorbe de bonne heure, nous n'avons pu voir si les laticifères existaient dans la partie centrale de la moëlle avant sa résorption. Quoiqu'il en soit, dans la région périmedullaire, on trouve des laticifères très proches du liber interne, le touchant même parfois, leur membrane est plus épaisse et plus réfringente que dans les autres organes (fig. 2). Leur nombre varie de 2 à 5.

Feuilles (fig. 8): On trouve des laticifères à la face supérieure du faisceau libéro-ligneux, à la limite du liber interne et du parenchyme fondamental, leur membrane est également légèrement épaissie.

Epilobium Hirsutum, L.

J'ai étudié la répartition des laticifères dans les organes souterrains et aériens, soit: le rhizome, la racine, le drageon, la tige et la feuille.

Rhizome (fig. 9): C'est dans cet organe que les laticifères sont les plus faciles à mettre en évidence, On les trouve dans la moëlle surtout au centre, leur nombre peut s'élever de 6 à 8.

Racine (fig. 10): Nous avons là une localisation toute spéciale des laticifères. Au lieu d'être disposés d'une façon quelconque on constate qu'ils sont groupés symétriquement sur un cercle dans le parenchyme cortical, leur membrane est légèrement épaissie et leur section presque toujours ovale.

Dragéon (fig. 11): Le drageon étant l'organe qui doit se transformer en rhizome l'année suivante, il était à prévoir que nous devions trouver des laticifères dans la moëlle, mais c'est avec beaucoup de difficultés que nous avons réussi à les mettre en évidence; par contre, on en trouve de très nets, isolés ou groupés dans le parenchyme cortical, surtout dans sa partie externe, et là, ils sont souvent en contact direct avec les cellules épidermiques (fig. 3). Pendant la transformation du drageon en rhizome cette partie externe du parenchyme cortical est exfoliée par l'assise génératrice subéro-phellodermique.

Tige et feuille (fig. 12 et 13): La localisation est exactement la même que dans les organes correspondants de *Epilobium Spicatum*, LAMK.

Le nombre des familles où la présence des laticifères vrais a été signalée, est très restreint. Jamais ce tissu sécréteur n'avait été remarqué dans la famille des Onagrariées. Le manque d'échantillons frais ne m'a pas permis d'étendre cette étude à d'autres espèces du genre *Epilobium*, mais je suis tenté de croire

que la présence de laticifères vrais, que j'ai réussi à mettre en évidence chez deux espèces étudiées au hasard, n'est pas un fait isolé et que d'autres espèces du même genre possèdent un tel appareil sécréteur.

J'ai l'intention d'étendre cette étude à toutes les espèces d'*Epi-lobes*, peut-être arriverai-je à montrer qu'il s'agit là d'un caractère spécifique du genre.

Jean VIGNERON.

BIBLIOGRAPHIE

-
- (1) Paul PARMENTIER. — Recherches anatomiques et taxinométriques sur les Onagrariées et Haloragacées. (*An. Sc. Nat. Botanique*, 1897).
 - (2) Hans SOLEREDER. — Systematische anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart, 1899, p. 421 et suiv.
 - (3) GUIGNARD. — Emploi de l'hydrate de chloral pour dissoudre les matières colorantes de l'Orcanette et le Sudan. (*Journal de Botanique*, 1904.)
 - (4) M. TREUB. — Notice sur l'Amidon dans les laticifères des Euphorbes. (*An. du Jard. Bot. des Bfitensorz*, vol. III, 1^{re} part., p. 37).
 - (5) TRECUL. — Comptes Rendus Acad. des Sciences, 1865.
 - (6) GAUCHER. — Du rôle des Laticifères. (*An. Sc. Nat. Botanique*, 8^e série, 11-12 (1900), p. 246).
-

LEGENDES

-
- b.: vaisseaux du bois.
b. p.: bois primaire.
l.: liber normal.
l. i.: liber interne.
p. l.: parenchyme ligneux.
lat.: laticifère.
p. c.: parenchyme cortical.
s.: suber.
s. p.: assise génératrice subero-phellodermique.
f.: fibres.
m.: moëlle.
p.: poil tecteur.
r.: cellules à raphides et à mucilage.
c.: cambium.
ep.: épiderme.
col.: collenchyme.
r. m.: rayon médullaire.
p. f.: parenchyme fondamental.
en.: endoderme.
-

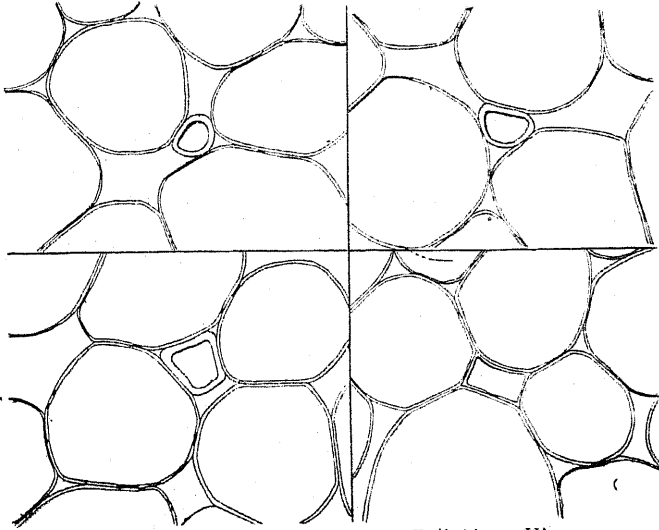


Fig. 1. — Laticifères du rhizome d'*Epilobium Hirsutum*. L.
(Gross: 386 diam.).

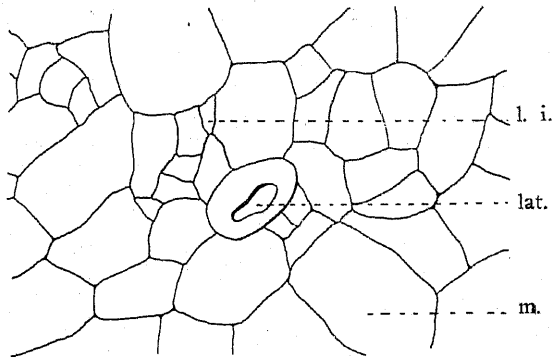


Fig. 2. — Laticifère de la tige d'*Epilobium spicatum*. LAM.
(Gross: 580 diam.).

J. Vigneron fecit.

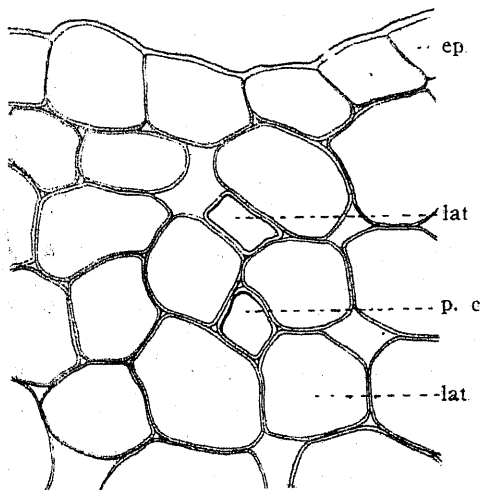


Fig. 3. — Laticifères du parenchyme cortical (drageon de l'*Epilobium Hirsutum*. L.) montrant leur proximité de l'épiderme. (Gross: 405 diam.).

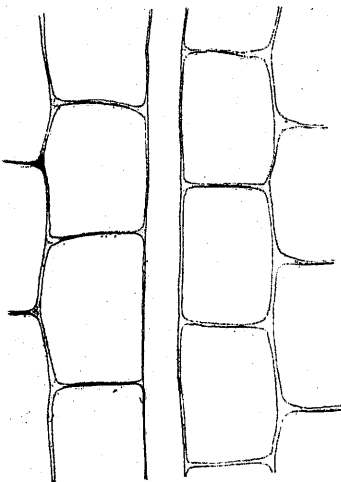


Fig. 4. — Coupe longitudinale d'un laticifère. (Gross: 202 diam.).

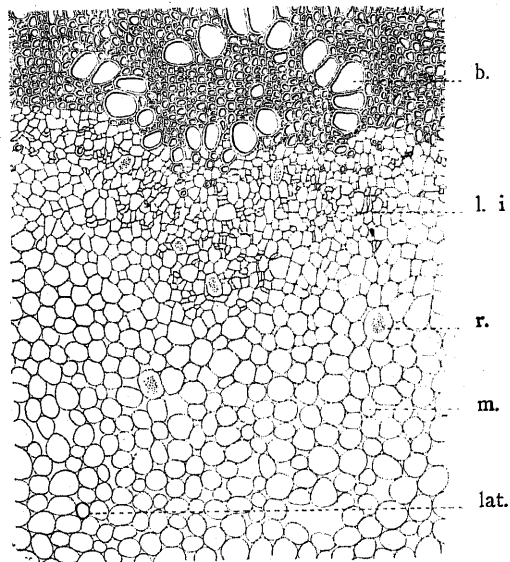
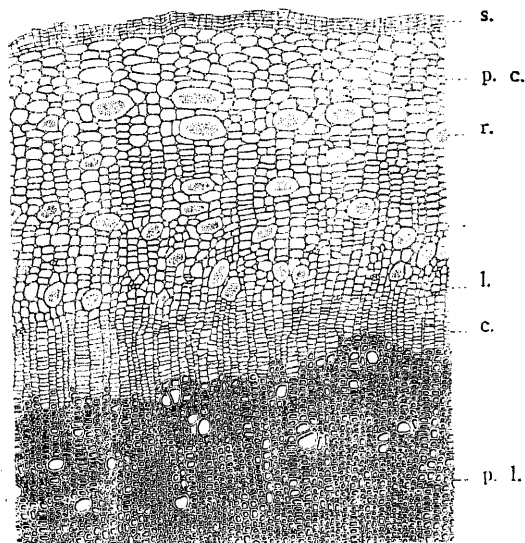


Fig. 5. — *Epilobium spicatum*, LAM.
Rhizome. Détail de la coupe transversale.
(Gross: 77 diam.).

J. Vigneron fecit.

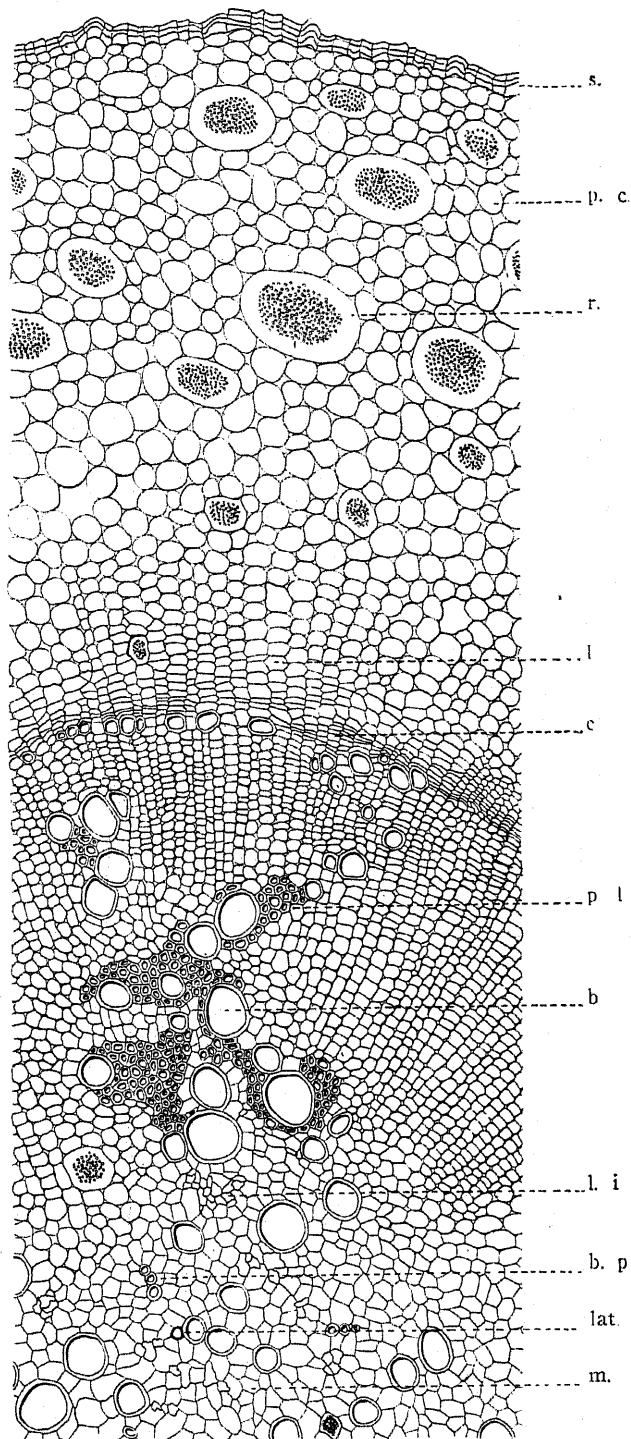


Fig. 6. — *Epilobium spicatum*. LAM.
 Racine. Détail de la coupe transversale.
 (Gross : 96 diam.).

J. Vigneron fecit.

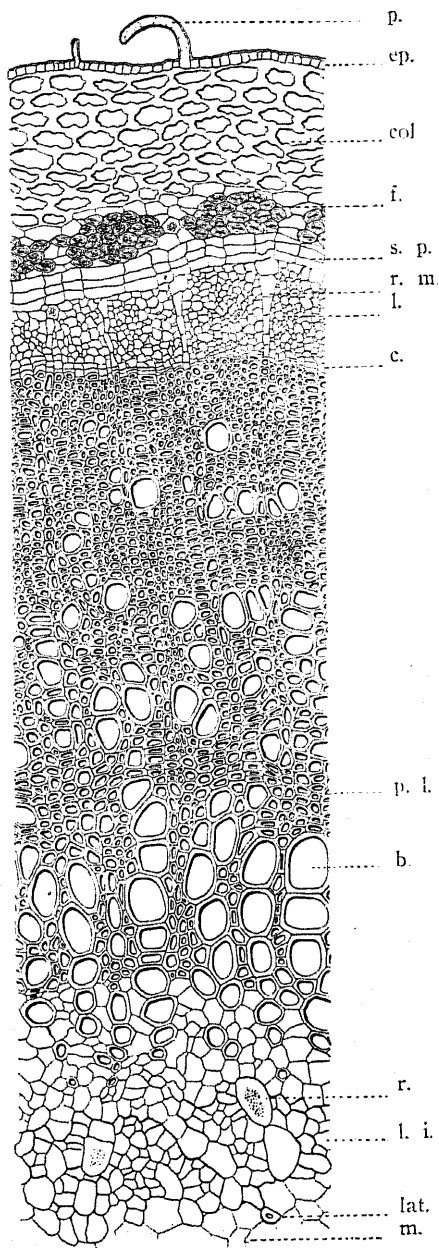


Fig. 7. — *Epilobium spicatum*. LAM.
Tige. Détail de la coupe transversale.
(Gross: 135 diam.).

J. Vigneron fecit

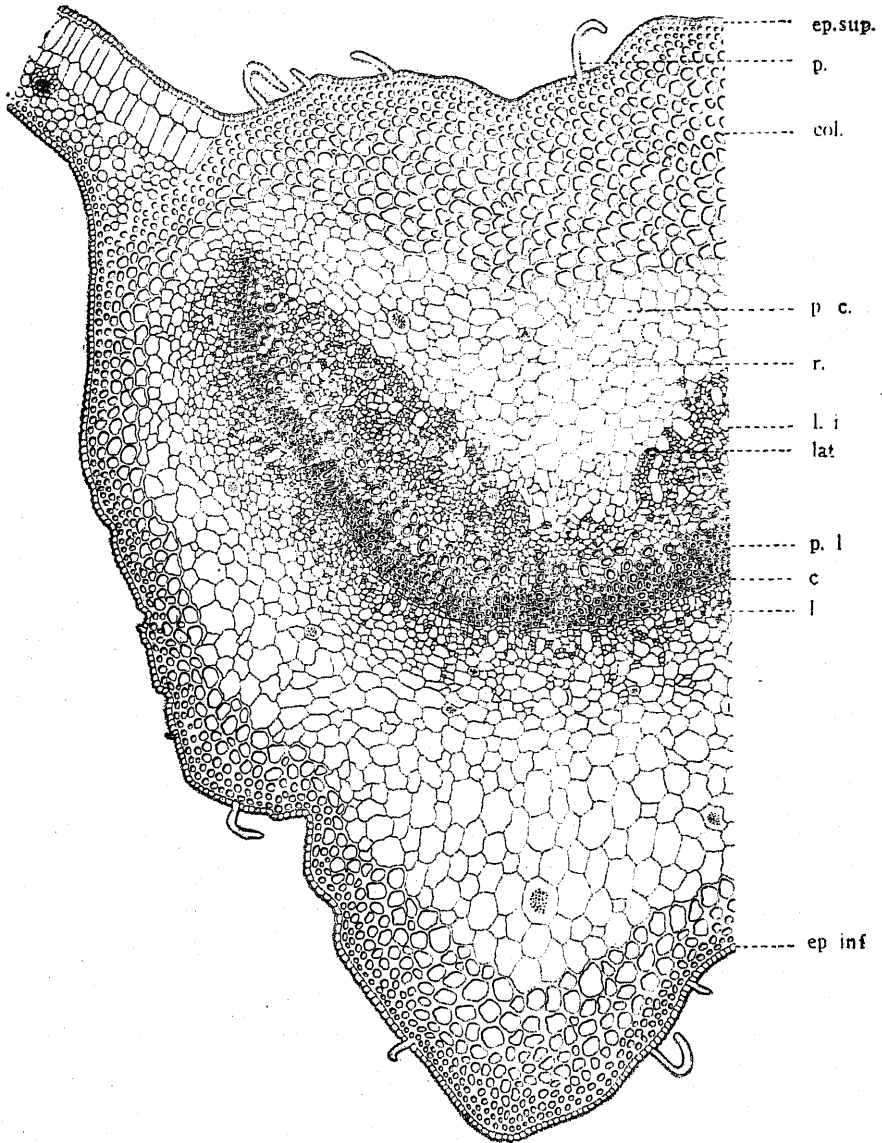


Fig. 8. — *Epilobium spicatum*. LAM.
Feuille. Détail de la coupe transversale de la nervure médiane
(Gross: 162 diam.).

J. Vigneron fecit.

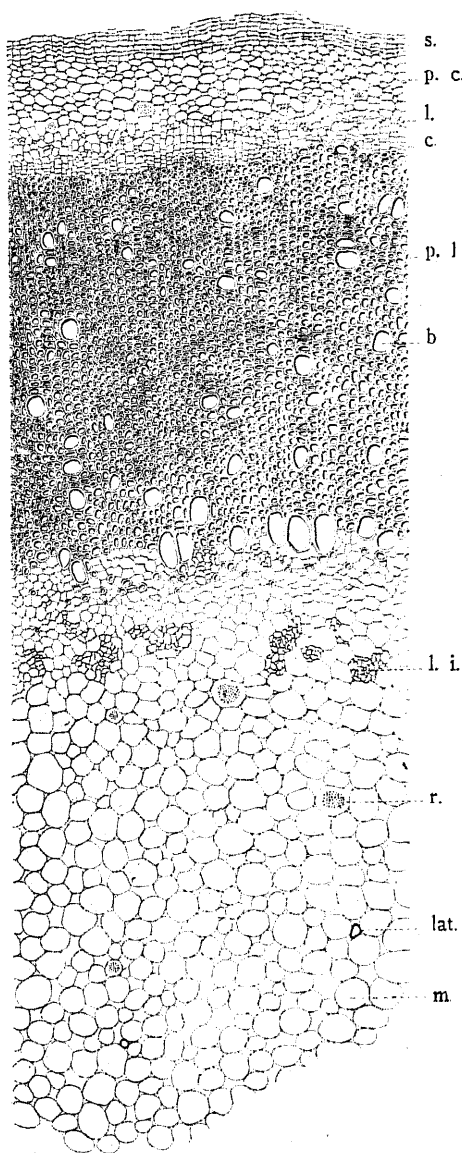


Fig. 9. — *Epilobium Hirsutum*. L.
Rhizome. Détail de la coupe transversale.
(Gross: 64 diam.).

J. Vignerot fecit

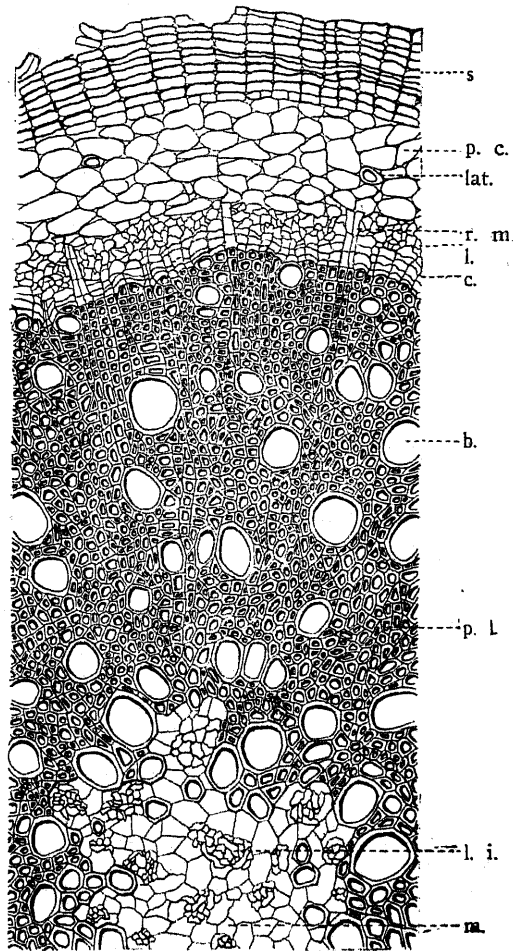


Fig. 10. — Coupe transversale
de la racine d'*Epilobium Hirsutum*.
(Gross : 129 diam.).

J. Vigneron fecit.

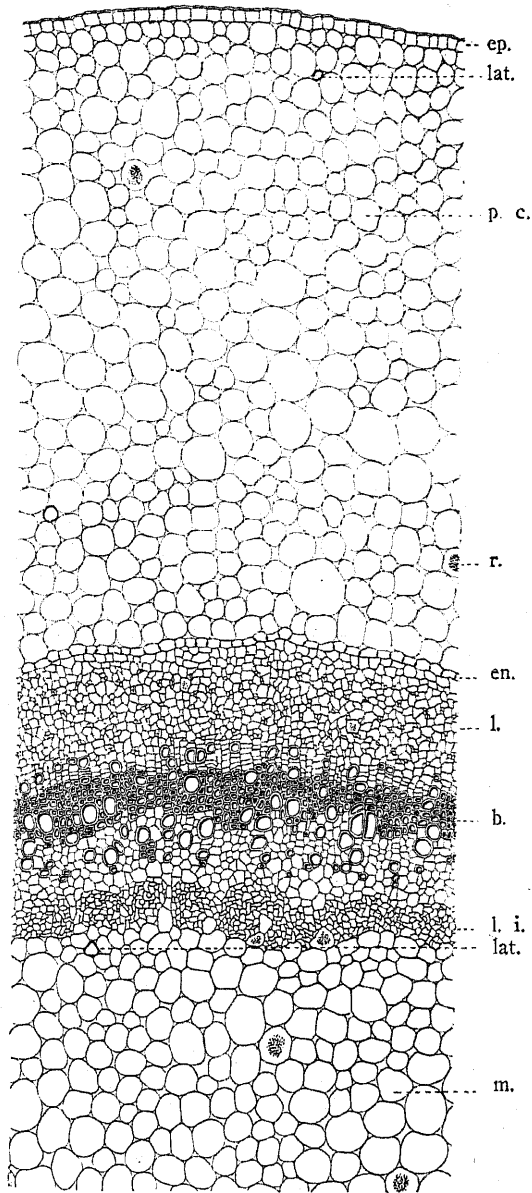


Fig. II. — *Epilobium Hirsutum*. L.
Drageon. Détail de la coupe transversale.
(Gross: 77 diam.).

J. Vigneron fecit.

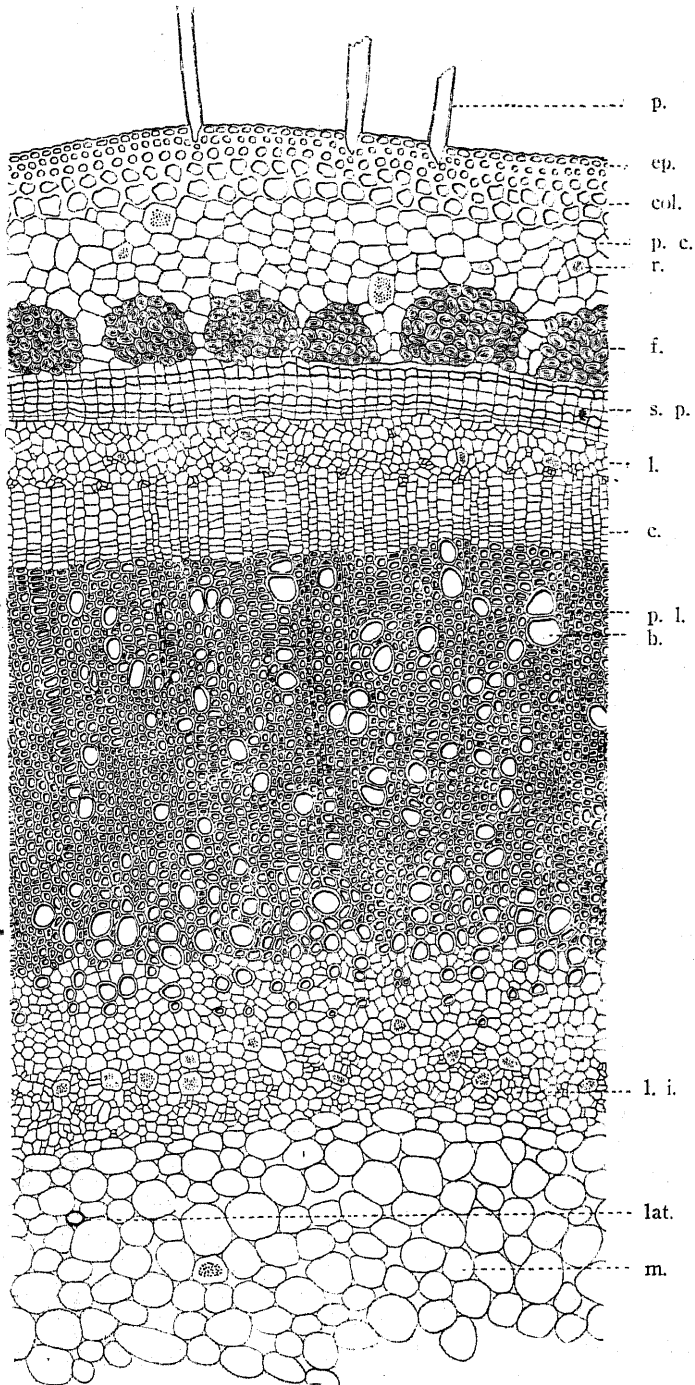


Fig. 12. — *Epilobium Hirsutum*. L.
Tige. Détail de la coupe transversale
(Gross : 96 diam.).

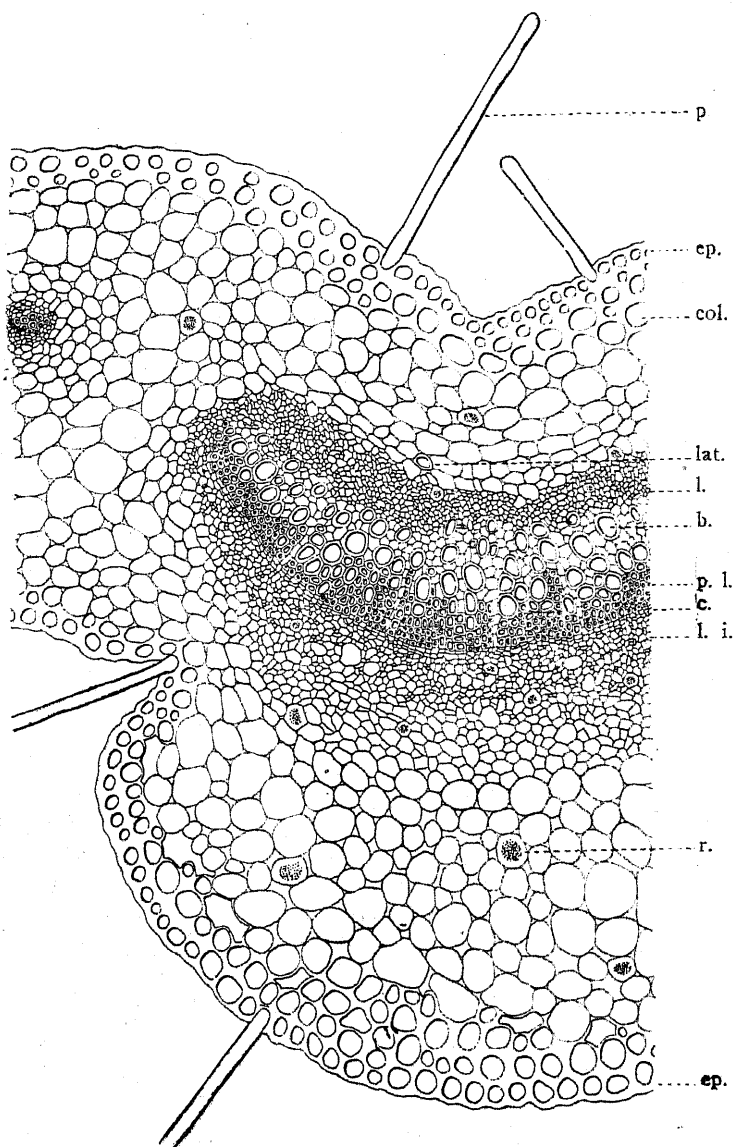


Fig 13. — *Epilobium Hirsutum*. L.

Feuille. Détail de la coupe transversale de la nervure médiane
(Gross: 162 diam.).

J. Vigneron fecit.

MUSCINÉES DU PLATEAU LORRAIN

(Suite)

CATALOGUE

par

M. BIZOT ET G. GARDET

L'esquisse phytogéographique publiée par l'un de nous dans le « *Bulletin de la Société des Sciences de Nancy* » (1) devait, dans l'esprit de l'auteur, être suivie à bref délai d'un catalogue justificatif donnant une idée aussi exacte que possible de la richesse florale de la région étudiée. Mais de multiples travaux l'ont contraint de différer ce projet.

Nous le reprenons en commun aujourd'hui, après avoir mis à profit ce retard pour réviser à nouveau, grâce à la grande bienveillance de M. le Professeur E. GAIN, les Herbiers de l'Institut botanique de la Faculté des Sciences de Nancy.

Dans ce catalogue, nous n'avons mentionné que les principales localités des plantes peu fréquentes dans nos limites, avec les numéros sous lesquels elles figurent dans les herbiers COPPEY et GODRON. Pour les Mousses communes, nous nous sommes contentés d'indiquer les faciès dans lesquels on les rencontre de préférence, sans citer de localités précises, ni les numéros correspondants des Herbiers signalés.

(1) G. GARDET, Muscinées du Plateau lorrain. *Bul. Soc. des Sc. de Nancy*, S. IV, t. III, fasc. II, p. 141 à 201, année 1927.

En publiant ces notes, notre but est double :

1° Combler une lacune dans l'étude systématique de la Flore du Plateau lorrain ;

2° Tirer de l'oubli les laborieuses recherches du regretté A. COPPEY, dont la mort prématurée fut une perte sensible pour la Lorraine, sans vouloir préjuger d'une notoriété qui allait déborder rapidement le cercle nécessairement étroit de ses premières recherches.

Puisse ce double but être atteint, et puisse ce travail, autorisé par M. le Professeur E. GAIN, à qui nous tenons à témoigner nos très vifs remerciements, susciter quelques recherches de jeunes botanistes, car il reste bien des découvertes à effectuer, malgré la monotonie et la pauvreté relative du Plateau Lorrain.

PREMIÈRE PARTIE

HÉPATIQUES LORRAINES (1)

Marchantiales

I. — RICCIA Micheli

1° RICCIA GLAUCA L.

Terricole, hygrophile ; calcifuge tolérant. — Presque exclusivement cantonné sur la vase humide, l'argile et les sables siliceux

(1) Nomenclature d'après Ch. MEYLAN : Les Hépatiques de la Suisse, *Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz*, Bd. VI, Hf. I, Zurich, 1924, qui est celle de K. MULLER : Die Lebermoose Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. *Rabenh. Krypt. Flora*, Bd. VI, 1916.

des cultures (sombres et prairies artificielles). Abondant en fin d'automne en toutes ces stations, même aux environs immédiats de Nancy.

2° *RICCIA SOROCARPA* Bisch.

Mésophytophile, calcifuge. — Abondant en sols décalcifiés, sur la terre dénudée et exposée au soleil.

Plateau de Malzéville (COP. 500); Blainville: sentiers dans les champs sablonneux (COP. 534); plateau de Brabois, de Sion-Vaudémont.

II. *RICCIELLA* A. Braun

3° *RICCIELLA FLUITANS* (L.) A. Br.

Aquatique; flottante sur l'eau des mares en compagnie des Lemnacées.

Nancy: mares, prairie de Tomblaine (GODRON: v. BOULAY: *Mus. Est.* p. 863). Station détruite.

4° *RICCIELLA CRYSTALLINA* (L.) Steph.

Calcifuge, hygrophile. — Sur la vase humide du bord des étangs et des mares.

Malzéville, Bosserville (GODRON); environs de Lunéville (GODRON: v. BOULAY: *Mus. Est.* p. 861; FRIEN, p. 21; COP., p. 300); Moncel-les-Lunéville: près étang de Mississipi (COP. 313); Champigneulle: vallon de Bellefontaine (COP. 477; DOMBRAY).

III. — *FEGATELLA* Raddi

5° *FEGATELLA CONICA* (L.) Corda.

Indifférente; hygrophile; photophile ou sciaphile. — Recherche les parois verticales et suintantes des rochers à l'abri de la lumière directe, leurs excavations et fissures humides; pénètre profondément parfois à l'entrée des grottes.

Liverdun: la Flie, abondant et cité par tous les bryologues (GOD. 22; COP. 263; etc.); Foug: fontaine au sommet du village (GARDET); jardin botanique de Nancy et serres (DOMBRAY, BIZOT, NICKLÈS, GARDET, etc.).

IV. — LUNULARIA Micheli

6° LUNULARIA CRUCIATA (L.) Dum.

Mésophile, saxicole, sciaphile; calcicole préfèrent. — Plante plutôt thermophile, abondante dans le Midi de la France; en nos régions se cantonne dans les lieux abrités des vents du Nord. Abondante dans les serres.

Nancy: jardin botanique, au pied d'un mur et dans les serres (God.; Cop. 682; GARDET, BIZOT, DOMBRAY, NICKLÈS, MOREAU, etc.); petite cour en bordure E du Tribunal Correctionnel (NICOLAS et GARDET).

V. — PREISSIA Corda

7° PRESSIA COMMUTATA (Lindbg.) Nees.

Calcicole, mésohygrophile, sciaphile. — Anfractuosités de rochers calcaires humides d'orientation N. où la plante est à demi cachée par les grands *Hypnum sylvaticus*.

Jusqu'à alors cette intéressante Hépatique n'a été trouvée qu'à Liverdun, parmi les Mousses, dans les fissures du Bajocien inférieur, proche le château de la Flie. Fructifie au premier printemps (Cop. 310 ♂ et ♂, 311, fr.; très bel exemplaire — double du n° 311 — dans *Herb. Hep. lor.*; (GARDET, HENRY, LEMASSON, BIZOT et NICKLÈS).

VI. — MARCHANTIA Marchant fil.

8° MARCHANTIA POLYMORPHA L.

Hydrophile ou amphibie; indifférent, plus abondant cependant en sol silicieux en raison de leur fraîcheur permanente. — Rigoles suintantes, tourbières, bords des marais, bases de murs bordant les cours d'eau; n'est pas rare en forêt sur les vieux ronds de charbonniers; existe souvent, même en pleine ville, entre les pavés des cours humides, aux abords des fontaines.

Nancy: la Pépinière (God.); Jardin botanique du Lycée (Cop. 277), serres du Jardin botanique (GARDET), la Malmontée (DOMB.). — Luné-

ville: étang de Spada (God.); — Forêt de Vitrimont (Cop.: Herb. Hép. lor.); — Bouxières-aux-Dames, Lay-Saint-Christophe, Damelevières, Foug, Liverdun, etc. — Ronds de charbonniers à Bosserville, Sexey-aux-Forges, bois de Commercy, bois-le-Prêtre, etc.

VII. — ANEURA Dumortier

9° ANEURA PINGUIS (L.) Dum.

Hygrophile ou amphibie; indifférent au support. — Sol humide de vieilles carrières, fossés tourbeux des bois. Plus commun aux abords des sources, où il se mélange à *Pellia Fabbriana* (la Flie); dans ces conditions nettement hygrophile. Très commun partout aux abords des sources.

var. *angustior* Hook.

Sur les tufs calcaires à Bouxières-aux-Dames, c. fr. (Bizot).

10° ANEURA MULTIFIDA (L.) Dum.

Hygrophile; calcifuge préfèrent; sciaphile. — En compagnie de *P. epiphylla*, *C. trichomanis*, sur les sols marneux ou argileux frais; plus fréquent en sols siliceux et sur la tourbe.

Blainville: parmi les Mousses au bord des petits fossés pleins d'eau des prés humides sur alluvions siliceuses (Cop. 249); forêt de Vitrimont: sentiers humides dans la forêt (Cop.: Herb. Hép. lor.).

11° ANEURA SINUATA (Dicks.) Dum.

Indifférent (1°); hygrophile. — Lit et berges des ruisselets sous bois, sur les pierres, la terre, la tourbe.

Forêt de Vitrimont: au fond des rigoles d'une jeune futaie (Cop. 681, Douin dét.).

(1) Hépatique trouvée abondamment fructifiée sur des tufs calcaires en Côte-d'Or, dans la région de Châtillon-sur-Seine (Recey-sur-Ource: lieu dit: « marais de Vaulemain ») où elle est associée à *Aneura multifida*. *Cratoneuron glaucum*, *Lophozia Mulleri*, *L. Hornschuchiana*, *Drepanocladus intermedius*, *Pellia Fabbriana*. Comme *A. multifida*, cette espèce est donc indifférente au support (Bizot).

12° ANEURA LATIFRONS Lindb.

= *A. palmata* Lindbg. var. *major* Nees.:

Terricole, hygro et hydrophile, calcifuge; assez souvent humicole.
— Terre argilo-siliceuse humide, troncs et branches pourris dans le lit des ruisselets et au bord des petites mares.

Forêt de Haye: Remenaumont (Cop. 226); bois de Richardménil (Cop. 346); forêt de Champenoux (Cop. 344); forêt de Vitrimont: tronc pourri dans une tourbière (GARDET).

VIII. METZGERIA Raddi

13° METZGERIA PUBESCENS (Schrank) Raddi.

Sciaphile, mésohygrophile, humicole; calciphile préférent. — Sur les racines émergentes et l'humus à la base des vieux arbres; dans les rocailles ombragées d'orientation N.

Champigneulles: forêt de Haye (Cop. 292). Est abondant à Liverdun, à la base des grands escarpements bajociens couronnant le coteau de la Flie, et entre Belleville et Marbache, dans les anfractuosités des éboulis calcaires.

14° METZGERIA FURCATA (L.) Lindbg.

Sciaphile; corticole, mais parfois saxicole; calcifuge. — Abondant partout sur les troncs des arbres dans les bois, mais R. R. fr.

Var. *prolifera* Nees.

Forêt de Haye et Fonds de Toul (Cop. 288, 291). Accompagne fréquemment le type; C. dans nos bois sombres et ombrageux et humides.

var. *uvula* Nees.

Maxéville forêt de Haye (Cop. 296 et Herb. Hép. lor.).

15° METZGERIA CONJUGATA Lindbg.

Sciaphile, xérophile, humicole; calcifuge préférent. — A la base des troncs d'arbres et sur les racines émergentes dans les bois, même sur sols calcaires.

Champigneulles (Cop. 282); Nancy: fonds de Toul (Cop. 283); Maxéville: forêt de Haye (Cop. 286); Nancy: Bellefontaine (DOMB.). —

Cette belle Hépatique est abondante dans le bois, au bord du sentier de la ferme Saint-Jacques à Bellefontaine.

IX. — PELLIA Raddi

16° PELLIA EPIPHYLLA (L.) Lindbg.

Hygrophile; arénicole ou saxicole; calcifuge. — Sur arènes siliceuses humides; au bord des ruisseaux, des sources, à la base des rochers humides. Exclusivement en terrains siliceux. T. C. dans les Vosges.

Hériménil: bois du Fréhaut (Cop. 298, réc. R. MAIRE); Forêt de Mondon (Cop. Herb. Hép. lor.). Plante assez fréquente au bord des fossés dans tous les bois d'alluvions siliceuses, notamment à Vitrimont et à Richardménil où elle fructifie très bien au premier printemps.

17° PELLIA FABBRONIANA Raddi

Hydro et hygrophile, calcicole. — Au bord des ruisseaux, sur les tufs suintants et la grouine humide; dans les talus des chemins creux des bois. Toujours en sols calcaires. — Abondant partout en ces stations.

Très belles colonies à la Flie (Liverdun) où la plante fructifie chaque printemps en avril-mai. T. C.

Var. *furcigera* (Hook), Manal.

Liverdun: la Flie (Cop. 302; Dom., etc.); Bouxières-aux-Dames, forêt de Haye, Viterne, Thélod, etc. — Forme stationnelle souvent associée avec le type, adaptée à des supports plus secs.

P. Fabbroniana ne se distingue bien de *P. epiphylla* qu'à l'état fertile, grâce à une coiffe plus courte que l'involucre et à la paroi capsulaire dépourvue d'arcs transversaux.

X. — FOSSOMBRONIA Raddi

18° FOSSOMBRONIA PUSILLA (L.) Dum.

Calcifuge préférent; mésohygrophile. — Souvent associé à *R. glauca*, aux deux *Anthoceros* dans les champs argilo-siliceux.

Forêt de Bezange-la-Grande: revers de fossés sur grès rhétien (Cop. 267); forêt de Vitrimont (Cop. 566); bois de Maxéville (Cop. 711); bois de Flavigny (Cop. Herb. Hép. lor.), sur alluvions siliceuses; Moncel-les-Lunéville: champs au S.-E. (GARDET).

19° FOSSOMBRONIA WONDRACZEKI (Cord.) Dum.

Terricole; avec le précédent dans les mêmes stations, plus fréquent.

Environs de Nancy (God.), de Lunéville (God.); bois de Richardmémil (Cop. 270); Belleville: plateau au N. W., sur alluvions silicieuses (Gardet).

Jungermanniales

XI. — EUCALYX Bredler

20° EUCALYX OBOVATUS (Nees) Bredl.

Hygrophile; calcifuge exclusif.

Espèce montagnarde, accidentelle à Vitrimont où elle a été recueillie le 13 avril 1911 par COPPEY (623) sur un sentier sablonneux en bordure E de la forêt. — Le très petit échantillon de l'herbier COPPEY ne permet pas d'en contrôler la détermination.

XII. — HAPLOZIA Dumortier

21° HAPLOZIA CRENULATA (Sm.) Dum.

Arénicole, hygrophile; calcifuge préférent. — A terre dans les sentiers ombragés et humides des bois, sur arènes argilo-siliceuses. — C. dans les Vosges.

Fréquent dans tous les bois d'alluvions vosgiennes; peu rare sur l'argile de décalcification en zones calcaires.

Var. *gracillima* (Sm.):

Avec le type et aussi fréquent, sinon plus.

22° HAPLOZIA RIPARIA (Tayl.) Dum.

Hydrophile ou amphibie, le plus souvent aquatique; calcicole. — A terre, sur les rochers humides, les pierres calcaires inondées.

Non cité en Lorraine par FRIREN, mais l'abbé BOULAY y estimait sa présence possible (*Mus. Est*, p. 792). Existe en effet à Nancy: Bellefontaine (COP. 357; BIZOT, GARDET, DOMBRAY, etc.). Trondes: sources calcaires (BAUDOT et GARDET); Éuville, près Commercy: ruisseau au N (GARDET). A Liverdun (la Flie), forme stationnelle intéressante à la voûte immergé d'une petite source au niveau de la Moselle.

Forma *rivularis* H. Bern (= var. *potamophila* Müll.).

Forêt de Vitrimont, sur les bords marécageux d'un ruisseau sur Keuper inférieur (GARDET).

XIII. — JAMESONIELLA Spruce

23° JAMESONIELLA AUTUMNALIS (D. C.) Steph.

Hygrophile; calcifuge.

Espèce montagnarde, R. en plaine, mais fréquente dans les Vosges en sols siliceux et que COPPEY a recueillie accidentellement en forêt de Vitrimont, au bord de fossés tourbeux (665: 11 janvier 1907).

XIV. — LOPHOZIA Dumortier

24° LOPHOZIA EXCISA (Dicks.) Dum.

Achalique; arénicole, mésohygrophile. — Sur sols sablonneux humides, plus fréquent sur les Muscinées décomposées.

Cité à tort par GODRON aux fonds de Toul; il a confondu cette plante avec *L. bicrenata* (v. COP., p. 302); l'abbé BOULAY (*Mus. Est*, p. 802) estimait que les échantillons de GODRON ne pouvaient être qu'une forme de *L. ventricosa*. Maxéville: forêt de Haye, sur alluvions siliceuses (COP. 118, 121, 122), forêt de Vitrimont (COP. 622). Nous avons trouvé abondamment cette Hépatique en cette dernière station sur *Sphagnum acutifolium* altéré.

Var. *Limprichti* (Lindbg.)

Blainville: lande d'alluvions près la ferme Mitry (COP. 119, 120).

25° LOPHOZIA BICRENATA (Schmid) Dum.

Arénicole, calcifuge. — Croît surtout sur les sols sablonneux, ombragés, au bord des chemins dans les bois. T. C. dans les Vosges.

Nancy: fonds de Toul (GODRON), forêt de Haye (Cop., 115, 116); Blainville: bois de Vacqueville (Cop. 625). — Assez fréquent dans tous nos bois sur alluvions siliceuses: Richardménil, Vitrimont, Bosserville, Atton, Messein, Pont-Saint-Vincent, etc.

26° LOPHOZIA MULLERI (Nees.) Dum.

Calcicole exclusif dans nos limites; hygrophile. — Sur les rochers, dalles et éboulis calcaires frais ou suintants d'orientation N.; fr. au printemps. Dimorphisme sexuel accusé.

Nancy: fonds de Toul, Maxéville (GODRON); Liverdun: la Flie (GODRON, COPPEY, DOMBRAY, NICOLAS, etc.); Champigneulles, Belleville, Sexey-aux-Forges.

L. Mulleri est très abondant à la Flie (Liverdun) où il tapisse de ses petits gazons denses, vert-olivâtre, les anfractuosités des roches bajociennes en place où les talus consolidés de grouine, partout où existent de légers suintements.

27° LOPHOZIA HORNSCHUCHIANA (Nees.) Macoum

= *L. Mulleri* var. *Horschchiana* Macoum.

Espèce montagnarde citée par P. DOMBRAY à Liverdun (la Flie), en société de *L. Mulleri*. (Voir Thèse, p. 8).

XV. — PLAGIOCHILA Dumortier

28° PLAGIOCHILA ASPLENIODES (L.) Dum.

Mésohygrophile, terricole; indifférent au support. — Robuste Hépatique commune dans tous les bois, où elle est associée aux grands *Hypnum* sylvatiques; recherche les talus frais d'orientation N., ombragés et humides. Commune partout.

Il n'est pas de bois, même les plus secs, qui ne donnent asile à cette plante où elle se présente sous des formes diverses en relation directe avec la constance du facteur humidité. COPPEY a catalogué les variétés suivantes qui ne sont que des formes stationnelles:

Var *minor* Nees. — Forêt de Haye (188, 194);

Var *humilis* Nees. — Maxéville (195).

Var *major* Nees. — Forêt de Champenoux (191); fonds de Toul (196);

XVI. — PEDINOPHYLLUM Lindberg

29° PEDINOPHYLLUM INTERRUPTUM (Nees.) Lindbg.

Calcicole exclusif; mésohygrophile, sciaphile. — Recherche les anfractuosités des rochers, les dalles calcaires ombragées et suintantes, où il croit en compagnie de *F. decipiens*, *C. molluscum*, *L. Muelleri*.

Liverdun: rochers calcaires à la Flie (Cop.: Herb. Hép. lor. et voir son travail sur cette station, p. 343; BIZOT, NICKLÈS, GARDET, DOMBRAY; Haut-du-Lièvre (DOMBRAY).

Jusqu'ici, cette Hépatique n'a été trouvée qu'aux environs de Nancy; à la Flie elle est assez fréquente à la base des grands escarpements calcaires qui couronnent la rive droite de la Moselle.

XVII. — LOPHOCOLEA Dumortier

30° LOPHOCOLEA BIDENTATA (L.) Dum.

Hygrophile préfèrent; arénicole parfois; mais le plus souvent humicole; indifférent. R. fr.

Très commun en Lorraine, comme partout ailleurs dans les bois humides, les haies, entre les rocailles ombragées. Fort belle station à la roche de Thélod.

31° LOPHOCOLEA HETEROPHYLLA (Schrad.) Dum.

Sciaphile, presque lucifuge; arénicole, mais surtout humicole; calcifuge préfèrent.

Abondant partout et presque constamment couvert de capsules, sur toutes les souches en décomposition, dans les grands bois humides ou non.

32° LOPHOCOLEA MINOR Nees.

Calcicole préfèrent dans nos limites; mésohygrophile. — Au pied des arbres dans les grands bois calcaires; dans les anfractuosités ombragées des éboulis calcaires. Abondant en ces stations sur tout le plateau calcaire; néanmoins trouvé par COPPEY (114) sur talus argilo-siliceux en forêt de Vitrimont.

La var. *erosa* Nees n'est qu'une forme stationnelle adaptée à un substratum plus sec. Quand les précipitations atmosphériques ou la tension de la vapeur d'eau dans l'air suffisent à entretenir une humidité constante, les feuilles sont normales; elles se couvrent de propagules dans les cas contraires.

XVIII. — CHILOSCYPHUS Corda

33° CHILOSCYPHUS POLYANTHUS (L.) Corda.

Hydrophile, le plus souvent aquatique; indifférent (?). — Commun au bord des petits ruisselets, dans les rigoles, les fossés humides des Basses-Vosges gréseuses; beaucoup plus rare en régions calchiques.

Nancy: Fonds de Toul (God. 14-15), Bellefontaine (Cop. 39); bois de Maxéville: talus de chemin creux (Cop. 268, mars 1909; capsules développées en chambre humide); Lunéville: bois du Fréhaut (Cop.: Herb. Hép. lor.); Nancy: Bellefontaine (DOMBRAY). Trouvé dans toutes les rigoles des grands bois sur alluvions siliceuses, notamment à Vitrimont, Moncel-les-Lunéville, Richardménil, Messein, Atton, etc.

34° CHILOSCYPHUS PALLESCENS (Ehrh.)

Hygrophile, arénicole; calciphile préférent. Dispersion mal connue. — Au bord des sentiers, talus des chemins creux des bois (Cop), sur la grouine humide (GARDET).

Nancy: chemin creux en descendant aux Trois-Fontaines (God. 13), forêt de Haye (Cop. 554, fr.), fonds de Toul (Cop. 40, fr.), Bellefontaine (DOMBRAY); Pompey (NICOLAS, GARDET c. fr.).

Paraît n'être qu'une adaptation de la précédente à un milieu simplement humide des sols graveleux, calcaires ombragés. Se trouve partout dans ces conditions: abondant par exemple à Liverdun (la Flie, fonds de la Flie) dans les fonds de Toul, à Maron, Pierre-la-Treiche, Vilcey-sur-Trey, etc.

XIX. — CEPHALOZIA Dumortier

35° CEPHALOZIA BICUSPIDATA (L.) Dum.

Achalchique préférent; mésohygrophile. — Sur la terre humide (argile de décalcification ou arène siliceuse), au bord des chemins,

sentiers, sur les talus humides, dans les fissures des rochers, sur le bois pourrissant.

N'est pas rare en milieu humicole, où il est souvent associé à *L. heterophylla*.

Tomblaine (Gob.); Maxéville: forêt de Haye (Cop. 14); Richardménil (Cop. 13); forêt de Vitrimont (Cop. 15); Chavigny: Remenaumont; forêts de Mondon, d'Atton, de Sexey-aux-Forges, etc.

36° CEPHALOZIA CONNIVENS (Dicks.) Spr.

Humicole, rarement saxicole, et, dans ce cas, calcifuge exclusif; hygrophile. — Troncs pourris, notamment dans les bois de sapins; parmi les Sphaignes dans les tourbières.

Forêt de Vitrimont: bord de fossés à Sphaignes (Cop. 329), dans des touffes de Sphaignes (GARDET).

37° CEPHALOZIA MEDIA Lindbg.

Humicole, calcifuge; mésohygrophile. — Sur l'humus dans les tourbières, sur les troncs pourris.

Forêt de Vitrimont; au bord de fossés tourbeux (Cop.: Herb. Hép. lor., sous le nom de *C. reclusa* qui est une espèce alpine ne descendant pas au-dessous de 700 m.); médiocre échantillon.

XX. — CEPHALOZIELLA Spruce

38° CEPHALOZIELLA HAMPEANA (Nees.) Schiffn.

Mésohygrophile; calcifuge. — Au bord des sentiers sur sols sablonneux; sur l'humus, la tourbe.

Var. *amphigastria* Schiffn.

Forêt de Vitrimont, sous les Pins (Cop. 20).

Var. *erosa* (Warnst) K. Müll. = *C. Camusii* Douin.

Forêt de Vitrimont: lieux tourbeux, sur Sphaignes (Cop. 564, DOUIN dét.).

Var. *viridis* Douin.

Bois de Maxéville: fossés argilo-sablonneux (Cop. 29, DOUIN dét.).

39° CEPHALOZIELLA LIMPRICHTI Warnst.

= *C. stellulifera*, var. *gracillima* Douin.

Achalique; hygro ou mésohygrophile. — Au bord des chemins, des sentiers; dans les fossés sur sols argilo-siliceux frais.

Forêt de Vitrimont: dans une jeune pineraie (Cop. 683, DOUIN dét.).

Var. *examphigastria* Douin:

Forêt de Vitrimont: sentier sablonneux (Cop. 621, DOUIN dét.).

40° CEPHALOZIELLA STARKEI (Funck) Schiffn.

= *C. byssacea* Heeg. = *C. divaricata* Douin.

Calcifuge préfèrent; arénicole ou saxicole. — Sur les sols argilo-sablonneux humides, les rochers siliceux, la tourbe, ou en mélange avec d'autres Muscinées.

Nancy: Montaigu, bois de Tonblaine (God.); forêt de Vitrimont (Cop. 624, 680, DOUIN dét.); Varangéville: sur grès rhétien, et Richardménil: bois d'alluvions (Cop.: Herb. Hép. lor.); roche de Thélod (Cop.: notes manuscrites). N'est pas très rare sur alluvions siliceuses dans nos grandes forêts des vallées de la Meurthe et de la Moselle.

XXI. — CALYPOGEIA Raddi

41° CALYPOGEIA TRICHOMANIS (L.) Corda.

= *Cincinnulus trichomanis* Dum.

Achalicique préfèrent, humicole. — Sur l'argile et les alluvions argilo-siliceuses humides; sur les troncs pourris, l'humus accumulé des aiguilles de pins, dans tous les terrains ombragés. Abondant dans les Basses-Vosges gréseuses.

Forêt de Haye (God.) forêt de Vitrimont (Cop. 562, 563). — Abondant en forêt de Vitrimont; moins commun, mais néanmoins fréquent à Richardménil; existe en forêt de Haye (la Forestière), à Belleville, à Ville-Issey près de Commercy, etc.

Les formes suivantes, élevées au rang de variétés par de nombreux auteurs se rencontrent presque toujours avec le type. Il en est de cette plante comme de toutes les Muscinées à large extension, sensibles à l'action des facteurs physiques: l'éclairage et le degré d'humidité du substrat justifient les grandes variations du gamétophyte.

Forma LUXURIANS K. Mul. = var. *Sprengeli* des auteurs français.

Forêt de Vitrimont: parmi les Sphaignes, dans les fossés (Cop. 479).

Forma PROPAGULIFERA Nees.

Maxéville: forêt de Haye (Cop. 44); Richardmémil: fossés (Cop. 46),
sommères et talus (GARDET).

42° CALYPOGEIA FISSA (L.) Raddi

Comme le précédent, mais sur les sols plus décalcifiés.

Chavigny; Remenaumont (Cop. 48); Maxéville forêt de Haye (Cop. 49). — Bois de Richarmémil, de Messein, de Moncel-les-Lunéville, de Vitrimont, etc. Espèce pour les uns, variété pour les autres, adaptée à un milieu plus acide et moins humide.

43° CALYPOGEIA ARGUTA Mont. et Nees

Espèce atlantique et méditerranéenne croissant aussi sur les sols argilo-marneux ou sablonneux frais (MEYLAN).

Exceptionnelle en nos régions: forêt de Vitrimont, au revers de fossés sablonneux (Cop. 402, 561).

XXII. — PLEUROSCHISMA Dumortier

44° PLEUROSCHISMA TRICRENATUM (Wahlen.) Dum.

Espèce montagnarde, calcifuge exclusive; hygrophile.

Lunéville: forêt de Mondon (Cop. 199), à la base des troncs et des souches pourries. Avec *Plagiothecium latebricola* dans les bois marécageux de Mississipi, sur alluvions siliceuses.

Cette espèce n'existe accidentellement aux environs de Lunéville qu'en raison du voisinage immédiat des Vosges où elle est fréquente. On peut espérer trouver également, dans les mêmes conditions de petites colonies de *P. trilobatum* (L.) Dum. abondant à partir de Baccarat.

XXIII. — LEPIDOZIA Dumortier

45° LEPIDOZIA REPTANS (L.) Dum.

Calcifuge, mésohygrophile. — Sur les troncs, les rochers, à terre, en sols siliceux. Préfère les troncs pourris, néanmoins abondant dans les Vosges sur arènes siliceuses humides et humifères.

Moncel-les-Lunéville (Cop. 86); forêt de Vitrimont (Cop. 90). — N'est pas extrêmement rare en forêt de Vitrimont au revers des fossés, dans les petites tourbières, sur le bois mort près des sourcettes, parmi les Mousses et surtout dans les touffes de *Sphagnum*.

XXIV. — TRICHOCOLEA Dumortier

46° TRICHOCOLEA TOMENTELLA (Ehrh.) Dum.

Arénicole, hygrophile; calcifuge dans nos limites. — Sources et cascates des terrains siliceux; au bord des petits ruisselets. R. R. fr.

Moncel-les-Lunéville: forêt de Mondon (Cop. 246); forêt de Vitrimont (Cop. 591). — Plusieurs stations en forêt de Vitrimont (NICOLAS), notamment en direction de la gare de Mont-sur-Meurthe (BIZOT et GARDET).

T. tomentella, d'après les observations du D. Langeron, s'installe très bien sur des sols contenant une assez forte proportion de calcaire (30 à 40 %) à condition que soient réalisées certaines conditions de substratum, d'humidité et d'exposition. En réalité, dans le Jura calcaire, cette intéressante Hépatique ne se rencontre guère que sur l'Oxfordien siliceux (sommets), souvent masqué il est vrai par des éboulis coralligènes du Rauracien inférieur, eux-mêmes riches en silice (GARDET).

XXV. — DIPLOPHYLLUM Dumortier

47° DIPLOPHYLLUM ALBICANS (L.) Dum.

Achalicique exclusif; mésohygrophile. — Une des Hépatiques les plus communes des régions siliceuses pures (Vosges hercyniennes et gréseuses, à toutes les hauteurs) où elle couvre de grandes surfaces sur des arènes sableuses humides, au bord des fossés, sur les parois verticales suintantes. Selon le mode d'éclairage et le degré d'humidité du support, elle passe du vert clair (sous les ombres, à terre) au pourpre foncé (escarpements suintants ensoleillés).

Dans nos limites, se cantonne sur les grès rhétiens et dans les talus des chemins creux des bois d'alluvions siliceuses.

Forêt de Vitrimont (Cop. 55, 401, 619, 712); Richardménil (Cop. 56); Chavigny: forêt de Haye (Cop. 51, fr.). — Bois de Saulxures-les-Nancy (R.), du Mauvais-Lieu à Richardménil (A. C.); quelques îlots en forêts de Haye: Remenaumont; sur grès rhétien à Rosières-aux-Salines, en forêt de Bezange-la-Grande.

48° *DIPLOPHYLLUM OBTUSI-FOLIUM* (Hook.) Dum.

Achalicique exclusif; saxicole préférent; hygrophile. — Parfois sur les arènes siliceuses, mais croît de préférence sur les parois granitiques ou gréseuses humides non exposées à la lumière.

Trouvé accidentellement en forêt de Vitrimont par COPPEY (64, fr.) sur les parois de fossés ombragés (alluvions siliceuses de la Meurthe).

XXVI. — *SCAPANIA* Dumortier49° *SCAPANIA CURTA* (Mart.) Dum.

Calcifuge; mésohygrophile; arénicole ou saxicole. — Dans nos limites, à terre, au bord des sentiers, dans les bois frais et ombragés, sur arènes achaliciques.

Richardménil (Cop. 214, 216, 217, 247); forêt de Champenoux (Cop. 215).

Var. *ROSACEA* (Corda) Carr.

Avec le type. Richardménil (Cop. 348).

50° *SCAPANIA IRRIGUA* (Nees.) Dum.

Hydrophile, achalicique. — Espèce assez fréquente dans les mares et sur le bord des ruisseaux marécageux en régions siliceuses; exceptionnelle en plaine.

Blainville: dans une rigole humide, parmi les Bruyères, sur alluvions siliceuses de basse terrasse (Cop. 620).

51° *SCAPANIA AEQUILOBA* (Schwgr.) Dum.

Calciphile. Sur les rochers ombragés, en colonies pures et le plus souvent en brins isolés dans les touffes des grands *Hypnum* sylvatiques.

Liverdun: la Flie (Cop. 210, 211; DOMBRAY); fonds de Toul, fonds de la Flie, la Flie, Maron, Sexey-aux-Forges, Dieulouard, etc.

Non indiqué par FRIREN, mais cité dans le catalogue manuscrit de l'abbé BARBICHE (dét. CORBIÈRE).

52° SCAPANIA ASPERA M. et H. Bernet.

Calcicole. — Avec le précédent, dans les mêmes stations, mais plus commun; au reste, les deux espèces sont souvent confondues.

Livredun: la Flie (COP. 232; DOMBRAY, HENRY); Maron, Martin-court: Saint-Jean; plateau de Malzéville, Nancy: route de Toul, Pagny-sur-Meuse, etc.

53° SCAPANIA NEMOROSA (Mich.) Dum.

Terricole et saxicole; calcifuge tolérant; hygro ou mésohygrophyle. — Abondant en sols siliceux (Vosges); commun dans nos grands bois sur alluvions siliceuses de la Meurthe, de la Moselle et de leurs affluents, notamment en forêt de Vitrimont. Plus rare sur l'argile humide de décalcification: Maxéville, forêt de Haye (COP. 229).

FRIREN cite à tort cette espèce en sols calcaires, dans les vallées de Mance et de Monvaux: c'est vraisemblablement de *S. aspera* ou de *S. aquiloba* qu'il s'agit.

XXVII. — RADULA Dumortier

54° RADULA COMPLANATA (L.) Dum.

Corticole rarement saxicole dans nos limites. Hépatique des plus répandues. Propagules fréquents dans les stations sèches: presque toujours fructifiée ailleurs.

XXVIII. — MADOTHECA Dumortier

55° MADOTHECA PLATYPHYLLA (L.) Dum.

Indifférent, arboricole ou saxicole, commun dans toutes les zones. Souvent associé, sur les murs ombragés, à *A. viticulosus* et *N. complanata*.

Rarement fructifié; cependant à Livredun (la Flie) les 30 novembre et 12 décembre 1924 (GARDET: Mus. nouv. env. Nancy. *Bul. Soc. bot. France*, 8. § 5, t. I, p. 541, 1925).

XXIX. — FRULLANIA Raddi

56° FRULLANIA TAMARISCI (L.) Dum.

Xérophile, arboricole; assez fréquemment saxicole; toujours sciaphile. — Abondant dans nos grands bois (forêt de Haye, de Vitrimont, de Mondon, de Champenoux, en Woivre, etc., mais le plus souvent confondu avec *F. dilatata*.

GODRON l'indique commun sur la terre et au pied des arbres dans les bois, mais COPPEY a fait remarquer avec raison qu'il n'existe pour ainsi dire jamais sur la terre (Cop., p. 303).

57° FRULLANIA FRAGILIFOLIA Tayl.

Xérophile; corticole préférent, parfois saxicole achalicique. Fréquent sur les troncs des Pins et des Sapins dans les Vosges hercyniennes et gréseuses; R. ailleurs.

Forêt de Vitrimont (Cop. 604), sur les troncs de quelques arbres.

58° FRULLANIA DILATATA (L.) Dum.:

Corticole et rarement saxicole, dans ce cas calcifuge; xérophile. — Répandu sur tous les troncs d'arbres isolés ou non. Le plus souvent fertile.

Le lobule hémisphérique, en forme de capuchon, est l'habitat préféré d'une intéressante faune et flore microscopiques où dominent des Rotifères, des Tardigrades, des Algues minuscules (notamment des Nostoc, quelques Diatomées).

XXX. — LEJEUNEA Libert

59° EULEJEUNEA CAVIFOLIA (Ehrh.) Lindbg.

Mésophyphyle, polyédaphique, achalicique préférent.

Champigneulle (Cop. 414, 597); forêt de Parroy (Cop. 414, fr.).

N'est pas rare en forêt de Haye, à la base des gros arbres où il forme des tapis denses, d'un vert pâle, sur l'humus accumulé entre racines émergentes d'orientation N.

60° MICROLEJEUNA ULICINA (Tayl.) Ev.

Corticole, sciaphile. — Crevasses des troncs d'arbres, Hêtres ou Sapins de préférence, dans les grands bois frais où il forme de graciles colonies à peine discernables à l'œil nu, ce qui rend sa recherche difficile. Abondant dans les Vosges gréseuses.

Forêt de Mondon à Moncel-les-Lunéville (Cop. 82); forêt de Vitrimont (Cop. 92, sur Bouleau; 457, sur Aulne).

61° COLOLEJEUNA CALCAREA (Lib.) Spr.

Calcicole exclusif, sciaphile; hygrophile. — Cette plante se plait sur les parois verticales des calcaires ombragés, d'orientation N de préférence, et légèrement humides. Elle croît également sur les tiges pendantes des grandes Hypnacées sylvatiques, notamment sur *Neckera crispa*.

Hépatique signalée pour la première fois en Lorraine par G. GARDET (*Revue bryologique*, p. 37, 1925; *Bull. Soc. Bot. Fr.*, p. 540, 1925) à Liverdun, sur les rochers bajociens à la Flie et au fond de la Flie. Abondante à la Flie en 1930 (BIZOT, NICKLÈS et GARDET).

Anthocerotales

XXXI. — ANTHOCEROS Micheli.

62° ANTHOCEROS LAEVIS L.

Terricole hygrophile, rarement saxicole. — Champs argileux et humides (GODRON) principalement sur ceux des alluvions siliceuses; abondant en automne avant les premières gelées et généralement associé aux petits *Pottia*, aux *Riccia* terrestres et à *Fossombronia*.

Nancy: mare à Nabécor (GODRON: station détruite); la Malgrange, Rosières-aux-Salines, Lunéville (GODRON); Belleville: plateau au N. W. (GARDET). — Abondant à Moncel-les-Lunéville, au S.-É. de Rosières-aux-Salines, Bosserville, etc.

63° ANTHOCEROS PUNCTATUS L.

Terricole hygrophile; calcifuge. Comme le précédent est plus ou moins sporadique.

Les échantillons de l'herbier Godron appartiennent à *A. lacvis*. — Moncel-les-Lunéville: champs argileux siliceux à l'E. (GARDET); Varangéville: pré argileux près Serrières (Cop. 341).

Additif

Les espèces suivantes signalées en Lorraine n'existent pas:

ALICULARIA SCALARIS (Schrad.) Corda. — Signalé à Tomblaine par Godron; c'est *Haplozia crenulata* (Sm) Dum.

LOPHOZIA BARBATA (Schmid.) Dum. Cité par Godron; mais c'est *L. Mulleri* (Voir Cop. p. 301).

LOPHOZIA VENTRICOSA (Gott.) Schiff. — Signalé par Godron à Maxéville, aux Fonds de Toul, à Liverdun: c'est simplement *L. Mulleri* (voir Cop. p. 302).

MATHODECA LAEVIGATA (Schrad) Dum. — Godron signale cette espèce comme très commune au pied des arbres; or, les échantillons de son herbier appartiennent tous à *M. platyphylla*.

MARSUPELLA EMARGINATA (Ehrh.) Dum. — Signalé par Godron à Tomblaine (voir Boulay: Mus. Est p. 765), mais cette espèce, qui ne croît qu'en sols siliceux très purs, n'est pas représentée dans son herbier: elle est donc à supprimer de la liste des Hépatiques lorraines (voir Coppey p. 302).

RICCIA MINIMA L. (= R. NIGRELLA D. C.). — Citée par Godron dans le bois de Tomblaine, mais il s'agit simplement de *R. glauca* (voir Cop. p. 300).

APPLICATION
DE
L'INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE
A LA
RECHERCHE DES DÉFAUTS
DANS LES PIÈCES MÉTALLIQUES

PAR M. JEAN PELTIER

INTRODUCTION

Mon but, en écrivant ces lignes, n'est pas d'établir un exposé des diverses méthodes permettant de *voir* à l'intérieur des pièces métalliques, et plus particulièrement en fer, fonte ou acier. Ces procédés, variés, ont tous de notables inconvénients :

Si on chauffe par exemple jusqu'au rouge, une barre de fer ou d'acier, elle acquiert une sorte de transparence qui permet d'observer si l'intérieur présente quelque grave défaut. Cette expérience, décrite dans les ouvrages de physique, peut être mise à profit par les forgerons.

Si l'on utilise les rayons X — permettant donc d'opérer à la température ordinaire — il est encore possible de distinguer les défauts intérieurs qui forment tache sur l'écran fluorescent ou sur plaque photographique. L'emploi des rayons X nécessite des installations fort coûteuses et peut, à la longue, devenir préjudiciable aux opérateurs, provoquant même des accidents graves !

Passant dans un autre domaine d'investigation, on arrive aux

procédés magnétiques et électro-magnétiques, qui ont fait l'objet de recherches plus récentes :

Vérification des joints de rails soudés à l'autogène, grâce au spectre magnétique ; détermination de la dureté d'un acier en fonction de sa permabilité et enfin recherche effective des défauts inapparents, grâce aux variations des constantes magnétiques du métal. C'est ce dernier domaine qui, depuis quelques années, offre le plus vaste champ d'études ; mais, vu la nouveauté du sujet, les publications et autres renseignements techniques sont encore assez rares. On cite en particulier les travaux de M. Suzuki, ingénieur des Chemins de fer de l'Etat japonais d'une part, et d'autre part on mentionne un appareil spécial établi par la « Magnétic Analysis Corporation » de Long Island City.

Ayant moi-même abordé la question et en choisissant pour titre : « *Application de l'induction magnétique à la recherche des défauts dans les pièces métalliques* » je ne fais que répéter celui d'une trop brève communication faite en juillet dernier au Congrès de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, à Nancy et me propose d'exposer dans cet ouvrage le principe de la nouvelle méthode, les moyens pratiques de réalisation, les résultats qu'il m'est — dès maintenant — possible d'atteindre et enfin ceux que l'avenir permet d'entrevoir.

Je termine en reproduisant in-extenso plusieurs notes présentées entre temps à l'Académie des Sciences et permettant de mieux suivre l'évolution de mes travaux.

J. P., 1931.



I

Premiers Essais se rapportant aux Arbres de Machines

1. *Production des courants induits.* — On sait qu'il se produit un courant induit dans un circuit fermé quelconque toutes les fois qu'on y provoque une variation de flux magnétique. Le sens du courant induit est toujours tel qu'il tend à s'opposer à la variation de flux qui lui a donné naissance (loi de Lenz). La force électromotrice d'induction est proportionnelle à la vitesse de variation du flux magnétique (en fonction du temps).

2. — Considérons donc un barreau en acier à la surface duquel une petite cavité a été pratiquée (1) afin de figurer un défaut. Réalisons une bobine formée de deux enroulements superposés (isolés) que nous appellerons respectivement le primaire et le secondaire. Alimentons le primaire par une source de courant continu et réunissons le secondaire aux deux bornes d'un galvanomètre. Introduisons maintenant le barreau dans la bobine (Fig. I) de façon à ce qu'il la traverse complètement.

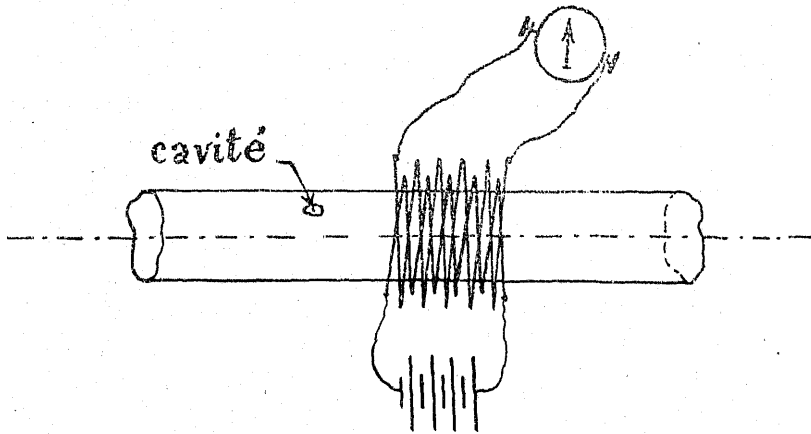


Fig. 1

(1) Nous avons réalisé cette expérience il y a déjà plusieurs années et constaté les difficultés que pouvait présenter cette méthode.

Pendant le déplacement, il est clair que le passage de la cavité à l'intérieur de la bobine doit perturber le champ magnétique produit grâce au circuit primaire et engendrer un courant induit capable de faire dévier le galvanomètre. En réalité le galvanomètre est un instrument très imparfait pour réaliser cette expérience, en raison, de l'inertie de son équipement mobile ; d'autre part, sauf pour un barreau *d'allongement très grand* (1) l'influence des extrémités se fait également sentir et produit un courant perturbateur.

Une solution peut être envisagée, au moins acceptable dans le cas des gros défauts : *le remplacement du galvanomètre par un oscillographe enregistreur*. (L'examen de l'oscillogramme montrant l'existence d'une perturbation dans la courbe du courant induit corrélative à l'existence d'un défaut.) C'est en se basant sur un principe analogue que la « Magnétic Analysis Corporation » de Long Island City, a construit un appareil utilisé actuellement par la « *Wright Aeronautical Corporation* ».

3 *Pièces admettant un axe de révolution*. — Si une pièce de révolution, mais non homogène, en acier ou toute autre substance magnétique, tourne rapidement à l'intérieur d'un champ magnétique, il en résulte une déformation périodique des lignes de force. Si un enroulement réuni aux bornes d'un galvanomètre, est placé convenablement dans le « champ » il devient le siège d'un *courant périodique* capable de faire dévier le galvanomètre alternativement dans les deux sens (s'il s'agit évidemment d'un galvanomètre à courant continu du type couramment employé dans les laboratoires). Si en une autre région de la pièce explorée, le métal est homogène, il ne se produit plus aucun courant.

En résumé, le galvanomètre ne dévie qu'au moment où l'axe de l'enroulement réuni à ses bornes est lui-même au voisinage d'une région où le métal est défectueux. C'est à la suite de ces considérations que nous avons présenté à l'Académie des Sciences une note « Sur le sondage magnétique des arbres de machines » (reproduction in-extenso page 20).

(1) C'est pratiquement le cas d'un réseau de Chemin de fer et c'est ce qui explique le succès des essais effectués au Japon par l'ingénieur M. Suzuki.

4. — Au point de vue pratique, nous avons rencontré quelques difficultés en raison de l'incompatibilité d'une grande vitesse de rotation — permettant l'obtention de plus grandes forces électro-motrices d'induction — et de l'emploi d'un galvanomètre à courant continu (tendant à dévier alternativement dans les deux sens, en raison de la nature du courant produit).

Poursuivant ces recherches, il nous est venu à l'idée de redresser le courant alternatif à l'aide d'un collecteur mixte, permettant de plus grandes vitesses de rotation d'une part et permettant aussi de situer le plan diamétral renfermant le défaut, ainsi que nous l'avons signalé dans une autre Note à l'Académie des Sciences: « La localisation des pailles dans les arbres de machines » (reproduite in-extenso page 22).

5. *Amplification des courants d'induction obtenus par l'appareil magnétique.* — L'emploi d'un galvanomètre sensible étant assez délicat, il est important de songer à l'amplification des courants obtenus, de façon à pouvoir utiliser un appareil de mesure plus robuste ou même de remplacer par un *téléphone* — ou haut-parleur — situé à la sortie de l'amplificateur.

L'expérience orientée dans ce sens nous a permis de constater tout l'intérêt que peut présenter une telle amplification et de l'exposer dans une nouvelle Note sur la « Recherche des défauts et des vibrations des pièces ferromagnétiques » (reproduite in-extenso page 24).

Les appareils amplificateurs utilisés à ce moment sont du même genre que ceux utilisés en basse fréquence dans les appareils de T. S. F. mais il semble qu'un choix judicieux des lampes devra permettre de prétendre à une sensibilité plus grande encore.

En ce moment, nous utilisons un autre appareil amplificateur que celui décrit dans la précédente Note — et donnant des résultats comparables — et ne comptant plus que trois lampes, celle d'entrée étant du type à « grille-écran » bénéficiant d'une *très faible capacité* (d'où il résulte une grande sensibilité dans les essais qui nous intéressent) et celle de sortie étant une « *trigrille* » ou *pentode* permettant l'alimentation d'un haut-parleur assez puissant.

6 *Quelques formes d'appareils magnétiques utilisables comme gé-*

nérateurs de courant. — L'appareil le plus simple est du type téléphone magnétique démunie de sa plaque et dont l'électro-aimant est *polarisé*. Dans le cas de défauts superficiels seulement (donc visibles) il est possible d'obtenir des résultats. Pour ces défauts intérieurs — et principalement situés à une certaine profondeur — l'intensité du champ magnétique est nettement insuffisante, tandis que la forme des lignes de force n'est vraisemblablement pas celle qui assurera le *maximum de pénétration*.

Un autre appareil peut être obtenu en remplaçant l'aimant permanent par un électro-aimant, ce qui donne une bobine à double enroulement et permet de modifier — dans une certaine mesure — l'intensité du champ magnétique.

On peut aussi avoir recours à un ensemble de deux bobines (à double enroulement) diamétralement opposées (Fig. 2), ou même compléter l'appareil en y adjoignant un système de « pôles auxiliai-

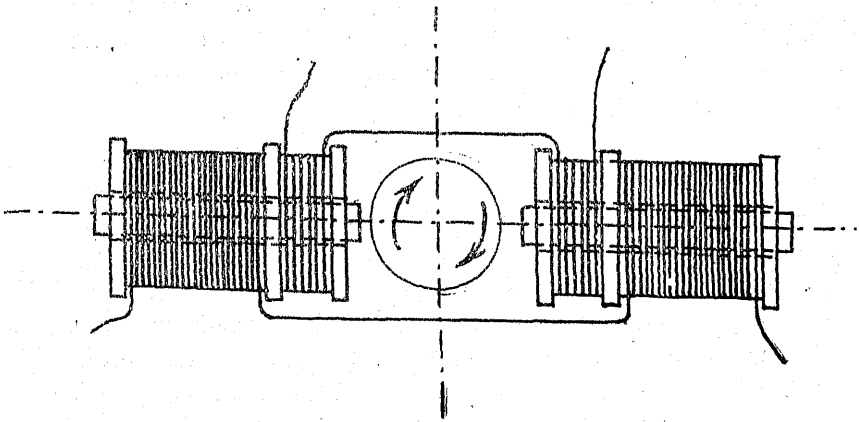


Fig. 2

res » (électro-aimants supplémentaires, mais à un seul enroulement — inducteur —) permettant de modifier à volonté *la forme* du champ magnétique, en vue d'obtenir une pénétration toujours plus considérable.

7. *Résultats pratiques.* — Avec un appareil à électro-aimant alimenté sous 4 volts environ et utilisé pour des barres de diamètre de l'ordre 20 millimètres, nous avons constaté que la pénétration était

de quelques millimètres en profondeur dans le cas de défauts figurés par des cavités de quelques millimètres cubes; et cela pour une vitesse de rotation de l'ordre de 10 tours par seconde. L'intensité du courant produit est telle qu'après amplification (basse fréquence) chaque passage du défaut devant les pièces polaires se traduit par un son très net et très puissant dans le haut-parleur.

Malgré la grande intensité des sons ainsi produits — lesquels ne sauraient être couverts par la voix d'un homme parlant normalement — ce dispositif n'a pu, jusqu'à présent du moins, permettre de réaliser une pénétration beaucoup supérieure à celle qui vient d'être mentionnée car l'amplificateur ne devient efficace qu'autant que la première lampe reçoit un certain minimum d'énergie capable de la mettre en action. Ce minimum, d'ailleurs très faible doit évidemment dépendre des caractéristiques de chaque lampe et en particulier de sa capacité.

D'autre part, l'emploi d'un dispositif permettant des vitesses de rotation plus grandes serait tout indiqué pour obtenir des résultats meilleurs et seul un défaut qui serait placé sur l'axe de rotation — tout en admettant celui-ci comme axe de symétrie — ne donnerait plus aucun courant induit et par suite ne saurait plus être décelé grâce au haut-parleur.

8. — Faisant des essais sur tubes en fonte, bruts de fonderie, nous avons constaté que les soufflures internes agissent d'une façon très nette sur l'appareil, mais aussi les bavures externes, résultant des imperfections de la coulée. Ces défauts superficiels agissent sur le haut-parleur et, pour les discerner des soufflures — dont l'importance volumétrique est généralement beaucoup plus grande — il faut augmenter la distance entre l'appareil magnétique générateur de courant et la surface du tube: dans ces conditions, l'ordre de grandeur des distances soufflure-pôle de l'appareil magnétique et bavure-pôle est le même, ce qui permet de déterminer le défaut *le plus volumineux* ou soufflure.

Ce procédé, bien que très délicat, nous a déjà donné quelques résultats satisfaisants, néanmoins pour le sortir du domaine laboratoire la réalisation d'appareils robustes serait nécessaire, avec l'installation de « tours » spéciaux ou bancs d'essais permettant une rapide mise en place des tubes et une vitesse de rotation assez élevée.

II

Généralisation et Discussion de ces premiers Essais

9. *Etude expérimentale des vibrations.* — Le matériel utilisé est le même que pour les essais précédents :

- a) Un appareil magnétique dont le plus simple serait l'électro-aimant polarisé ;
- b) Un amplificateur basse fréquence ;
- c) Un haut-parleur.

L'appareil magnétique étant tenu relativement fixe à quelque distance de la pièce observée (laquelle nous supposerons en fer, fonte ou acier), si une vibration quelconque anime cette dernière, il en résulte — comme dans tout téléphone magnétique — un courant induit qui, après amplification, est susceptible d'agir sur le haut-parleur. La hauteur du son produit renseigne l'opérateur sur la fréquence des vibrations, tandis que l'intensité dépend au contraire de l'amplitude. Cette simple remarque peut être utilement mise à profit pour la recherche des nœuds et des ventres dans une vibration quelconque.

10. — Au point de vue pratique, l'expérience nous a montré — ce qu'il était facile de prévoir à priori — que la fixité absolue de l'appareil magnétique n'est pas nécessaire. Il suffit seulement que cet appareil ne puisse participer synchroniquement au mouvement vibratoire étudié. Une suspension « *apériodique* » donne d'excellents résultats.

11. *Emploi d'un oscillographe cathodique.* — Faute de posséder cet appareil à l'heure où sont écrites ces lignes, nous ne pouvons donner dès maintenant aucun résultat expérimental, mais seulement indiquer les possibilités offertes par cet oscillographe pratiquement sans inertie.

Imaginons en effet un oscillographe cathodique à la sortie de l'amplificateur alimenté par l'appareil magnétique. La plus petite

sinuosité sur la courbe du courant permettra d'obtenir des indications précieuses, soit sur la situation ou l'importance d'un défaut, soit sur la nature d'une vibration ; complétant très avantageusement les renseignements précédemment fournis par l'appareil acoustique haut-parleur.

12. *Critiques des expériences.* — Discutant dans le monde industriel sur la valeur pratique des résultats acquis et sur l'intérêt de la méthode de *sondage magnétique*, des objections considérables nous furent présentées, objections auxquelles nous désirons par la suite fournir des réponses satisfaisantes.

13. — La première de ces objections se rapporte à la profondeur de pénétration, limitée jusqu'à présent à moins de 1 centimètre de la surface : nous la considérons comme *mal fondée, en ce sens qu'elle ne saurait incriminer le principe de la méthode magnétique* mais, seulement l'imperfection des appareils employés.

De nombreuses améliorations dans les détails de réalisation permettront *indiscutablement* de faire mieux. Qu'il nous soit permis à titre de comparaison, de mentionner les progrès énormes réalisés depuis plusieurs années par la T. S. F. et de dire que les résultats merveilleux d'aujourd'hui sont la suite naturelle des expériences d'hier, à l'origine desquelles les noms de Branly et de Marconi restent en première place. N'empêche que si les expériences du premier jour n'avaient été prises en considération et âprement poursuivies, — rencontrant même dans de nombreux pays les hommes, les laboratoires et les capitaux nécessaires — n'empêche que sans cela, la T. S. F. serait seulement citée dans les traités de physique comme un procédé original permettant de transmettre des signaux à quelques mètres de distance et qu'elle n'aurait pas la place énorme qu'elle occupe aujourd'hui dans le monde entier.

14. — La deuxième objection qui nous a été faite, se rapportant à l'examen des pièces de révolution importantes, est *la difficulté de réaliser un entraînement mécanique assez rapide* — ne s'agit-il pas en effet de faire tourner les pièces à quelques 10 tours par seconde à proximité de l'appareil magnétique —. Evidemment cette objection est fondée si, toutefois, on ne veut envisager la fabrica-

tion — *toujours possible* — de tours spéciaux servant de bancs d'essais dont les dimensions pourraient devenir considérables ; aussi, avons nous cherché à tourner la difficulté en *laissant les pièces fixes et utilisant les champs magnétiques tournants* produits par des courants triphasés ou plus généralement polyphasés, ainsi que nous allons l'exposer dans le chapitre suivant.

15. — La troisième objection provient de ce que nous avons tout d'abord songé seulement aux pièces admettant un axe de révolution. De là à entendre le monde affirmer que la méthode magnétique ne serait jamais *applicable* — seulement pour de rares pièces de formes trop particulières — il n'y avait qu'un pas.

Ceci n'est évidemment qu'un malentendu car la méthode logique adoptée par tout chercheur consiste d'abord à étudier les cas les plus simples, quitte ensuite à généraliser. Tel a toujours été notre but et *une étude spéciale est consacrée aux pièces de formes quelconques*.

16. — Une dernière objection enfin, nous a été faite dans certains milieux industriels utilisant des matériaux autres que les substances ferromagnétiques. Là évidemment, la difficulté est plus grande en raison de la faible permabilité de ces matériaux mais, cependant — ainsi que nous le ferons voir plus loin — difficulté ne signifie pas impossibilité et l'emploi de courants à fréquence assez grande pourra dans une certaine mesure, permettre d'obtenir des résultats intéressants.

III

Emploi des Champs tournants

17. — Lorsqu'il existe un défaut dans une pièce quelconque de révolution, nous avons vu que la rotation de cette pièce, par rapport au champ magnétique, est susceptible de donner un courant qui, amplifié, agit sur un haut-parleur pour y produire des sons intenses. Réciproquement, si le champ magnétique tournait autour de la pièce alors fixe, les résultats obtenus seraient exactement les mê-

mes à condition toutefois que la bobine constituant l'induit tourne au synchronisme avec le champ magnétique.

18 *Réalisation pratique.* — A première vue, il semble que l'utilité pratique des champs tournants nécessite l'emploi d'un moteur « synchrone » destiné à assurer la rotation de la bobine constituant l'induit. L'avantage alors acquis en laissant fixe la pièce à étudier serait — dans ce cas grandement détruit en raison de la complication apportée au système par l'adjonction de ce moteur synchrone.

Nous avons réussi à tourner la difficulté en utilisant une bobine induite également fixe, admettant même axe que la pièce à étudier et que le champ tournant. C'est ainsi que nous avons présenté une Note à l'Académie des Sciences sous le titre: « Exploration des pièces ferromagnétiques de révolution par l'emploi des champs tournants » (Note reproduite in-extenso page 26).

19. — La figure 3 représente un appareil destiné à être alimenté en « triphasé ».

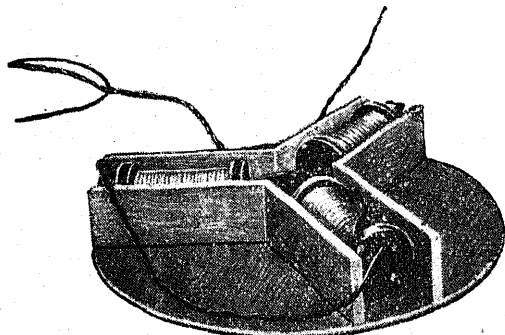


Fig. 3

Dans le cas où les essais portent sur des pièces de diamètre quelque peu important — il va d'ailleurs sans dire que l'écartement des bobines productrices du champ et aussi le diamètre de la bobine induite doivent être en rapport avec le diamètre de la pièce à étudier — il nous semble (après quelques essais), que cet appareil ne doit plus donner de résultats aussi satisfaisants que pour les pièces de plus petites dimensions, cela en raison de la dispersion des lignes de force à mesure qu'on s'éloigne des pôles.

20. — La même méthode de recherche peut se généraliser dans le cas de pièces de plus gros diamètres, à condition d'utiliser des courants polyphasés, le nombre (n) des phases pouvant éventuellement être très grand.

21. *Application à la recherche des inégalités d'épaisseur dans les tubes.* — Imaginons un tube en acier — ou fonte — centré convenablement dans le champ tournant. Si ce tube est homogène et en particulier d'épaisseur constante, aucune perturbation ne doit troubler le champ magnétique et le haut-parleur — toujours branché à la sortie de l'amplificateur basse fréquence — doit rester muet. Si, au contraire, une inégalité d'épaisseur existe en une région quelconque — en raison par exemple du centrage imparfait du noyau pendant la coulée du tube — un ronflement très caractéristique dénote ce défaut.

22. — L'emploi d'un courant polyphasé comportant un assez grand nombre de phases pourra aussi permettre de déceler, non seulement les inégalités d'épaisseur, mais encore les défauts très localisés tels que pailles, soufflures ou autres cavités dans le métal.

23. *Difficultés résultant de la longueur finie des pièces.* — En réalisant les expériences décrites dans les paragraphes précédents, nous avons constaté, pour certaines pièces, que le ronflement du haut-parleur se faisait entendre sans aucune autre raison qu'une dissymétrie par rapport à la bobine constituant l'induit; autrement dit, lorsque l'induit est au milieu de la pièce et que l'appareil est équilibré — c'est-à-dire ne produit aucun son — si on déplace l'induit dans un sens ou dans l'autre, l'équilibre est rompu et le haut-parleur ronfle tout aussi intensément que s'il existait un défaut. Ce phénomène paraît surtout sensible dans le cas de pièces courtes et principalement celles dont la masse est réduite relativement à l'importance du champ magnétique.

Deux solutions peuvent être proposées pour tourner la difficulté, c'est-à-dire pour reconnaître les perturbations accidentelles ou provenant effectivement de défauts :

(1°) Réduire progressivement l'intensité du champ magnétique afin de ne jamais obtenir saturation.

(2°) Utiliser, à la place du haut-parleur un oscillographe — catho-

dique par exemple — qui a l'avantage de donner directement la forme de la courbe représentative du courant induit — aux déformations près, occasionnées par l'appareil amplificateur —. Si une perturbation est occasionnée seulement par une dissymétrie de part ou d'autre de la bobine induite, elle donne naissance à un courant qui doit rappeler de près — même fréquence — le courant générateur du champ tournant. L'amplitude sur le graphique ou intensité du courant induit doit augmenter à mesure que la bobine induite s'éloigne du milieu de la pièce —. Si, au contraire, une perturbation est occasionnée par un défaut plus ou moins localisé, la courbe du courant induit est totalement différente: *elle doit* nécessairement être irrégulière au voisinage immédiat d'un défaut.

(3°) Remplacer la bobine précédemment mentionnée et constituant l'induit par trois enroulements placés en série l'un par rapport à l'autre (mais isolés par rapport à l'inducteur) et admettant pour axes respectifs les axes des trois bobines inductrices génératrices du champ tournant.

24. — L'insuffisance des expériences effectuées jusqu'à ce jour ne nous permet pas de préciser laquelle de ces deux solutions est la meilleure, mais la deuxième nous paraît devoir aboutir à des renseignements plus précis quant à la nature et la situation du défaut à l'intérieur de la pièce étudiée.

IV

Pièces de formes quelconques et Métaux non magnétiques

25. *Emploi d'un appareil différentiel.* — Le « sondage » des pièces de forme quelconque ne saurait être effectué avec les simples appareils décrits précédemment; néanmoins, nous avons signalé à la fin d'une Note déjà mentionnée:

« Exploration des pièces ferromagnétiques de révolution par l'emploi des champs tournants »

la possibilité de réaliser un dispositif différentiel rappelant, en

quelque sorte, la balance d'induction et, qui permettrait la généralisation de la méthode électromagnétique.

Des expériences faites après publication de ladite Note nous ont également fait comprendre, non seulement l'intérêt; mais encore la *quasi nécessité* d'un montage différentiel dans le cas des pièces n'admettant pas un axe de révolution.

C'est ainsi que nous avons décrit un nouveau dispositif, plus simple, applicable à toutes sortes de pièces, tôles, rails, tubes, etc., dans une plus récente note intitulée :

« Sur la recherche de la dissymétrie et des défauts dans les pièces ferromagnétiques », et reproduite in-extenso page 28.

Ce nouveau dispositif se comporte donc comme un balance d'induction, en ce sens qu'il y a lieu tout d'abord de réaliser une sorte d'équilibre » afin de neutraliser la résultante de deux courants induits dans une bobine E reliée à l'appareil amplificateur (Fig. 4).

Après cela, les deux pièces à comparer doivent être disposées symétriquement de part et d'autre des bobines inductrices A et B — placées en série-opposition et alimentées en courant alternatif grâce

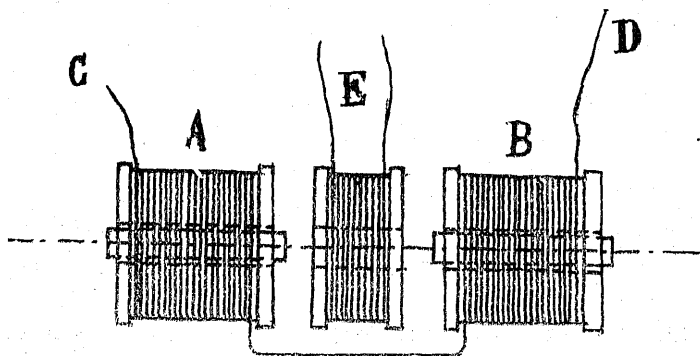


Fig. 4

aux conducteurs C et D — . Si les *zônes correspondantes* des deux pièces sont *magnétiquement identiques* (zônes situées à proximité des noyaux de fer des bobines inductrices à un même instant) l'équilibre subsiste. Si, au contraire, l'identité n'existe pas, l'équilibre est rompu et il en résulte un courant induit qui, après amplification, pourra être envoyé dans le haut-parleur ou un oscillographe permettant de juger de la nature ou de l'importance du défaut.

26. *Vérification des tôles.* — Dans ce cas, nous proposons le remplacement des bobines ordinaires par d'autres bobines de section rectangulaire (rectangles de grand allongement) utilisant comme noyaux de fer des parallélépipèdes rectangles, sorte de règles plates permettant de balayer plus rapidement la surface du métal à contrôler.

La figure 5 donne une idée de l'appareil en question :

On remarquera en particulier l'existence d'un noyau unique F commun aux deux bobines inductrices A et B et à la bobine induite E. Le courant alternatif arrivant toujours par les conducteurs C et D.

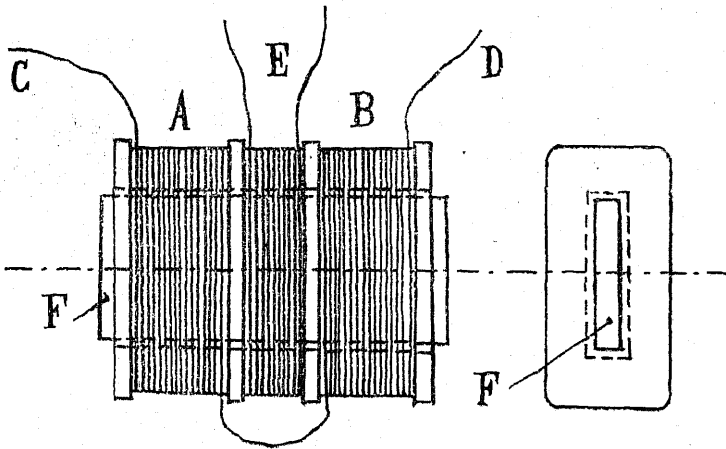


Fig. 5

27. *Vérification des tubes.* — Indépendamment de ce qui a été dit au paragraphe 21, il est encore possible de rechercher les inégalités d'épaisseur dans les tubes en utilisant l'appareil décrit par la figure 6 ci-après :

Les deux bobines inductrices, toujours montées en série-opposition, sont encore alimentées par le courant alternatif. La bobine induite est formée de deux parties identiques E et E' groupées en série et disposées symétriquement et au voisinage des extrémités inductrices. Le tube à vérifier passe dans l'entrefer.

Ce nouveau dispositif nécessite au moins un essai dans deux positions différentes du tube obtenues par rotation — un quart de

tour par exemple — dans le champ magnétique. En effet, si une seule mesure était faite en une section donnée, il pourrait arriver qu'il existe un *plan de symétrie* perpendiculaire à l'axe des bobines, laissant croire à un tube parfait, alors même qu'il pourrait avoir une grande « excentricité ». On pourra ne répéter les mêmes opérations qu'en deux ou trois points convenablement choisis le long des tubes à étudier.

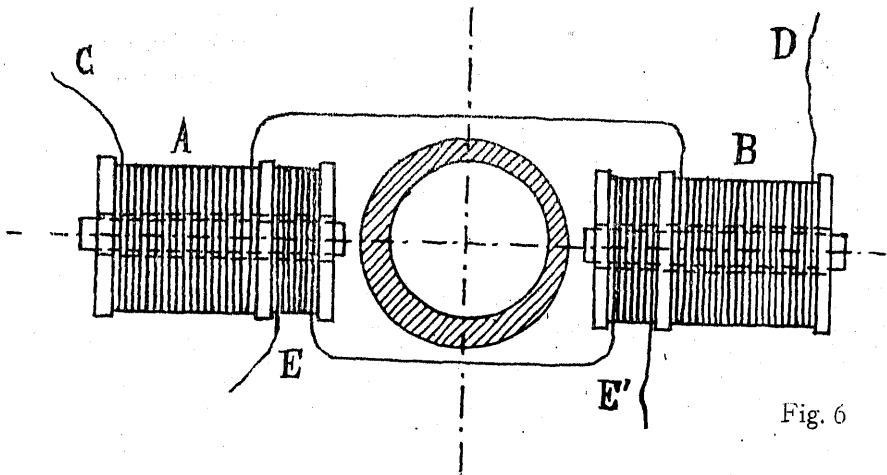


Fig. 6

28. — Comme variante du dispositif précédent, nous pourrions éventuellement envisager un induit formé d'une seule bobine convenablement disposée sur une armature (fer doux) réunissant les extrémités des noyaux des bobines A et B.

29. *Métaux non ferro-magnétiques.* — La grande sensibilité des appareils électro-magnétiques dans le cas des métaux tels que le fer, la fonte, les aciers, est due principalement à la perméabilité considérable de ces métaux particuliers; et, cherchant à généraliser la méthode d'investigation, il nous a été difficile — jusqu'à ce jour — d'obtenir des résultats satisfaisants en utilisant pour l'alimentation des inducteurs le même courant alternatif — 50 périodes — distribué par le réseau local; néanmoins, quelques expériences réalisées avec succès sur des tôles de cuivre, d'aluminium, ou sur des morceaux de plomb, de magnésium, etc.... laissent espérer des résultats excellents, en ayant recours à des courants de fréquences plus élevées.

V

Conclusions

La recherche des défauts, — pailles, soufflure, cavités diverses — ou du manque d'homogénéité dans les pièces métalliques, vient de nous ouvrir un vaste champ d'exploration :

Les procédés magnétiques ou électromagnétiques envisagés, avec l'emploi des courants continus ou alternatifs monophasés ou polyphasés, et en utilisant des appareils tantôt simples, tantôt différentiels, — balance d'induction — rendent *toujours théoriquement possible la découverte d'un défaut, si faible soit-il, à l'intérieur d'une pièce métallique quelconque.*

Pratiquement, la mise au point des appareils doit être appropriée à chaque forme de pièce et nécessite un matériel fort coûteux, mais *cependant très réalisable* si nous tenons compte des possibilités remarquables qui nous sont offertes pour amplifier les micro-courants grâce aux lampes analogues à celles des récepteurs radiotélégraphiques.

Pour conclure, il nous reste à formuler le désir de voir un certain nombre d'industries s'intresser d'une manière effective à ce nouveau procédé de contrôle, susceptible — croyons-nous — de rendre les plus grands services dans les usines pratiquant le travail en série.

Communications faites à l'Académie des Sciences

I

MAGNÉTISME. — Sur le *sondage* magnétique des arbres de machines.

(Note de M. J. Peltier, présentée par M. Cotton).

Ces recherches, basées sur les variations probables de la perméabilité magnétique dans un milieu non homogène, ont pour but de déceler, à l'intérieur de pièces de révolution l'existence de pailles ou soufflures, ou causes invisibles capables d'en compromettre la résistance mécanique.

Mes essais ont porté sur des éprouvettes cylindriques tournées au diamètre de 20 mm. sur une longueur d'environ 450 mm.

Après avoir réalisé différents appareils, je me suis arrêté au dispositif représenté par la figure et qui m'a donné les meilleurs résultats.

J'ai placé l'éprouvette à étudier, A, entre deux pivots B, la gorge C permettant l'entraînement à l'aide d'une ficelle et d'une poulie non représentées, puis utilisé comme appareil de mesure un galvanomètre G, sensible à moins de 1/10 de microampère et un électro-aimant polarisé E, en la circonstance un écouteur téléphonique de 2.000 ohms analogue à ceux utilisés en T. S. F.

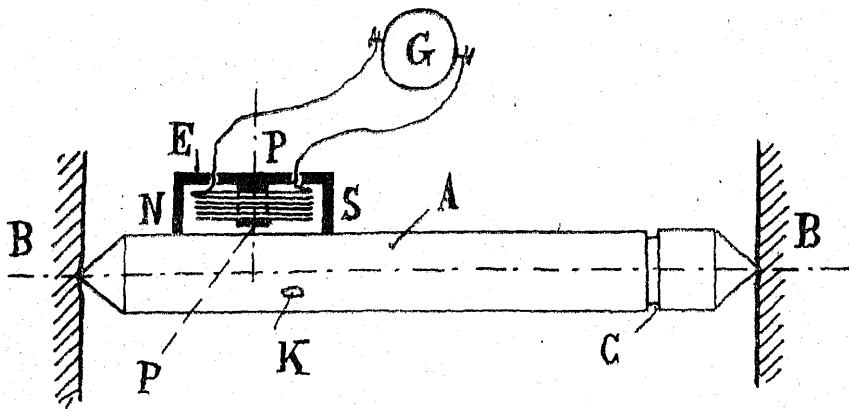


Fig. 7

Les extrémités de son enroulement étaient directement connectées aux bornes du galvanomètre.

Faisant alors reposer l'électro-aimant polarisé sur un bâti solide des pivots B, de telle sorte que la distance entre les deux pôles d'aimant N, S et la surface de l'éprouvette soit à peine égale à 1 mm.; puis animant l'éprouvette d'un mouvement modéré de rotation autour de son axe, j'ai pu observer une très légère déviation du galvanomètre à chaque tour; et cela quelle que soit la position de E par rapport aux extrémités de A.

Effectuant un *examen macrographique* sur diverses sections droites de ladite éprouvette, j'ai pu conclure à une insuffisance d'homogénéité du métal, et d'autre part croire aussi à *un très léger écart entre l'axe mathématique et l'axe pratique de rotation de A.*

Je répétais alors mes expériences sur une éprouvette semblable où une cavité K, figurant une paille, avait été forée (trou d'environ 2 mm. de diamètre et 7 mm. de profondeur perpendiculaire à la surface du barreau).

Afin de corriger l'erreur due à l'imperfection de centrage, j'ai réalisé le contact entre les pièces polaires N, S et l'éprouvette A; dans ces conditions, la distance du noyau P de la bobine à la surface de A restait rigoureusement constante, soit environ 2/10 de millimètres, *et pendant le mouvement de rotation de A devant E (relativement fixe), je n'ai observé aucun courant induit, sauf au moment où l'axe de P ou de l'une des pièces polaires était au voisinage immédiat de la section renfermant le défaut K.* A ce moment alors, et pour chaque mouvement de révolution, le galvanomètre déviait *très nettement de part et d'autre de sa position d'équilibre.*

Il est possible d'augmenter la sensibilité de l'appareil en adaptant à la sortie de l'électro-aimant polarisé un amplificateur analogue à ceux utilisés en T. S. F.; *permettant de remplacer éventuellement le galvanomètre par un haut-parleur,* lequel donnerait des sons audibles pour des vitesses de rotation assez grandes. L'ensemble constituerait un appareil plus industriel.

Mes conclusions sont les suivantes :

1° Le dispositif étudié permet de déceler rapidement l'existence de très petites cavités dans des pièces de révolution. Dans le cas de pièces reconnues saines, il sera possible d'en étudier les vibra-

tions en plaçant l'appareil à une très faible distance de leur surface. (Cas des arbres de turbines en mouvement, par exemple);

2° L'intensité du courant induit est d'autant plus grande que la cavité est plus importante ou plus excentrée par rapport à l'axe de la pièce soumise à l'essai; ce qui montre que les défauts comportant le plus la résistance mécanique seront repérés le plus facilement.

(Extrait des Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 188, p. 701, séance du 4 mars 1929).

II

MAGNÉTISME. — La localisation des pailles dans les arbres de machines.

Note (1) de M. J. PELTIER.

Dans une note précédente, j'ai montré comment il est possible de déceler l'existence de pailles ou autres défauts invisibles à l'intérieur de pièces de révolution en acier — arbres de machines par exemple — . Ce procédé peut évidemment s'appliquer à la recherche des défauts ou inégalités d'épaisseur dans les tubes en fer, fonte ou acier.

Continuant ces recherches, dans le but de généraliser la méthode, j'ai d'abord eu l'idée d'adjoindre à l'éprouvette étudiée un petit collecteur-redresseur de courant participant à son mouvement de rotation. Ce collecteur formé de deux parties symétriques isolées, comportant chacune une bague adjacente à un demi cylindre reçoit le courant alternatif — provenant de l'électro-aimant polarisé — grâce à deux balais reposant sur les bagues du collecteur; tandis

(1) Séance du 12 novembre 1929.

que deux autres balais en contact avec les parties héli-cylindriques reçoivent le courant redressé qu'il est possible d'envoyer directement à un galvanomètre ordinaire. Grâce à ce dispositif il est facile de tirer parti de rotations plus rapides des éprouvettes ou arbres à étudier, ce qui augmente la sensibilité de l'appareil. D'autre part, à toutes autres choses, égales l'angle de calage φ du collecteur par rapport à un repère fixe sur l'arbre étudié, influe sur la valeur du courant mesuré par le galvanomètre. Il existe notamment une certaine valeur φ_0 de cet angle pour laquelle, même en présence d'un défaut important, il n'y a aucune déviation, pour un l'équipage mobile de l'appareil de mesure. Au contraire, pour un angle égal à $\varphi_0 \pm \frac{\pi}{2}$ la déviation devient maximum.

En résumé, la détermination de φ_0 est des plus importantes car elle permet de situer le plan diamétral au voisinage duquel se trouve la cavité.

Reprenant enfin l'idée initiale, comportant l'emploi direct des courants alternatifs obtenus, je ferai encore remarquer qu'il est possible de laisser fixe l'arbre à étudier, à condition toutefois qu'il existe un déplacement relatif par rapport au champ magnétique.

Je crois donc qu'il serait intéressant d'orienter de nouvelles recherches dans une direction tendant vers l'emploi des champs tournants avec un choix judicieux de la fréquence.

(Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, t. 189, p. 845, séance du 18 novembre 1929).



III

MAGNÉTISME. — Recherche des défauts et des vibrations des pièces ferro-magnétiques.

Note (1) de M. J. PELTIER.

Dans mes Notes précédentes, je relatais les résultats de mes premiers essais sur la détermination des défauts dans les pièces ferro-magnétiques admettant un axe de révolution.

Reprenant mes expériences, basées sur l'amplification des micro-courants d'induction fournis par l'appareil magnétique, j'ai réalisé un amplificateur à basse fréquence assez puissant, à quatre lampes Philips et transformateurs et comprenant les unités suivantes :

- 1° Une grille A. 441. N;
- 2° Une lampe A. 409;
- 3° Une lampe A. 409;
- 4° Une lampe B. 405 (puissance), sans chercher à atteindre le courant de saturation.

D'autre part, remplaçant l'électro-aimant polarisé qui avait servi jusqu'alors par une bobine à double enroulement dont l'un, alimenté par une source de courant continu 2-4 volts, produit le champ magnétique et l'autre enroulement est connecté à l'entrée de l'amplificateur basse fréquence, j'obtiens les résultats suivants :

a) Le galvanomètre sensible, qui servait jusqu'à présent, peut être remplacé par un téléphone haut-parleur dans lequel des chocs très forts accusent le passage du défaut superficiel (une vitesse de rotation de l'arbre de 10 à 20 tours par seconde donne des résultats excellents).

b) Dans le cas d'un défaut superficiel de volume voisin de 1 mm³ seulement, ces chocs sont perceptibles très nettement dans tout un

(1) Séance du 17 novembre 1930.

laboratoire, même lorsque la distance entre la surface de la pièce étudiée et le pôle voisin de l'appareil magnétique atteint 6 à 8 mm.

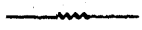
c) Un défaut intérieur se détermine également, mais d'autant mieux qu'il est plus près de la surface extérieure, c'est-à-dire qu'il modifie plus sensiblement le module de résistance.

Avec l'appareil actuel, la pénétration est seulement de quelques millimètres en profondeur; mais j'envisage la possibilité de l'accroître d'une façon sensible, en renforçant convenablement le champ magnétique.

Remplaçant aussi les pièces usinées par des tubes bruts de fonderie, je commence malgré l'influence des défauts de surface, à pouvoir déterminer les soufflures intérieures de quelque importance. Le renforcement du champ magnétique paraît d'ailleurs nettement favorable à ce genre de recherches.

Enfin, si l'appareil magnétique est utilisé en vue de la recherche des vibrations, sa sensibilité est telle que de très faibles vibrations d'une simple corde à piano, placée à plusieurs centimètres de distance, se traduisent par des sons très puissants, mais dont l'intensité dépend de l'amplitude des oscillations (ce que est utile pour la recherche des nœuds et des ventres des vibrations).

(Extraits des Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 191, p. 1.443, séance du 29 décembre 1930).



IV

MAGNÉTISME. — Exploration des pièces ferro-magnétiques de révolution par l'emploi des champs tournants.

Note (1) de M. J. PELTIER.

Poursuivant mes recherches et reprenant l'idée mentionnée déjà dans un Note *Sur la localisation des pailles dans les arbres de machines*, où j'envisageais la possibilité de supprimer le mouvement de rotation des pièces à essayer, à condition de remplacer le champ magnétique ordinaire fixe, par un champ tournant j'aboutis aux conclusions et aux résultats suivants :

Au point de vue industriel, il est évident que cette façon de faire peut offrir de sérieux avantages, principalement lorsqu'il s'a-

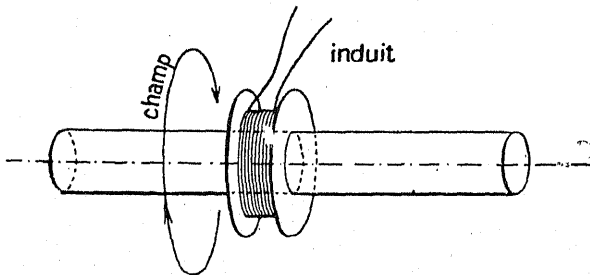


Fig. 8

git de pièces de dimensions considérables et dont la mise en rotation nécessite l'emploi de tours spéciaux.

Au point de vue technique, quelques difficultés se présentent : en effet avec l'appareil magnétique utilisé jusqu'ici, la bobine magnétisante a même axe que la bobine induite dont elle est solidaire ; donc l'immobilisation de la pièce, ou de l'arbre en acier, à étudier, nécessiterait la mise en rotation de la bobine induite au synchro-

(1) Séance du 2 février 1931.

nisme avec le champ magnétique tournant qui viendrait se substituer à l'aimant fixe des expériences précédentes, sinon la rotation du champ produirait un courant induit à peu près sinusoïdal et assez intense, même dans le cas d'une pièce parfaitement homogène.

C'est à la suite de ces observations que j'ai songé à adopter une nouvelle disposition :

Le champ magnétique tourne toujours dans un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce étudiée; mais, la bobine induite est elle-même calée de telle façon que son axe soit confondu avec celui de cette pièce.

Dans ces conditions, si l'axe de rotation du champ tournant est confondu avec l'axe commun de la pièce essayée et de la bobine induite, aucun effet inductif ne peut être perçu, à moins que la symétrie du champ magnétique ne soit troublée en raison d'une imperfection quelconque de la pièce soumise à l'expérience. Si le défaut est relativement localisé, il en résulte des courants brefs à la fréquence de rotation du champ; se au contraire, le défaut se répartit sur une grande étendue ou même correspond à une imperfection de centrage (cylindre ovalisé, tube coulé avec un noyau légèrement excentré, etc...), les courants induits sont plus modulés, donc moins brefs.

J'ai facilement vérifié cette théorie en réalisant un champ tournant à peu près convenable grâce à trois petites bobines (avec noyaux de fer) alimentées par le courants triphasé fourni par le réseau local à 50 périodes. La symétrie du champ peut être obtenue en modifiant l'intensité dans les bobines, supposées centrées une fois pour toutes autour de la pièce étudiée, soit par l'emploi de résistances extérieures, soit par déplacement partiel des noyaux de fer mentionnés plus haut; mais, l'emploi d'un alternateur polyphasé indépendant serait préférable, n'étant pas sujet aux mêmes perturbations que les phases du réseau. Les courants induits ont été amplifiés en basse fréquence comme précédemment, ce qui permettait de les traduire par des sons dans un haut-parleur.

Cette nouvelle disposition me permet d'envisager l'application de la même méthode à des pièces de forme plus complexes, n'admettant plus nécessairement un axe de révolution. Pour cela, il suffirait en effet de réaliser un dispositif double, avec montage différentiel,

utilisant deux pièces de même forme, l'une à étudier et l'autre, supposée saine, pour la comparaison.

(Extrait des Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 192, p. 348, séance du 9 février 1931).

MAGNÉTISME — Sur la recherche de la dissymétrie et des défauts dans les pièces ferro-magnétiques.

Note de M. J. Peltier

Dans ma dernière Note je relatais des essais basés sur l'emploi de champs tournants en vue de la détermination des défauts dans les pièces de révolution et j'indiquais la possibilité d'utiliser un dispositif *différentiel* pour les pièces de forme quelconque.

Je viens d'obtenir de nouveaux résultats intéressants en réalisant une sorte de balance d'induction réduite aux organes essentiels suivants (Voir fig. 4, page 16).

A, électro-aimant à noyau de fer réglable par déplacement longitudinal;

B, électro-aimant identique au précédent et disposé en série avec A;

C, fil neutre du réseau de distribution du courant alternatif;

D, l'une des phases du réseau (la différence de potentiel entre C et D est sensiblement 115 volts et la fréquence 50 périodes par seconde);

E, induit ou bobine reliée aux bornes d'entrée d'un amplificateur basse fréquence de grande puissance.

Les connections entre les bobines A et B sont telles que le champ résultant, dans l'entrefer où se trouve E soit pratiquement nul (dans ces conditions, le ronflement produit par un haut-parleur à la sortie de l'amplificateur basse fréquence est minimum et un réglage convenable des divers organes de la balance permet un équilibre sensiblement parfait avec suppression à peu près totale de ce ronflement).

Il est, dès lors, évident que la présence de masses métalliques non symétriques au voisinage des extrémités extérieures des noyaux de fer ou même dans l'entrefer des bobines A et B, provoque une dissymétrie du champ capable d'engendrer un courant induit dans la bobine E et par suite de produire un ronflement très intense dans le haut-parleur. L'expérience m'a permis de constater que la sensibilité de ce dispositif est extrêmement grande et quelques variantes peuvent encore être envisagées :

Soit fixation des bobines A et B sur un noyau de fer unique.

Soit au contraire division de E en deux petites bobines disposées symétriquement de façon à laisser libre l'entrefer (permettant ainsi d'introduire entre A et B la pièce à étudier). Avec ce dernier appareil, la vérification des inégalités d'épaisseur dans les tubes métalliques serait d'une simplicité remarquable : chacune des parois se trouvant à proximité d'une extrémité d'un des noyaux de fer, la moindre variation d'épaisseur perturberait le champ magnétique provoquant le ronflement caractéristique déjà mentionné précédemment.

L'emploi de courants de plus grandes fréquences permettrait enfin d'aborder les essais sur des substances de plus faible perméabilité magnétique.

(Extraits des Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 193, p. 420, séance du 7 septembre 1931).



TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION.....	283
Premiers essais se rapportant aux arbres de machines.....	285
Généralisation et discussion de ces premiers essais.....	290
Emploi des champs tournants.....	292
Pièces de formes quelconques et métaux non magnétiques.....	295
Conclusions.....	299

COMMUNICATIONS FAITES A L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Sur le sondage magnétique des arbres de machines.....	300
La localisation des pailles dans les arbres de machines.....	302
Recherche des défauts et des vibrations des pièces ferro-magnétiques.....	304
Exploration des pièces ferro-magnétiques de révolution par l'emploi des champs tournants.....	306
Sur la recherche de la dissymétrie des défauts dans les pièces ferro-magnétiques.....	308

**Liste des Membres composant la Société des Sciences
arrêtée le 31 Décembre 1931**

1° *Membres titulaires*

Inscrits par rang d'ancienneté.

MM.

- 16 Janvier 1881 DUMONT, docteur en droit, bibliothécaire en retraite de la Bibliothèque Universitaire, 92, rue du Montet, Nancy.
- 17 Mai 1883. . . MILLOT, ancien lieutenant de vaisseau, chargé de cours honoraire à la Faculté des Sciences de Nancy, 36, Cours Léopold, Nancy.
- 16 Janvier 1885 Guntz, O ✱, correspondant de l'Institut, professeur de chimie générale à la Faculté des Sciences de Nancy, rue Désilles, Nancy.
- 14 Janvier 1889 WœLFELIN, ✱, capitaine du génie, démissionnaire, 2, rue Hermite, Nancy.
- 3 Février 1890 DOREZ, pharmacien de 1^{re} classe, 67, rue de la Ravinelle, Nancy.
- 1^{er} Mai 1892. . . IMBEAUX (D^r), O ✱, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées, docteur en Médecine, 18, rue Emile-Gallé, Nancy.
- 1^{er} Mars 1895 . GRÉLOT, ✱, professeur de pharmacie galénique à la Faculté de Pharmacie, 71, rue des Jardiniers, Nancy.
- 1^{er} Février 1897 MICHAM, ✱, ingénieur des Ponts et Chaussées, sénateur de Meurthe-et-Moselle, 49, rue Hermite, Nancy.
- 2 Février 1899 MAIRE, ✱, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger.
- 1^{er} Juin 1900. . . GOURY, chargé de cours d'archéologie préhistorique à la Faculté des Lettres, 5, rue des Tiercelins, Nancy.
- 1^{er} Mars 1901. . GIRARDET, professeur agrégé libre à la Faculté de Pharmacie de Nancy, 6, rue de la Côte, Nancy.
- 15 Mai 1902. . . JOLY, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, 11, boulevard Georges-Clémenceau, Nancy.
- 15 Janvier 1903 BRUNTZ (D^r), ✱, recteur de l'Université de Nancy, 56, boulevard Albert I^{er}, Nancy.
- 15 Juin 1905. . . NOEL, ancien élève de l'École normale supérieure, ingénieur, 106, rue du Faubourg-des-Trois-Maisons, Nancy.
- 1^{er} Mars 1906. . . GUTTON, ✱, professeur de physique à la Faculté des Sciences de Nancy, 7, rue de l'Oratoire, Nancy.

MM.

- 1^{er} Mars 1906. . . ENGEL, pharmacien de 1^{re} classe à Tucquegnieux (Meurthe-et-Moselle).
- 1^{er} Février 1908 THIRIET, ✱, docteur en pharmacie, droguiste, 26, rue des Ponts, Nancy.
- 15 Janvier 1910 GAIN, ✱, professeur de botanique à la Faculté des Sciences de Nancy, directeur de l'Institut agricole et colonial, 9, rue de l'Oratoire, Nancy.
- 15 Février 1910 GUIGNIER O. ✱, directeur et professeur à l'École nationale des Eaux et Forêts, 12, rue Girardet, Nancy.
- 1^{er} Avril 1911 . SPILLMANN (D^r Louis), ✱, doyen et professeur à la Faculté de Médecine de Nancy, 14, rue Saint-Léon, Nancy.
- 15 Juin 1911. . LASSEUR, professeur de microbiologie à la Faculté de Pharmacie de Nancy, 14, rue Saint-Mansuy, Nancy.
- 14 Déc. 1911. . PÉTELOT, professeur au Lycée d'Hanoï, 4, rue Do-Hui-Vi.
- 15 Janvier 1912 HUBERT DE SAINT-VINCENT (Chanoine), 7, rue Mazagran, Nancy.
- 29 Juillet 1912. . COMPAGNIE LORRAINE D'ÉLECTRICITÉ, 62-64, rue du Faubourg Stanislas, Nancy.
- 29 Juillet 1912. . SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉTABLISSEMENTS DE TONNELLERIE MÉCANIQUE AD. FRUHINGHOLZ, 68, Faubourg Saint-Georges, Nancy.
- 29 Juillet 1912. . SOCIÉTÉ SOLVAY ET C^{ie}, à Varangéville-Dombasle (Meurthe-et-Moselle).
- 29 Juillet 1912. . SOCIÉTÉ ANONYME DES MINES DE SEL GEMME ET SALINES DE BOSSERVILLE, à Laneuville-devant-Nancy.
- 29 Juillet 1912. . MAISON DES MAGASINS RÉUNIS, 8, rue Mazagran, Nancy,
- 15 Déc. 1912. . NICOLAS, greffier de Chambre à la Cour d'Appel de Nancy, 31, rue Santifontaine, Nancy.
- 15 Déc. 1912. . BLANCHISSERIE ET TEINTURERIE DE THAON (Vosges).
- 1^{er} Mars 1913. . KLEIN (D^r), 1, boulevard extérieur, à Luxembourg.
- 20 Février 1920. GODFRIN (Louis), ✱, pharmacien de 1^{re} classe, 35, rue Saint-Dizier, Nancy.
- 20 Février 1920. GARNIER (Emile), O. ✱, sous-directeur de l'École supérieure de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines, avenue Carnot, à Saint-Max.
- 16 Juin 1920. . FABER (D^r), directeur de l'École industrielle et commerciale de Luxembourg.
- 15 Janvier 1921 LEMASSON, ancien principal de Collège, avenue Sainte-Anne, à Laxou.
- 15 Janvier 1921 SEYOT, ✱, doyen de la Faculté de Pharmacie de Nancy, place Carnot, Nancy.
- 15 Janvier 1921 LEAU (I.), ✱, doyen de la Faculté des Sciences de Nancy, 8, rue Montesquieu, Nancy.
- 15 Février 1921 DARMOIS (G.) ✱, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, 8, rue du Haut-Bourgeois, Nancy.

MM.

- 16 Janvier 1922 GARDET, commis à l'Inspection Académique de Nancy.
- 16 Mars 1922. . HUSSON, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, 107 *bis*, rue Isabey.
- 15 Mai 1922. . . CORROY, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Nancy, 94, rue de Strasbourg, Nancy.
- 15 Juin 1922. . . WATRIN (D^r), ✱, chef des travaux histologiques à la Faculté de Médecine de Nancy, 62, avenue Foch, Nancy.
- 15 Juin 1922. . . THIÉBAUT, chargé d'un cours de géologie appliquée à l'Institut de Géologie ed Nancy , 12, rue des Goncourt, Nancy.
- 15 Juin 1922. . . ROBERT (D^r), professeur agrégé de chimie à la Faculté de Médecine de Nancy, 30, rue Lionnois, Nancy.
- 15 Juin 1922. . . SIMONIN (D^r Pierre), agrégé, chef des travaux pratiques à la Faculté de Médecine de Nancy, 3, rue Saint-Lambert, Nancy.
- 17 Janvier 1923 LAMBERT (D^r), ✱, professeur de physique médicale à la Faculté de Médecine de Nancy.
- 17 Janvier 1923 EMERIQUE, 29, rue des Bégonias, Nancy.
- 17 Janvier 1923 LONGCHAMBON, ✱, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, à Laxou (M.-et-M.).
- 13 Février 1923 PELTIER (Jean), ingénieur I. E. N., Docteur ès-Sciences de l'Université de Nancy, 8 rue de la Monnaie, Nancy.
- 13 Février 1923 GÉRARDIN (André), 32, quai Claude-le-Lorrain, Nancy.
- 2 Mars 1923. . . OBRÉ, professeur agrégé au Lycée Voltaire, 101, avenue de la République, Paris (XI^e).
- 20 Déc. 1923. . . FAYOLLE, ✱, secrétaire général de la Chambre de Commerce de Nancy, 51 *bis*, rue Stanislas, Nancy.
- 20 Déc. 1923. . . VERNIER (D^r), chargé de cours à la Faculté de Pharmacie de Nancy, 11, rue de Metz, Nancy.
- 25 Juin 1924. . . MENTRÉ, professeur de Mécanique appliquée à la Faculté des Sciences de Nancy, 21, rue de la Côte, Nancy.
- 25 Juin 1924. . . ASSOCIATION DES ANCIENS ELÈVES DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE NANCY.
- 23 Déc. 1925. . . SAINT-JUST PÉQUART, 3, avenue Paul-Déroulède, à Laxou (Meurthe-et-Moselle).
- 23 Déc. 1925. . . M^{me} SAINT-JUST PÉQUART, 3, avenue Paul-Déroulède à Laxou (Meurthe-et-Moselle).
- 23 Déc. 1925. . . COUTANT, ingénieur-chimiste, à Saint-Max (Meurthe-et-Moselle).
- 23 Février 1926 BOSSONG, 8, boulevard Jean-Jaurès, Nancy.
- 15 Juin 1926. . . LIENHART, chargé de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy, 61, rue Isabey, Nancy.
- 15 Juin 1926 . . . LALANCE (Commandant), O. ✱, 19, rue des Prés, Nancy.

MM.

- 15 Déc. 1927. . Société des Salines de Dombasle (représentée par M. OCTOBON).
- 22 Février 1928 MERKLEN (D^r), chargé de cours d'Éducation physique à la Faculté de Médecine, 1, rue de la Commanterie, Nancy.
- 6 Février 1929 GÉRARD (Colonel), O. ✱, 5, cours Léopold, Nancy.
- 10 Avril 1929. . HERMANN (R.), ingénieur I. E. N., professeur à l'Institut Electrotechnique, 1 bis, rue Sadi-Carnot, à Malzéville (Meurthe-et-Moselle).
- 10 Avril 1929. . PELTIER (L.), professeur à l'Institut commercial et à l'Institut colonial et agricole, 20, rue du Téméraire, Nancy.
- 1^{er} Mai 1929. . FLEURET, vétérinaire-major, 213, rue du Montet, Nancy.
- 17 Juillet 1929. . PRIVAT DE PORTUNIÉ (D^r), asile de Maréville, près de Nancy.
- 4 Avril 1930. . SAUVEUR DE LA CHAPPELLE (baron), 12, place de la Carrière, Nancy.
- 2 Mai 1930. . BIZOT, pharmacien, 19, rue Condorcet, Dijon.
- 2 Mai 1930. . Mlle GEORGE (Lucienne), professeur au Lycée Henri Poincaré, Nancy.
- 2 Mai 1930. . Mlle LECAELLE (Renée), pharmacien, Faculté de Pharmacie, place Carnot, Nancy.
- 2 Mai 1930. . Mlle DUPAIX (Andrée), pharmacien, Faculté de Pharmacie, place Carnot, Nancy.
- 2 Mai 1930. . SERRA (Jean), pharmacien, Faculté de Pharmacie, Place Carnot, Nancy.
- 2 Mai 1930. . MOREL (Maurice), pharmacien, Faculté de Pharmacie, Place Carnot, Nancy.
- 2 Mai 1930. . RAUX (Jacques), pharmacien, Faculté de Pharmacie, Place Carnot, Nancy.
- 2 Mai 1930. . FRIBOURG (René), pharmacien, Faculté de Pharmacie, Place Carnot, Nancy.
- 2 Mai 1930. . MARCHAL (Jean), pharmacien, Faculté de Pharmacie, Place Carnot, Nancy.
- 4 Juin 1930. . RAILLARD, 24, rue de la Salle, Nancy.
- 4 Juin 1930. . PRÉVOST, Faculté de Pharmacie, Nancy.
- 4 Juin 1930. . MEUNIER, Faculté de Pharmacie, Nancy.
- 4 Juin 1930. . FLORENTIN (D^r P.), Institut anatomique, 31, rue Lionnois, Nancy.
- 3 Juillet 1930 . COMBES, Faculté de Pharmacie, Nancy.
- 6 Juin 1931. . LENOIR, assistant de chaire botanique, 30, rue Sainte-Catherine, Nancy.
- 6 Janvier 1931 VIGNERON, pharmacien, moniteur de botanique, Faculté des Sciences, Nancy.
- 6 Janvier 1931 MORISOT (Mlle), pharmacien, moniteur de botanique, Faculté des Sciences, Nancy.
- 6 Janvier 1931 DONZELOT, assistant de physique à Besançon.
- 28 Mai 1931. . KARPINSKI, 91, rue du Faubourg des Trois Maisons, Nancy.

SOCIÉTÉS CORRESPONDANTES

DÉCEMBRE 1931

Sociétés Françaises

- ALGER. — Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord.
AMIENS. — Société linnéenne du Nord de la France (21, rue de Noyon).
ANGERS. — Société d'études scientifique.
— Société industrielle et agricole (17, rue Saint-Blaise).
ARCACHON. — Société scientifique.
AUTUN. — Société d'histoire naturelle.
BELFORT. — Société Belfortaine d'émulation.
— Société d'histoire naturelle.
BESANÇON. — Société d'émulation du Doubs (Palais Granvelle).
BORDEAUX. — Société linnéenne, 53, rue des Trois-Conils.
— Société des Sciences physiques et naturelles (Palais des Facultés, Cours Pasteur).
BOURG. — Société d'émulation et d'agriculture.
— Société des naturalistes de l'Ain.
CAEN. — Académie nationale des Sciences, Arts et Belles-Lettres.
— Société linnéenne de Normandie.
CARCASSONNE. — Société d'études scientifiques de l'Aude.
CHALON-SUR-SAONE. — Société des Sciences naturelles de Saône-et-Loire.
CHARLEVILLE. — Société d'histoire naturelle des Ardennes.
CHAUMONT. — Société d'histoire naturelle et de paléontologie de la Haute-Marne.
CHERBOURG. — Société nationale des Sciences naturelles.
COLMAR. — Société d'histoire naturelle.
DAKAR. — Comité d'études historiques et scientifiques de l'A. O. F.
DIJON. — Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres (5, rue de l'École de Droit).
ÉPINAL. — Société d'émulation du département des Vosges.
ÉVREUX. — Société libre d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres de l'Éure.
GRAY. — Société grayloise d'émulation.

- GUÉRET. — Société des Sciences naturelles et Archéologiques de la Creuse.
- HAVRE (LE). — Société géologique de Normandie.
- LAVAL. — Mayenne Sciences.
- LILLE. — Société géologique.
- LYON. — Société linnéenne (33,, rue Bossuet).
- MACON. — Société d'histoire naturelle.
- MARSEILLE. — Société scientifique industrielle, 11, Boulevard de la Liberté.
— Faculté des Sciences.
- METZ. — Société d'histoire naturelle.
- MONTAUBAN. — Académie des Sciences, Belles Lettres et Arts du Tarn-et-Garonne.
- MONTBÉLIARD. — Société d'émulation.
- MONTMÉDY. — Société des naturalistes et archéologues du Nord de la Meuse.
- MONTPELLIER. — Académie des Sciences et Lettres (Section des Sciences)..
- NANCY. — Académie de Stanislas.
— Société Industrielle de l'Est.
- NANTES. — Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France.
- NIMES. — Société d'étude des Sciences naturelles.
- NIORT. — Société régionale de botanique.
- PARIS. — Académie des Sciences, 23, quai de Conti (vr°).
— Association française pour l'Avancement des Sciences, 28, rue Serpente. (vi°)
— Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers.
— Muséum d'histoire naturelle, 57, rue Cuvier (v°).
— Bibliothèque universitaire de la Sorbonne, 15, rue de la Sorbonne (v°).
- PERPIGNAN. — Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales.
- REIMS. — Société d'études des Sciences naturelles.
- ROUEN. — Société des amis des sciences naturelles.
- SAINT-DIÉ. — Société philomatique vosgienne.
- SAVERNE. — Association philomatique d'Alsace et de Lorraine.
- TOULOUSE. — Académie des Sciences, Inscriptions, Arts et Belles-Lettres (26, Port-Saint-Etienne).
— Bibliothèque de l'Université (2, rue de l'Université).
— Société d'histoire naturelle (Bibliothèque de la Faculté de Médecine, allée Saint-Michel).
- TOURS. — Société d'agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres du département d'Indre-et-Loire.
- VERSAILLES. — Société des Sciences naturelles et médicales de Seine-et-Oise.
- VITRY-LE-FRANÇOIS. — Société des Sciences et Arts.

Sociétés Étrangères

- ABO. — Académis Bibliotek.
 ACIREALE. — Academia di Scienze, lettere ed arti degli zelanti.
 ANN ARBOR. — University of Michigan Studies.
 — Michigan Academy of Sciences.
 BALE. — Naturforschende Gesellschaft.
 BATAVIA. — Koninklijke natuurkundige vereeniging in Neder-Indië (Weitevreden), Indes orient. néerland.
 BERGEN. — Bergens Museums.
 BERLIN. — Königlich Preussische akademie der Wissenschaften.
 BERNE. — Naturforschende Gesellschaft (Kerrlergasse, 41).
 — Schtweizerische naturforschende Gesellschaft (Stad der Bibliothek).
 BONN. — Naturhistorischen vereins der firensischen Rheinlande und Westfalens.
 — Niederrhernische Gesellschaft für natur und Heilkunde.
 BOSTON (Massachussets). — Amerikan Academy of Arts and Sciences.
 BRNO. — Faculté des Sciences de l'Université Mazaryk, Kounicova, 63.
 BRUNN. — Naturforschende vereines.
 BRUXELLES. — Académie royale des Sciences, Lettres et Beaux-Arts de Belgique.
 — Institut royal colonial belge, Palais des Académies.
 — Société royale de botanique de Belgique.
 BUCAREST. — Institut météorologic central al României.
 BUENOS-AYRES. — Facultad de ciencias exactas, fisicas y naturalis (Casilla de Corras 1766).
 — Museo nacional (Casilla del Correo, 170).
 BUFFALO. — Society of natural sciences.
 CARLSRUHE. — Verandlungen der Naturwissenschaftlichen vereins.
 CHICAGO. — Field Museum of Natural History.
 CINCINNATI. — Lloyd library of botany, pharmacy and materia medica, 309, W. Court Street.
 COÏMBRE. — Sociedade Broteriana (Jardin botanique).
 COIRE. — Naturforschende Gesellschaft Graubündens.
 COLUMBUS (Ohio). — Ohio State University.
 COPENHAGUE. — Kongelige danske videnskaberne selskab (Académie royale danoise des Sciences).
 CRACOVIE. — Polskieji Akademji Umiejtnosci.
 FLORENCE. — R. Stazione di entomologia agraria.
 FRANCFORT-SUR-MEIN. — Senkenbergische naturforschende Gesellschaft.
 FRAUENFELD. — Thurganischen naturforschende Gesellschaft.
 FRIBOURG-EN-BRISGAU. — Naturforschende Gesellschaft.
 FRIBOURG (Suisse). — Société fribourgeoise des Sciences naturelles.
 GÈNES. — Societa ligustica di Scienze naturali e geografiche.

- GENÈVE. — Jardin botanique.
 — Société de physique et d'histoire naturelle.
- GIESSEN. — Oberhessische Gesellschaft für natur und Heilkunde.
- GOTHEMBOURG. — Kungl. Vetenskaps och Vitterhets Samhälles handlingar.
- GRANVILLE (Ohio). — Denison scientific Association.
- GRATZ. — Naturwissenschaftlichen verein für Steinmark.
- HAARLEM. — Société hollandaise des Sciences (Spearne, 17).
- HALIFAX. — Institute of natural Sciences.
- HAMBOURG. — Naturwissenschaftlichen verein zu Hambourg.
- HELSINFORS. — Vetenskaps Societetens af Finska (Société de la Finlande).
 — Societa pro Faunâ et Florâ fennicâ (Société pour la faune et la flore de Finlande).
 — Societas scientiarum fennica.
 — Societas Zoolog. Botanica fennica vanamo (Ritaricatu 6).
- KANSAS. — Kansas University quaterly.
- LA PLATA. — Facultad de ciencias fisicas, matematicas, Universidad Nacional.
- LAUSANNE. — Société vaudoise des Sciences naturelles (Ecole de chimie).
- LEIPZIG. — Königlich sächsische Gesellschaft der Wissenschaften.
- LENINGRAD. — Académie des Sciences de l'U. R. S. S.
 — Comité géologique.
- LEYDE. — Mededeelingen van s' Rijks Herbarium.
- LIÈGE. — Société géologique de Belgique.
 — Société royale des sciences.
- LIMA. — Ministerio de Fomento cuerpo de Ingenieros de Minas y aguas.
- LIVERPOOL. — Biological Society.
- LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles, 2, rue du Manège.
- LUCERNE. — Naturforschende Gesellschaft.
- LUGANO. — Societa ticinese di Scienze naturali.
- LUXEMBOURG. — Institut royal grand-ducal de Luxembourg (Section des Sciences naturelles et Mathématiques).
 — Société des Naturalistes luxembourgeois.
- MADISON. — Literary and philosophical Society, 36, George Street.
- MEXICO. — Sociedad científica Antonio Alzate (Palma, 15).
 — Institut de géologie (6 del Cyprès, 176).
 — Observatoire météorologique de Tacubaya.
- MILWAUKEE. — The public museum.
- MONTEVIDEO. — Museo de historia natural. Casilla 399.
- MOSCOU. — Association des Instituts scientifiques et expérimentals.
- MUNICH. — Königlich Baiेरische Akademie der Wissenschaften.
- NAPLES. — Reale Academia di Scienze morali e politiche.
 — Societa di naturalisti.
 — Orto botanico della Reale Università.

- NEUCHÂTEL. — Société des Sciences naturelles (Suisse).
 — Société neuchâteloise de Géographie.
- NEW-YORK. — Academy of Arts and Sciences.
 — New-York public library.
- OBERLIN (Ohio). — The Oberlin College library.
- PHILADELPHIE. — Academy of natural Sciences of Philadelphia (Pennsylvanie).
- PISE. — Societa toscana di Scienze naturali.
- PORTICI. — Regia scuola superiori di Agricoltura.
- PORTO. — Academia polytechnica.
- PRAGUE. — Konigl.-Bohmische Gessellschaft der Wissenschaften.
 — Société royale des Sciences de Bohême.
 — Masarycova Académie.
- RIO-DE-JANEIRO. — Instituto Oswaldo Cruz.
 — Bibliotheca de Museo Nacional.
- ROCHESTER. — Academy of Sciences.
- ROME. — Academia nazionale dei Lincei.
 — Associazione internazionale per gli Studi méditerranéi, Villa Celimontana.
 — Institut international d'agriculture.
 — Reale acadèmia d'Italia.
 — Societa Italiana per il progresso della Scienze (26 Via del Collegio Romano).
- SAINT-GALL. — SanktGallische naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- SAINT-LOUIS. — Missouri botanical Garden.
- SAN-FRANCISCO. — California Academy of Sciences.
- SASSARI. — Studi Sassaresi
- SION (Suisse). — Société Murithienne du Valais.
- STOCKHOLM. — Kongl. Svenska Vetenskaps Akademiens.
- UPSAL. — Regia societas Scientarium Upsaliensis.
- URBANA (Illinois). — State laboratory of natural history.
- VARONÈGE. — Université d'Etat.
- VARSOVIE. — Musée polonais d'histoire naturelle.
 — Société des Sciences et des Lettres.
- VIENNE. — Kollegium des naturhistorischen Museums.
- WASHINGTON. — Smithsonian Institution.
 — Bureau of Ethnology.
 — Experiment station record.
 — National Academy of Sciences.
- WINTERTHUR. — Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- ZAGRA. — Societas historico-naturalis croatica.
- ZURICH. — Naturforschende Gesellschaft.
-

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

	Pages
Robert WHITCOMB-KARPINSKI. — Contribution à l'étude métallogénique des Vosges méridionales.....	1
M. LENOIR. — Contribution à la Monographie cytologique du <i>Lilium Candidum</i> L.....	143
Colonel GÉRARD. — Les fossiles aveyronnais de l'Institut de Géologie de Nancy.....	215
G. CORROY. — Le Lusitanien et le Kinéridgien des côtes de Meuse, au Nord-Ouest de Neufchâteau.....	223
Jean VIGNERON. — Sur la présence de laticifères vrais chez les deux espèces du genre « <i>épilobium</i> ».....	231
M. BIZOT et G. GARDET. — Muscinès du plateau lorrain.....	26
M. Jean PELTIER. — Application de l'induction électromagnétique à la recherche des défauts dans les pièces métalliques.....	283
Liste des Membres.....	311
Sociétés correspondantes.....	315

Le Gérant : É. DABIN