

BULLETIN DES SÉANCES

SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES

DE NANCY

ANCIENNE SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE STRASBOURG

FONDÉE EN 1828

Série III. — Tome XI — Fascicules I à III

11^e ANNÉE — JANVIER-DÉCEMBRE 1910



BERGER-LEVRAULT, ÉDITEURS

PARIS

NANCY

RUE DES BEAUX-ARTS, 5-7

RUE DES GLACIS, 18

1910

SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

BUREAU ET CONSEIL D'ADMINISTRATION

Pendant l'année 1910

		MM.
BUREAU	<i>Président</i>	GRAND'EURY.
	<i>Vice-Président</i>	NICKLÈS.
	<i>Secrétaire général</i>	GRÉLOT.
	<i>Secrétaire annuel</i>	COPPEY.
	<i>Trésorier</i>	BRUNOTTE et GOURY
<i>Administrateurs</i>	}	D ^r GROSS.
		LE MONNIER.
		CHARPENTIER.
<i>Secrétaire général honoraire</i>	MILLOT.	

LISTE DES MEMBRES

COMPOSANT LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

Arrêtée au 31 décembre 1910

I. MEMBRES TITULAIRES

INSCRITS PAR RANG D'ANCIENNETÉ

1. D^r GROSS O *, doyen de la Faculté de médecine. 16 décembre 1868.
2. D^r FRIANT *, professeur honoraire de la Faculté des sciences. 19 janvier 1874.
3. LE MONNIER *, professeur à la Faculté des sciences. 18 juin 1877.
4. D^r CHARPENTIER *, profess. à la Faculté de médecine. 2 mars 1879.

5. GODFRIN, directeur de l'École supérieure de pharmacie. 24 novembre 1879.
6. FLOQUET *, doyen de la Faculté des sciences. 19 janvier 1880.
7. DUMONT, docteur en droit, bibliothécaire en chef de la Bibliothèque universitaire. 16 janvier 1881.
8. ANDRÉ, architecte. 1^{er} mars 1882.
9. BLONDÉROT O *, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences. 2 juin 1882.
10. HENRY, professeur à l'École forestière. 1^{er} décembre 1882.
11. D^r VUILLEMIN, professeur à la Faculté de médecine. 1^{er} décembre 1882.
12. MILLOT, ancien lieutenant de vaisseau, chargé de cours honoraire à la Faculté des sciences. 17 mai 1883.
13. A. DE METZ-NOBLAT *, homme de lettres. 3 juillet 1883.
14. KLOBB, profess. à l'École supér. de pharmacie. 15 février 1884.
15. RISTON, docteur en droit. 16 janvier 1885.
16. BERTIN, rentier. 16 janvier 1885.
17. GUNTZ *, professeur à la Faculté des sciences. 16 janvier 1885.
18. MONAL, pharmacien, ancien chef des travaux chimiques à la Faculté des sciences. 1^{er} mars 1887.
19. MER, ancien inspecteur des forêts. 16 mai 1887.
20. D^r KNÖPFER, ancien chef de clinique à la Faculté de médecine. 20 février 1888.
21. Abbé HARMAND, ancien professeur au Collège de la Malgrange, à Docelles (Vosges). 16 juin 1888.
22. WELFLIN *, ancien capitaine du génie. 14 janvier 1889.
23. DE SCHAUENBOURG, avocat à la Cour d'appel. 14 janvier 1889.
24. MULLER, professeur à la Faculté des sciences. 3 février 1890.
25. GUYOT, professeur adjoint à la Faculté des sciences de Nancy. 3 février 1890.
26. MINGUIN, professeur à la Faculté des sciences. 3 février 1890.
27. DOREZ, pharmacien de 1^{re} classe. 3 février 1890.
28. IMBEAUX *, ingénieur en chef des ponts et chaussées, docteur en médecine. 1^{er} mai 1892.
29. NICKLÈS *, professeur à la Faculté des sciences. 20 juillet 1893.
30. JOLYET, professeur à l'École forestière. 15 mars 1894.
31. GRÉLOT, professeur à l'École supérieure de pharmacie. 1^{er} mars 1895.
32. NOËL, industriel à Liverdun. 16 mars 1896.
33. BEAUPRÉ (le comte J.), archéologue. 16 mars 1896.
34. MICHAUT *, ingénieur des ponts et chaussées. 1^{er} février 1897.
35. GUYOT O *, directeur honoraire de l'École nationale des Eaux et Forêts. 16 janvier 1899.

36. MAIRE, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen (Calvados). 2 février 1899.
37. DE BOUVILLE, inspecteur adjoint, attaché à la Station d'expériences de l'École nationale des Eaux et Forêts. 1^{er} décembre 1899.
38. GRAND'EURY *, membre correspondant de l'Institut, professeur honoraire de l'École des mines de Saint-Étienne, 12, rue d'Amance, à Malzéville. 1^{er} février 1900.
39. MÉCHIN, licencié ès sciences physiques et naturelles, professeur au Lycée de Charleville. 1^{er} mars 1900.
40. D^r MEYER, professeur à la Faculté de médecine. 1^{er} mars 1900.
41. CHEVALLIER, licencié ès sciences, chef des travaux de minéralogie à la Faculté des sciences. 1^{er} mars 1900.
42. GOURY, avocat, docteur en droit. 4^{er} juin 1900.
43. GIRARDET, professeur agrégé à l'École supérieure de pharmacie. 1^{er} mars 1901.
44. LOPPINET, ancien conservateur des Eaux et Forêts. 15 juin 1901.
45. MOLK, professeur à la Faculté des sciences. 2 décembre 1901.
46. JOLY, licencié ès sciences, chargé de cours à la Faculté des sciences. 15 mai 1902.
47. D^r GUÉRIN, professeur à l'École supérieure de pharmacie. 15 janvier 1903.
48. BRUNTZ, docteur ès sciences, chargé d'un cours à l'École supérieure de pharmacie. 15 janvier 1903.
49. GEORGE, inspecteur adjoint des Eaux et Forêts, à Lunéville. 2 février 1903.
50. SCHMIDT, pharmacien à Saint-Dié. 16 février 1903.
51. CUIF, inspecteur adjoint, attaché à la station de recherches de l'École nationale des Eaux et Forêts. 1^{er} décembre 1903.
52. D^r PAQUY *, médecin-major de 1^{re} classe en retraite. M. A. 15 décembre 1899; M. T. 31 décembre 1904.
53. NOËL, ancien élève de l'École normale supérieure, 102, faubourg des Trois-Maisons, Nancy. 15 juin 1905.
54. GUTTON, professeur à la Faculté des sciences. 1^{er} mars 1906.
55. VOGT, professeur à la Faculté des sciences⁽¹⁾. 1^{er} mars 1906.
56. ENGEL, pharmacien à Tucquegnieux (Meurthe-et-Moselle). 1^{er} mars 1906.
57. HUFFEL, professeur à l'École forestière. 15 mai 1907.
58. COPPEY, professeur au Lycée. 15 juin 1907.
59. THIRIET, pharmacien de 1^{re} classe, droguiste à Nancy. 1^{er} février 1908.

(1) Conformément à l'article 20 des statuts, M. Vogt, ayant versé une somme de 300 francs, est *membre à vie*.

60. D^r BENECH C ✱, médecin-inspecteur du cadre de réserve. 1^{er} février 1908.
 61. ANCEL, professeur à la Faculté de médecine. 2 mars 1908.
 62. BOUIN, professeur à la Faculté de médecine. 2 mars 1908.
 63. GAIN, professeur adjoint à la Faculté des sciences, directeur de l'Institut agricole et colonial. 15 janvier 1910.
 64. GUINIER, inspecteur adjoint des forêts. Chargé d'un cours de sciences naturelles à l'École nationale des Eaux et forêts. 15 février 1910.
 65. NICOU, ingénieur du corps des mines. 1^{er} mars 1910.

II. MEMBRES ASSOCIÉS

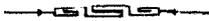
INSCRITS PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE

- DE GONNEVILLE ✱, chef d'escadrons de cavalerie. 15 juin 1905.
 GOUY DE BELLOCQ, ancien officier d'état-major. 1^{er} mars 1886.
 GRANDVAL, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Reims. 1^{er} mars 1904.
 LANG (B.), manufacturier à Nancy. 16 mars 1880.
 DE MONTJOIE, propriétaire à Villers-lès-Nancy. 2 mars 1888.
 REEB, pharmacien à Strasbourg. 1^{er} mars 1887.
 VIARD (le baron P.), archéologue, à Nancy. 2 juin 1899.

III. MEMBRES CORRESPONDANTS

- D^r BAGNÉRIS, ancien professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy, professeur à l'École préparatoire de médecine et de pharmacie de Reims. M. T. 15 janvier 1884; M. C. 14 janvier 1890.
 BARTET, conservateur des forêts, à Mâcon (Saône-et-Loire). M. T. 2 mars 1888; M. C. février 1892.
 BARTHÉLEMY, archéologue, 2, place Sully, Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise). M. T. 16 janvier 1888; M. C. 1^{er} janvier 1894.
 BERNHEIM, O ✱, professeur honoraire à la Faculté de médecine, 46, rue Singer, Paris, 16^e.
 BELLEVILLE, colonel en retraite, à Toulouse. 18 mai 1874.
 BRILLOUIN, maître de conférences à l'École normale supérieure. M. T. 16 janvier 1881; M. C. 15 novembre 1882.
 D^r CHRISTIAN ✱, médecin en chef de la Maison nationale de Charenton. M. T. 22 janvier 1877.
 D^r COLLIGNON, médecin-major de 1^{re} classe en retraite, à Jaulny (Meurthe-et-Moselle). M. T. 9 juin 1879; M. C. 15 novembre 1881.
 D^r ENGEL, professeur au Conservatoire des arts et métiers, à Paris. M. T. 5 mai 1875.

- FISSINGER, docteur en médecine à Oyonnax (Ain). 1^{er} décembre 1881.
- D^r GUILLEMIN O ✱, ancien directeur du service de santé du 20^e corps, à Nancy. M. T. 1^{er} juillet 1887; M. C. 14 janvier 1889.
- GUIMARÃES (Rodolpho), officier du génie, à Lisbonne. 1^{er} février 1900.
- HIRSCH, ingénieur des ponts et chaussées, à Paris. M. T. 5 mai 1873; M. C. 1^{er} juin 1879.
- JOURDAIN, ancien professeur à la Faculté des sciences de Nancy, à Portbail (Manche). M. T. en 1877; M. C. 8 décembre 1879.
- D^r KÖHLER ✱, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. M. T. 2 février 1880; M. C. 2 décembre 1889.
- MAILLARD, chef du laboratoire de chimie biologique à la Faculté de médecine de Paris. M. T. 15 décembre 1899; M. C. 16 novembre 1903.
- MANGIN ✱, professeur au Muséum d'histoire naturelle, à Paris. M. T. 24 novembre 1879; M. C. 15 novembre 1881.
- MEUNIER (Stanislas) O ✱, professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle, à Paris. M. C. 1^{er} décembre 1909.
- D^r NICOLAS, professeur à la Faculté de médecine de Paris. M. T. 16 février 1887; M. C. 15 novembre 1907.
- PÉROT ✱, directeur du laboratoire d'essai au Conservatoire des arts et métiers, à Paris. M. T. 1^{er} juin 1886; M. C. 15 mai 1889.
- POINCARÉ C ✱, membre de l'Institut, inspecteur général de l'Instruction publique. 1^{er} juin 1891.
- REBER, pharmacien honoraire, à Genève. 1^{er} décembre 1899.
- THOUVENIN, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Besançon. M. T. 1^{er} mars 1883; M. C. 15 décembre 1890.



PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

ANNÉE 1910

Séance du 15 janvier

Présidence de M. GRAND'EURY, président.

M. Vuillemin, président sortant, transmet la présidence à M. Grand'Eury qui remercie la Société.

Compte rendu financier. — M. Brunotte présente les comptes de l'année 1909 qui sont approuvés. La situation se résume ainsi :

Ensemble des recettes	2.634 ^f 65
Total des dépenses.	2.613 45
Reste en caisse à cette date . . .	21 20

Demande d'échange. — La Société Linnéenne de Provence, créée récemment à Marseille, demande l'échange de ses publications contre celles de la Société. L'échange est accordé.

Démissions. — Ont adressé leur démission ou refusé leur quittance, MM. Hasse, abbé Boulanger, abbé Urmès, Nieger.

Admission. — M. Edmond Gain, professeur adjoint à la Faculté des sciences de Nancy, est élu membre titulaire.

Présentation d'un nouveau membre. — M. Guinier, professeur à l'École nationale des Eaux et Forêts, est présenté comme membre titulaire par MM. Le Monnier et Vuillemin.

COMMUNICATIONS

M. Vuillemin présente à la Société des boutons d'artichaut attaqués par une bactérie. Les échantillons ont été envoyés d'Alger par M. Trabut. La maladie se manifeste à peu près exclusivement sur les plantes souffreteuses. Les jeunes capitules attaqués sont tachetés de noir et leur développement est arrêté. La bactérie a été isolée et cultivée par M. Trabut qui, en faisant des inoculations sur des artichauts non encore attaqués, a mis en évidence son rôle pathogène.

M. HENRY : 1° *Pullulation calamiteuse du lapin en Allemagne*; 2° *Invasion du taret dans le port de Marseille*.

M. Émile Mer rappelle, à propos de la première de ces communications, qu'il a réussi à arrêter autrefois la multiplication du lapin dans un domaine forestier qui était envahi et endommagé. MM. Vuillemin et Brunotte signalent l'extension qu'a prise récemment, en Lorraine, la maladie du lièvre occasionnée par le *Strongylus commutatus*.

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 5 février

Présidence de M. GRAND'EURY.

Cette séance, qui fut publique, a eu lieu au grand amphithéâtre de la Faculté des lettres. M. Imbeaux a développé, devant un nombreux auditoire, une conférence sur *Les Nappes aquifères de France*. D'abondantes projections ont ajouté à l'attrait de cet important sujet.

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 15 février

Présidence de M. GRAND'EURY.

Correspondance. — La *Société industrielle de l'Est* remercie pour les numéros du *Bulletin* qui lui ont été envoyés comme complément de sa collection.

La *Société impériale des Naturalistes de Moscou* demande les *Bulletins* qu'elle ne possède pas; ceux-ci seront envoyés dans la mesure du possible.

M. Crozel de La Bernardière, à Collonges-sur-Saône, désirant devenir membre associé de la Société, demande des renseignements à ce sujet. Il sera prié, au préalable, de renseigner la Société sur ses titres et travaux scientifiques.

Demande d'échange. — Une demande d'échange du *Bulletin* a été faite par la *Deutscher Naturwissenschaftlicher-medicinischer Verein für Böhmen* contre sa publication *Lotus*. Un fascicule de cette dernière sera préalablement demandé.

Présentation d'un nouveau membre. — M. Nicou, ingénieur des mines, est présenté comme membre titulaire par MM. Nicklès et Imbeaux.

Élection d'un nouveau membre. — M. Guinier est élu membre titulaire à l'unanimité, après un rapport verbal de M. Vuillemin.

COMMUNICATION

M. E. MER : *Le Lophodermium macrosporum, parasite des aiguilles d'épicéa.*

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 1^{er} mars

Présidence de M. GRAND'EURY.

Nécrologie. — La Société a été avisée du décès de M. THOMAS, membre correspondant, ancien membre actif.

Démission. — M. Bernheim, devant quitter Nancy prochainement, adresse sa démission de membre actif. Il est élu membre correspondant.

Élection d'un nouveau membre. — M. Nicou est élu membre actif, à l'unanimité, après l'audition d'un rapport verbal de MM. Imbeaux et Nicklès.

Hommage d'auteur. — M. Coppey fait hommage à la Société d'un travail sur *Les Hépatiques de la Haute-Saône.*

COMMUNICATION

M. le D^r BENECH : *Méthodes d'instruction militaire dans leurs rapports avec la psycho-physiologie.*

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 15 mars

Présidence de M. NICKLÈS, vice-président.

M. Brunotte, trésorier, dépose dans les archives de la Société la médaille décernée à la Société par le jury de l'exposition de Nancy.

Correspondance. — Sur l'invitation qui lui a été adressée, la Société décide de se faire représenter au Congrès qui doit avoir lieu prochainement à Bruxelles, au sujet de la nomenclature cryptogamique. Le délégué de la Société sera désigné dans la prochaine séance.

Une société nouvelle, la *Société dauphinoise d'études biologiques* a

adressé une brochure et une demande d'échange de publications. La réponse est ajournée à l'époque où cette nouvelle société aura donné des preuves de son activité scientifique.

Nécrologie. — M. le président fait part du décès de M. l'abbé CHEVALLIER, membre titulaire de la Société.

COMMUNICATIONS

M. MATHIEU-MIEG : *Sur l'âge et l'industrie paléolithique des grottes d'Istein* (note présentée par M. GRÉLOT).

M. NOËL : *Sur l'hydrogéologie de la Tunisie.*

M. Noël, qui fait hommage à la Société d'une notice sur cette question, achèvera de l'exposer ultérieurement et publiera un mémoire à son sujet dans le Bulletin de la Société.

M. GUNTZ : 1° *Comment on pourrait isoler le radium*; 2° *Sur un mode de préparation des azotates anhydres.*

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 15 avril

Présidence de M. GRAND'EURY.

Demande d'échange. — Le directeur de la publication anglaise *Ion* demande l'échange au Bulletin de la Société contre cette publication. Un fascicule sera demandé et examiné avant de décider s'il y a lieu d'accepter la proposition.

Congrès de Bruxelles. — M. R. Maire est élu comme délégué de la Société au Congrès qui doit avoir lieu prochainement à Bruxelles, à propos de la nomenclature cryptogamique.

Correspondance. — La Société est invitée à se faire représenter au XI^e Congrès géologique international.

COMMUNICATIONS

1° M. NOËL se fait inscrire pour prendre date à ce jour, pour deux communications prochaines, l'une : *Sur la surface libre d'une nappe aquifère*, et l'autre : *Sur un cas de prévision de débit de source (Zaghouan).*

2° M. Stanislas MEUNIER : *Origine et mode de formation du minerai de fer oolithique de Lorraine* (note présentée par M. Grand'Eury).

En raison de l'heure avancée, une communication de M. COPPEY, *Sur les Muscinées du plateau de Malzéville*, est remise à une date ultérieure.

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 2 mai

Présidence de M. GRAND'ÉURY.

Correspondance. — 1° Invitation à participer à l'Exposition internationale d'hygiène à Dresde.

2° La Société, sur la demande du secrétaire général, a reçu un fascicule de la publication *Ion* qui demande l'échange avec notre Bulletin. M. Blondlot veut bien se charger d'examiner ledit fascicule et de faire un rapport verbal à la suite duquel la Société décidera s'il y a lieu d'accepter l'échange.

3° Le trésorier du III^e Congrès international de botanique de Bruxelles accuse réception de la cotisation adressée par la Société des sciences pour son délégué M. Maire.

4° L'Académie royale des sciences de Stockholm fait hommage à la Société de divers fascicules : *Archives de mathématiques, botanique et zoologie* et d'un ouvrage séparé intitulé : *Les prix Nobel en 1907*. Des remerciements seront adressés.

5° Un volume contenant : Procès-verbaux, rapports et mémoires du IV^e Congrès international d'aéronautique tenu à Nancy du 18 au 23 septembre 1909.

COMMUNICATIONS

M. GUINIER : Suite de la *Flore fossile du Trias en Lorraine et en Franche-Comté*, par P. FLICHE.

M. E. NOËL : 1° *Sur la surface libre d'une nappe aquifère*; 2° *Sur un cas de prévision de débit de source (Zughoum)*.

Le Secrétaire général,

P. GRÉLOT.

Séance du 17 mai

Présidence de M. NICKLÈS, vice-président.

Correspondance. — L'Académie de Stanislas invite la Société à assister à sa séance publique annuelle qui aura lieu le 26 mai prochain.

La Société donne une réponse favorable à une demande d'échange de publications avec les *Annali della R. stazione chimico-agraria sperimentale di Roma*.

Démission. — M. Lang, membre associé, adresse sa démission.

Décès. — M. le Président annonce le décès de M. Brunotte, trésorier de la Société, et lève la séance en signe de deuil.

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 2 juin

Présidence de M. GRAND'EURY.

Correspondance. — M. le préfet de Meurthe-et-Moselle rappelle à la Société qu'elle peut renouveler sa demande de subvention au Conseil général.

M. le ministre du commerce et de l'industrie a adressé à la Société le rapport sur le fonctionnement du laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, en 1909.

Exposition de Nancy. — M. le président présente à la Société le Diplôme d'honneur qui vient de lui être adressé par le comité de l'Exposition.

Élections. — M. E. Bertrand, correspondant de l'Institut, professeur de botanique à la Faculté des sciences de Lille, présenté par MM. Grand'Eury et Vuillemin, est élu membre correspondant.

M. Goury est élu trésorier de la Société en remplacement de M. Brunotte.

COMMUNICATION

M. VUILLEMIN : *Caractères nouveaux applicables à la classification des champignons inférieurs.*

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 15 juin

Après examen de la publication *Ion* dont il avait bien voulu se charger, M. Blondlot est d'avis d'accepter l'échange demandé par ladite publication. L'échange est accepté.

La Société a reçu une carte de remerciements de la famille de M. Brunotte.

COMMUNICATION

M. HENRY : *Un nouvel ennemi du mélèze*. Cette communication sera publiée au Bulletin.

Le Secrétaire général,
P. GRÉLOT.

Séance du 1^{er} juillet

Présidence de M. GRAND'ÉCRY.

Échange de publications. — A la suite de l'acceptation d'une demande d'échange de publications avec la Revue *Ion*, la Société a reçu tout ce qui est paru de cette dernière.

COMMUNICATIONS

M. BLONDLOT : *Présentation d'un appareil résolvant une question de mécanique d'apparence paradoxale.*

M. Blondlot publiera dans le Bulletin un résumé de sa communication avec un schéma de son appareil.

M. le D^r BENECH : *Théorie du pointage au point de vue de l'optique physiologique.*

Après avoir rappelé les principales théories émises sur la visée et notamment celles de Helmholtz, du commandant Legros, de M. Sulzer et celle, plus récente, de MM. Coullaud et Ginestous, M. Benech expose une nouvelle théorie de la visée.

Il est évident que l'accommodation ne peut pas être simultanément exacte pour trois points inégalement distants tels que le cran de la hausse, le guidon et la cible-but, et le problème est de savoir sur lequel de ces trois points l'œil accommode.

M. Benech démontre que l'œil, comme s'il obéissait au principe du moindre effort, accommode sur le point le plus éloigné :

Dans le pointage, sur le but ; dans la prise de ligne de mire, sur le guidon.

M. Benech appuie sa démonstration sur l'observation du mouvement apparent, du cran de mire et du guidon dans le premier cas, du cran de mire seul dans le second cas, lorsque partant de la position de la visée, l'œil exécute de petits mouvements alternatifs dans le plan frontal.

Il s'appuie également sur l'observation des images doubles produites lorsque pendant la visée de l'œil droit on ouvre subitement l'œil gauche.

Enfin, s'appuyant sur les données de la psycho-physiologie expérimentale, et analysant les méthodes d'instruction en usage, il montre comment le tireur peut avoir une vision nette pendant le pointage, et comment s'expliquent ces accommodations successives de près à loin sur le cran de mire, le guidon et le visuel de la cible.

M. GRÉLOT. — *Caractérisation de faibles quantités de safran en présence du carmin d'indigo.*

M. Noël fait part à la Société de quelques résultats obtenus par lui dans l'étude des infiltrations sur le massif du Zaghouan (Tunisie), pendant les années 1907-1908 et 1909 :

1° On a appelé « Infiltration apparente » entre deux minima encadrant une période de pluie l'aire comprise entre le graphique de débit journalier et les deux courbes d'épuisement à branches asymptotiques passant par ces minima.

L'infiltration absolue d'une période pluvieuse est le nombre total de mètres cubes fournis à une source par cette période. Les deux infiltrations sont égales quand on ne les évalue qu'au bout d'un temps assez long (par exemple de décembre à mars).

La température optima pour les infiltrations est celle de 10° produite au mois de mars (1). Elle donne lieu à une « infiltration apparente » supérieure même aux dernières pluies d'hiver (coefficient 1,44 en 1908), par suite de la fonte des neiges et de l'entraînement de l'eau de saturation.

2° Le bassin-versant des deux sources principales du Zaghouan : aïn Ayed et le Nymphée comprend au moins tout le versant ouest du centre du massif, lequel se comporte comme s'il était colmaté par en bas (coefficients d'infiltration d'hiver, de décembre à avril, voisins de 0,9).

La « nappe captive du jurassique » s'alimente donc surtout par le compartiment sud-est au-dessus de la faille et par les deux extrémités nord-est et sud-ouest du massif séparées du centre par d'étroites bandes marneuses.

La forme des équations des courbes d'épuisement correspond plutôt à des roches fissurées perméables en grand qu'à des roches quasi imperméables renfermant quelques gros réservoirs en petit nombre.

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

(1) La température était mesurée à Bou-Remada au pied nord-ouest du Zaghouan.

Séance du 15 novembre

Présidence de M. GRAND'ÉURY

COMMUNICATIONS

1° M. Eug. BERTRAND : *Le bourgeon femelle des Cordaïtes.*

La séance a eu lieu au grand amphithéâtre de la Faculté des sciences mis gracieusement à la disposition de la Société par M. le doyen Floquet. De nombreuses projections, fort bien réussies, ont augmenté considérablement l'intérêt de cette remarquable communication qui sera insérée dans le Bulletin.

2° M. BEAUPRÉ : *Le mur cyclopéen de la Trinité* (note présentée par M. Millot).

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

Séance du 1^{er} décembre

Présidence de M. GRAND'ÉURY.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président fait part à la Société du décès de M. Rabischong, membre actif, et donne lecture : 1° d'une lettre de M. le Préfet de Meurthe-et-Moselle annonçant que le Conseil général a maintenu, pour cette année, la subvention annuelle de 500 francs qu'il accorde à la Société. Des remerciements ont été adressés à M. le président du Conseil général ; 2° Une lettre de M. le maire de Nancy invitant la Société à adresser, avant le 10 octobre, la demande de subvention annuelle. Cette demande a été adressée en temps utile par M. le Secrétaire général.

Demande d'échange. — L'Institut international d'agriculture demande l'échange avec sa publication intitulée : *Bulletin de statistique agricole* dont il adresse les huit premiers fascicules parus. En raison de l'importance considérable de l'Institut international d'agriculture la Société accepte l'échange demandé.

La Société a reçu : 1° un certain nombre d'extraits de périodiques adressés à titre d'hommage par l'auteur M. Janet. Des remerciements seront adressés ;

2° Une circulaire annonçant le Congrès des Sociétés savantes qui s'ouvrira à Caen le 18 avril 1911.

COMMUNICATIONS

MM. ANGEL et BOUIN : *Sur le développement de la glande mammaire au cours de la gestation et sa cause.* Cette communication qui sera insérée au Bulletin donne lieu à quelques remarques de la part de MM. Guntz, Vuillemin et Mer.

M. DE BOUVILLE : *Épidémie de furonculose à Bellefontaine.* Sera insérée au Bulletin.

Le Secrétaire général,

P. GRÉLOT.

Séance du 15 décembre

Présidence de M. GRAND'EURY.

Élections. — M. le D^r Gross, administrateur sortant, est réélu ; M. le D^r Benech est élu vice-président pour 1911 ; M. Guinier est élu secrétaire annuel.

Demande d'échange. — La *Société d'histoire naturelle de la Haute-Marne*, récemment constituée, demande l'échange de ses publications contre le Bulletin de la Société. Il sera statué à ce sujet après l'apparition des premières publications de cette nouvelle Société.

Correspondance. — L'Institut de Carthage adresse une demande de souscription pour l'érection d'un monument à *Philippe Thomas*. Une liste de souscription individuelle sera établie.

COMMUNICATION

M. COPPEY : *Les Mascinées des environs de Nancy (suite).* — *Le plateau de Malzéville et le plateau de la route de Toul.*

Le Secrétaire annuel,

A. COPPEY.

LE

LOPHODERMIIUM. MACROSPORUM

PARASITE DES AIGUILLES D'ÉPICEA

Par M. Émile MER

En 1874, Robert Hartig a fait connaître un champignon parasite des aiguilles d'épicéa dont il a décrit, avec beaucoup de détails, la structure, l'évolution et la maladie qu'il produit (1). Il lui a donné le nom d'*Hysterium macrosporum*, auquel fut substitué, plus tard, celui de *Lophodermium macrosporum*, quand on eut rangé dans le genre *Lophodermium* les champignons à spores filiformes, ayant parfois la longueur de la thèque qui les renferme, ce qui est le cas pour celui qui fait l'objet de ce mémoire.

Le *Lophodermium macrosporum* présente la particularité que son mode de développement, ainsi que ses effets sur la feuille atteinte, varient dans de larges limites, suivant les conditions qu'elle présente et, par suite, suivant les stations où on le rencontre. C'est ainsi que R. Hartig a été amené à distinguer trois formes différentes de cette affection :

1° Dans les régions montagneuses de l'Erzgebirge et du Harz, l'attaque a lieu au mois de mai et l'aiguille brunit aussitôt. Les spermogonies apparaissent en juillet et les périthèces en août. Ces derniers organes s'agglomèrent à la face inférieure des feuilles, sous forme de cordons noirs longitudinaux, dans la région des stomates. En octobre, se forment les thèques, mais

(1) *Wichtige Krankheiten der Waldbäume*, pages 101 et suivantes.

celles-ci, après être restées stationnaires en hiver, ne mûrissent qu'au printemps suivant. La période de végétation du parasite est, dans ce cas, d'une année ;

2° A Eberswald, localité située en plaine, près de Berlin, la marche de la maladie est différente. L'attaque a bien encore lieu au printemps, mais c'est seulement à l'automne ou même en hiver, que l'aiguille brunit. Les périthèces se forment au mois de juin de l'année suivante, un peu plus tôt que dans le premier cas, mais trop tard cependant pour que la maturation puisse s'effectuer la même année. C'est seulement au mois de mai de l'année qui suit, que se produit la dissémination des spores. Le cycle de végétation du *Lophodermium* est alors de deux ans. Le retard dans le développement du mycélium est attribué par Hartig à la sécheresse du climat de plaine, tandis que sa rapide évolution est favorisée par l'air humide de la montagne ;

3° Dans les deux cas précédents, une faible partie seulement des aiguilles atteintes se détache avant la formation des périthèces. Une troisième forme d'infection se rencontre dans les pépinières de Neustadt : toutes les aiguilles brunissent et tombent, du mois d'août à la fin de l'automne. Hartig, pour ce motif, a appelé cette forme *Nadelschütte* (chute des aiguilles). Cette chute quelquefois n'est que partielle. Dans ce cas, les feuilles qui restent adhérentes au rameau présentent de petites taches brunes ou bien ne brunissent qu'à l'extrémité, la base demeurant verte et étant séparée de la partie malade par un épanchement de résine qui a enrayé l'extension du mycélium. Dès l'automne, des spermogonies apparaissent sur cette région malade, bientôt suivies de périthèces qui, ici, restent isolées, sous forme de petites gibbosités et ne se réunissent pas en files parallèles à la nervure, comme dans les deux premiers cas. La dissémination des spores s'effectue au printemps suivant. La durée de la maladie peut alors varier légèrement, sans dépasser toutefois une année.

Telles sont les trois formes de la maladie que Hartig avait reconnues jusqu'en 1874. Mais l'étude, pourtant si consciencieuse et si approfondie qu'il en avait faite, ne le satisfaisait pas entièrement, car bien des années après, dans son *Traité des Maladies des arbres*, publié en 1889, il fait remarquer que plusieurs points du développement de ce parasite sont encore obscurs et réclament de nouvelles études.

C'est afin de combler cette lacune et aussi de rechercher si, dans les Hautes-Vosges, la forme de l'infection rentre dans l'une de celles décrites par R. Hartig, ou si on les rencontre toutes trois, que, dès 1889, je me mis à étudier le développement du *Lophodermium macrosporum* dans cette région. Mon attention se porta principalement sur la forme dite *Nadelschütte*, parce qu'elle me parut y être de beaucoup la plus répandue. Sous le titre de *Défoliation des branches basses d'épicéa*, j'ai publié une partie de ces premières recherches⁽¹⁾.

Je signalais, dans ce travail, plusieurs faits qui avaient échappé à Hartig ou qui ne se présentaient pas dans les localités étudiées par lui. Ainsi j'avais reconnu que, dès la fin du printemps, on peut ranger les aiguilles atteintes en deux catégories : celles qui brunissent aussitôt après l'attaque et celles qui ne brunissent que très lentement, souvent par zones successives. Les premières, très amylières, restent adhérentes et fructifient sur le rameau ; les autres, ne renfermant pas ou peu d'amidon, tombent, dès qu'elles ont achevé de brunir, ce qui arrive dès la première année, mais parfois aussi, au bout de deux ou trois ans seulement et ne fructifient pas avant leur chute. On a vu que, dans la *Nadelschütte* partielle, un assez grand nombre d'aiguilles ne sont atteintes qu'à l'extrémité et que des organes reproducteurs se forment dans cette partie. (Je remarquais bien, quoique rarement, des aiguilles dont l'extrémité seule se trouvait atteinte, mais elles ne portaient pas d'organes reproducteurs. Quant à celles qui étaient frappées de *Nadelschütte* totale, je ne trouvais, sur aucune d'elles, trace de fructifications, avant la chute.) Les feuillès qui jonchaient le sol n'étaient pas plus instructives à cet égard, car celles qui venaient de tomber se trouvaient encore stériles, tandis que les aiguilles dont la chute remontait aux années précédentes, ne présentaient que des périthèces vides, et par conséquent indéterminables, ou bien leur tissu désorganisé avait fini par être envahi par des saprophytes d'espèces variées. Ainsi en étais-je arrivé à penser que les différences constatées entre les deux formes d'infection étaient assez importantes pour m'autoriser à regarder le parasite de la *défoliation* comme différant peut-être du *Lophodermium macrosporum*, ou du moins à ré-

(1) *Bull. Soc. bot. de France*, 1892, pages 386 et suivantes.

server mon opinion à cet égard, jusqu'au jour où j'aurais l'occasion d'observer des fructifications sur les aiguilles caduques.

J'avais provisoirement abandonné l'étude de cette question, quand, à l'arrière-automne de 1898, avant les premières neiges, lesquelles, cette année, ne tombèrent qu'en décembre (circonstance qui retarda la chute des aiguilles), j'en rencontrai trois, encore fixées au rameau, portant de petites saillies ponctiformes, noires, constituées par des périthèces pourvues de paraphyses, mais n'ayant pas encore formé de thèques. Ces périthèces ressemblaient à celles de *Lophodermium macrosporum*, mais l'absence de thèques ne permettait pas de les identifier. Toutefois le fait d'avoir rencontré, exceptionnellement, il est vrai, des fructifications sur des aiguilles atteintes de *Nadelschütte* me prouvait que, dans certains cas, il peut commencer à s'en former dès la fin de l'automne. Espérant obtenir un plus complet développement, je plaçai, au mois de décembre, sous cloche humide, des aiguilles prêtes à se détacher. Dans quelques-unes apparurent, deux ou trois semaines plus tard, les menues fructifications que j'avais observées sur les aiguilles dont je viens de parler. On apercevait, dans les périthèces, des paraphyses rudimentaires, mais toujours pas de thèques. Je poursuivis, tout l'hiver, l'expérience, mais, malgré les précautions dont je m'entourai pour préserver les aiguilles de l'envahissement des moisissures, elles finirent par en être atteintes, ce qui désorganisa non seulement leur tissu, mais encore les périthèces déjà formées. Cet insuccès me fit de nouveau délaïsser la question.

Je n'en repris l'étude qu'en 1905. Pensant arriver plus sûrement à faire mûrir des fructifications, en plaçant les aiguilles dans les conditions où le parasite se développe naturellement, j'en déposai un certain nombre dans une caissette ouverte que j'abandonnai en plein air, pendant toute la durée de l'hiver suivant, après l'avoir recouverte d'un filet, pour en préserver le contenu des débris de feuilles et de branches mortes que le vent entraînerait. De temps à autre j'examinai les aiguilles qui restèrent ainsi exposées à toutes les intempéries et furent, durant plusieurs mois, recouvertes de neige. Aucune fructification n'apparut jusqu'au mois d'avril. C'est seulement à cette époque que se formèrent sur les deux faces de l'aiguille des spermogonies et des périthèces ponctiformes. Au mois de mai, je commençai à aper-

cevoir quelques thèques surgissant entre les bases des paraphyses. Dans le courant de juin, ces thèques mûrirent et j'y reconnus, à n'en pouvoir douter, la présence des spores de *Lophodermium macrosporum*. C'est donc bien à ce parasite que doit être attribuée la contamination des feuilles caduques d'épicéa. Ce point étant fixé, je soumis à une nouvelle étude les diverses formes de cette maladie, car il m'avait semblé que, sur bien des points, elles différaient de la description qu'en avait faite Hartig. Mes recherches furent poursuivies en 1905, 1906, 1907, 1908 et 1909 en diverses parties de la forêt de Gérardmer, mais principalement dans un petit bois en terrain tourbeux qui se trouve dans ma ferme de Longemer, sur les épicéas duquel cette maladie est très répandue. Passant une partie de l'année dans cette ferme (de juin ou juillet, et parfois de mai à décembre), je pus ainsi suivre de mois en mois, pendant la période végétative, les diverses phases de la maladie, non seulement dans le même massif, mais souvent encore sur les mêmes arbres, et cela durant plusieurs années, car d'une année à l'autre il se produit parfois certaines variations. Aussi ai-je cru utile de décrire, d'après les notes que j'ai prises au fur et à mesure, les résultats de mes recherches, en indiquant les dates auxquelles elles se rapportent. J'ai réuni les observations faites dans un même mois, pour des années différentes.

En examinant, au courant de juin, les épicéas du petit massif dont je viens de parler, on constate que, sur les branches basses de quelques-uns d'entre eux, certaines aiguilles, appartenant principalement aux pousses de l'année précédente, sont intégralement d'un brun foncé, tandis que d'autres, insérées sur les pousses de deux, trois ou quatre ans, ont une teinte brune plus claire ou d'un vert jaunâtre, n'occupant qu'une partie de l'aiguille, le plus souvent une ou plusieurs zones circulaires. Ni sur les unes, ni sur les autres, on ne voit, à cette époque de l'année, trace de fructification. Mais, tandis que les premières sont munies à la base d'un anneau brun foncé, presque noir, les secondes en sont dépourvues. C'est là un caractère fondamental qui permet de distinguer les deux modes d'attaque, car pendant que les premières aiguilles restent adhérentes et ne tombent même pas en se desséchant, contrairement à ce qui a lieu pour les aiguilles saines d'épicéa, les autres se détachent, plus rapidement même

que ces dernières, sur un rameau séparé de la tige et abandonné à la dessiccation⁽¹⁾. D'autres traits distinctifs s'observent entre ces deux catégories d'aiguilles. Tandis que celles qui sont munies de l'anneau basilaire sont bourrées de volumineux grains amylicés et que leur parasite fructifie sur le rameau en juillet et août, les autres renferment peu d'amidon ou même le plus souvent en sont dépourvues, et le *Lophodermium* n'y fructifie qu'au printemps de l'année suivante ou même deux ou trois ans plus tard, quand elles jonchent le sol. Les phases d'évolution sont donc différentes dans chaque catégorie et, pour éviter toute confusion, il convient de les décrire séparément. La maladie affectant donc deux formes bien tranchées, j'appellerai l'une, *forme α ou à aiguilles adhérentes*, l'autre, *forme β ou à aiguilles caduques*. Je décrirai d'abord la première.

I

Forme α de la maladie. — Aiguilles adhérentes, munies de l'anneau basilaire. — Fructifications sur le rameau. — Les pousses de deux et même de trois ans portent aussi des aiguilles atteintes par le parasite à divers états de développement, d'où une assez grande complication pour en interpréter l'évolution. Afin de bien en rendre compte, je crois nécessaire de décrire l'état des aiguilles de divers âges aux différentes époques de la période végétative, depuis la fin de juin jusqu'en décembre. Dans cet exposé, je suivrai l'ordre des mois :

1) 25 JUIN 1908. — Dans les aiguilles de un an contaminées et très amylicères, les spermogonies débutent à peine. Pas encore trace de périthèces. Les aiguilles de deux ans infectées qui, toutes, ont perdu leur amidon, présentent les divers stades d'évolution, depuis celui où le parasite n'est pas encore fructifère jusqu'à celui où il porte des thèques mûres ou même vides. Ainsi les unes, outre les spermogonies, ont des périthèces en formation, réduites au stroma ou n'ayant encore produit que des paraphyses, d'autres ont des périthèces mûres; dans d'autres, les thèques ont disparu. Ce sont leurs spores qui, en mai, ont contaminé les aiguilles de un an. Enfin, on rencontre quelques

(1) En secouant une de ces branches dont les aiguilles sont à peu près desséchées, on fait tomber celles qui sont dépourvues d'anneau, tandis que les aiguilles à anneau demeurent adhérentes.

aiguilles de deux ans qui, bien que munies de l'anneau basilaire, paraissent stériles, car on n'y voit aucune trace de fructification.

2) 28 JUIN 1907. — Les aiguilles de un an contaminées sont d'un brun vif et remplies d'amidon. A la loupe, on aperçoit quelques points saillants : ce sont des spermogonies à leur début. Pas encore de périthèces en formation. Sur les pousses de deux ans, plusieurs aiguilles décolorées, à la face inférieure desquelles on distingue des périthèces dont quelques-unes sont d'un noir brillant et font saillie. Celles-là sont mûres. Dans leur intérieur on aperçoit les thèques et leurs spores filiformes, ondulées et tordues les unes sur les autres. Mais la plupart des aiguilles de deux ans portent des périthèces vidées, d'un noir mat, déjà dégradé. Les amas linéaires qu'elles forment sont munis, sur toute leur longueur, d'une fente médiane résultant de la déhiscence de ces organes. Non seulement ces aiguilles ne sont plus amylofères, mais leur parenchyme a disparu en grande partie.

3) 2 JUILLET 1906. — On détache une branche basse d'un épicéa d'une vingtaine d'années et l'on examine les aiguilles contaminées sur les pousses de différents âges.

Pousse de un an. — Les aiguilles portent de nombreuses punctations ou traits, ou même des taches noires, dues à des épanchements de résine et de tannin qui s'est ensuite oxydé, provenant de la réaction de l'organe contre l'attaque du parasite. Ça et là on voit de petites voussures. Ce sont des spermogonies en formation ou même formées, car de plusieurs d'entre elles, des spermaties s'échappent. Dans quelques aiguilles, la coloration brune du parenchyme est peu marquée. Dans d'autres, le contenu des cellules est brun, mais surtout les parois sont tapissées d'un revêtement interne de tannin oxydé. Pas encore trace de périthèces. Les cellules du parenchyme sont remplies de gros grains d'amidon sphériques, accolés les uns aux autres. Pour ce motif, les filaments mycéliens sont peu perceptibles. Ce n'est guère que dans les interruptions de tissu ou déchirures dues à la coupe qu'on distingue des filaments rares, fins et rectilignes.

Pousse de deux ans. — Les aiguilles présentent encore des taches noires, irrégulièrement disposées, mais moins nombreuses que celles de un an. Plus d'amidon, mais seulement de nombreux granules d'amylose, sous forme de plaquettes, de fines aiguilles, de corpuscules anguleux ou pulvérulents. Les spermogonies sont généralement vidées. Le parenchyme est moins brun que celui des aiguilles de un an, le tannin oxydé ayant été en partie lavé et entraîné par l'eau pluviale. Mycélium abondant, gros et sinueux. Pas de périthèces.

Pousse de trois ans. — Plusieurs aiguilles brunes et adhérentes. La coloration y est moins foncée que dans celles de deux ans et surtout que dans celles de un an. Les taches noires ont presque disparu ou sont bien effacées. Filaments mycéliens plus abondants, plus gros et plus sinueux que dans les aiguilles de deux ans. Cellules du parenchyme complètement vides et desséchées.

Deuxième branche du même arbre

Pousse de un an. — Aiguilles remplies d'amidon. Sur l'une d'elles, des périthèces en formation, mais réduites aux paraphyses.

Pousse de deux ans. — Plusieurs aiguilles brunes et adhérentes, non amylières et portant généralement des périthèces. *Dans l'une d'elles, cet organe est moins avancé que dans les aiguilles de la pousse de un an,* les paraphyses n'ayant pas encore paru.

Pousse de trois ans. — Ne porte pas d'aiguille atteinte.

Troisième branche du même arbre

Il ne s'y trouve d'aiguilles munies de l'anneau basilaire que sur les pousses de un et de deux ans. Elles sont brunes, mais les premières seules sont amylières. Quelques-unes sont munies, en divers points, de zones annulaires ou demi-annulaires brunes, dues à des épanchements de résine et de tanin oxydé. Ni dans les unes ni dans les autres, le parasite n'est encore fructifère.

Quatrième branche du même arbre

Dans les aiguilles atteintes de un et deux ans, le parasite n'est pas fructifère. Sur la pousse de trois ans, une seule des aiguilles attaquées subsiste. Elle porte trois amas de périthèces. Celui qui se trouve à l'extrémité de l'aiguille est ouvert. Les thèques, encore alignées, sont généralement vides. Cependant quelques-unes renferment encore leurs spores. Dans les périthèces des observations précédentes, les thèques, vidées, n'étaient plus dressées ni alignées, mais confusément jetées les unes sur les autres.

4) 4 JUILLET 1906. — Sur les pousses de un an, les aiguilles brunes, bourrées d'amidon, portent de nombreuses taches noires, ponctiformes ou allongées, quelques-unes annulaires ou semi-annulaires, provenant d'épanchements de résine et de tanin oxydé dans l'épiderme, l'hypoderme et la partie avoisinante du parenchyme. Les aiguilles de deux ans sont d'un brun moins foncé. Leurs taches noirâtres ont en grande partie disparu, entraînées par l'eau pluviale. Certaines de ces *aiguilles de deux ans ne sont pas encore fructifères*, d'autres portent des périthèces bien apparentes, tandis que, sur d'autres d'un gris sale, ces organes sont vides. Toutes ont perdu leur amidon. On en remarque cependant quelques-unes, amylières, sans fructification et brunes, comme celles de un an. De même que ces dernières, elles ont dû être contaminées au printemps, tandis que pour les autres aiguilles de deux ans, l'attaque remonte à l'année précédente.

5) 5 JUILLET 1907. — On examine une branche du milieu de la cime sur le même arbre. La plupart des aiguilles de un an sont brunes et portent des taches noires annulaires ou semi-annulaires. Elles sont

bourrées d'amidon, bien que les parois cellulaires soient déjà brunies par le tanin oxydé. Pas de périthèces, mais sur quelques aiguilles, des spermogonies à divers états de développement, en général naissantes et réduites au stroma, quelques-unes cependant renfermant des spermaties qui se détachent. Les filaments mycéliens fins, rares et rectilignes, noyés dans des masses de grains amylicés, ne s'aperçoivent guère que dans les déchirures du tissu. Les pousses de deux ans portent d'assez nombreuses aiguilles d'un brun plus pâle ou décolorées, n'ayant plus d'amidon, munies, presque toutes, de périthèces mûres, encore sporifères, tandis que dans d'autres aiguilles grises, le parenchyme est en voie de destruction. Leurs périthèces sont vides ou quand elles contiennent encore des thèques, celles-ci n'ont plus de spores.

6) 15 JUILLET 1907. — On examine trois rameaux. Les aiguilles de un an, atteintes en grand nombre et brunes, ne portent que quelques spermogonies naissantes. Dans celles de deux ans, les périthèces sont vides pour la plupart. Quelques-unes ont encore leurs thèques sporifères. Il en est de même pour celles de trois ans. *Parmi celles-ci on en remarque une brune, non amylicifère et portant des périthèces encore réduites au stroma.* D'après les dimensions des chambres périthéciales, on reconnaît que ce ne peut être des spermogonies. La fructification était donc plus avancée que dans les aiguilles plus jeunes. L'attaque devait remonter à l'année précédente.

7) 15 AOUT 1907. — On examine de petits rameaux sur la branche qui a été l'objet de l'observation n° 2. Dans les aiguilles de un an, les périthèces qui n'étaient pas visibles le 28 juin, sont à un état assez avancé, bien qu'il n'y ait pas encore trace de thèques. Seules, les paraphyses sont formées, mais elles sont encore courtes et droites et n'ont par conséquent pas atteint toute leur longueur. Les aiguilles de deux ans ont leur parenchyme bruni, quoique parfois encore amylicifère. Les périthèces sont vides. On a vu qu'au mois de juin, les aiguilles de deux ans à périthèces mûres n'ont généralement plus d'amidon. Il peut donc y avoir d'assez grandes variations dans les aiguilles de cet âge, relativement à la teneur en amidon et à l'évolution des périthèces, puisque sur certains rameaux, on trouve, en été, de ces aiguilles à périthèces vides et à parenchyme amylicifère et, sur d'autres rameaux, des aiguilles où les périthèces sont réduites aux paraphyses et dont le parenchyme ne renferme plus d'amidon. Toutefois, ces cas sont exceptionnels.

8) 12 SEPTEMBRE 1907. — Les aiguilles de deux et trois ans portent des périthèces vides. Leur parenchyme est en voie de destruction. Les aiguilles de un an n'ont pas de périthèces, seulement quelques spermogonies et encore peu développées. Sur un autre rameau de cet arbre, les aiguilles de un an portent au contraire de nombreuses périthèces, bien saillantes, n'ayant encore cependant formé que des paraphyses. Plus d'amidon, mais beaucoup de filaments mycéliens. Il semble que leur développement inusité, à cette époque de l'année,

ait eu pour effet de faire disparaître l'amidon plus tôt que d'habitude. Ici encore on peut constater de grandes variations dans l'évolution du parasite. Tantôt les aiguilles de un an, examinées à la fin de l'été, n'ont ni périthèces ni presque de spermogonies, tantôt elles n'ont que des spermogonies, rares chez les unes, nombreuses chez les autres, tantôt elles sont munies des deux organes, les périthèces, toutefois, incomplètement formées.

9) 28 SEPTEMBRE 1906. — *Premier rameau.* — Il n'a pas formé de pousse de l'année. La dernière pousse, âgée par suite de un an, porte cinq aiguilles atteintes (brun clair), constellées de taches noires. Une seule porte deux files alignées de périthèces, réduites aux paraphyses. La pousse de deux ans ne porte qu'une seule aiguille contaminée, garnie également de deux files de périthèces dans le même état que les précédentes. Les pousses de trois et quatre ans portent des périthèces vides.

Deuxième rameau. — Deux aiguilles de un an sont atteintes. Elles portent spermogonies et périthèces. Les thèques ne sont pas encore formées. — Huit aiguilles de deux ans sont contaminées. *Six portent des périthèces un peu plus avancées que sur la pousse de un an.* Sur une aiguille de trois ans, brun clair, on remarque, en son milieu, une tache annulaire brune et à sa base l'anneau noir caractéristique. Les parois des cellules du parenchyme ont un revêtement intérieur brun. Le faisceau central est roux. Les cellules sont vides. Pas de périthèce. L'aiguille devait être atteinte depuis dix-huit mois au moins et cependant n'avait pas fructifié. — Deux aiguilles seulement de quatre ans sont munies de l'anneau basilaire. L'une porte deux files de périthèces vides, l'autre des spermogonies.

10) 24 SEPTEMBRE 1908. — On examine plusieurs branches basses. Peu d'aiguilles de un an sont atteintes. Leur coloration brune a un peu pâli depuis le printemps, à cause des pluies qui les ont lavées. Elles sont amylières. Périthèces réduites aux paraphyses. — Les aiguilles de deux ans se distinguent à première vue des précédentes par leur teinte grise. La plupart des périthèces y sont vides et largement ouvertes. *Quelques aiguilles cependant ont encore leurs périthèces dans le même état que celles de un an:* paraphyses droites, n'ayant pas atteint leur longueur, car on aperçoit un léger intervalle entre leur extrémité supérieure et la voûte de la chambre périthéciale. Ces aiguilles de deux ans ne sont plus amylières, ce qui les distingue de celles de un an. Toutefois, on en trouve une qui l'est encore, de même qu'on rencontre une aiguille de un an qui ne l'est plus. Mais ces deux cas sont exceptionnels. Enfin, dans quelques aiguilles de deux ans, le parasite n'est pas fructifère. Comme leur attaque remonte à l'année précédente et qu'elles n'ont même pas de spermogonies, on pourrait en conclure qu'elles resteront stériles, si d'assez nombreuses aiguilles de un an, qui fructifieront au printemps suivant, ne se trouvaient dans le même cas.

11) 25 SEPTEMBRE 1908. — Autre épicéa portant d'assez nombreuses branches basses, atteintes par le parasite. Les aiguilles de un an se distinguent de celles de deux ans par leur teinte encore légèrement brune et leur contenu amylicé. Les paraphyses des périthèces n'ont pas encore toute leur longueur. On observe à cet égard quelques différences suivant les aiguilles. Parmi celles-ci, il en est de brunes, ne portant que des spermogonies et d'autres qui n'ont ni périthèces ni spermogonies. Ces dernières ne sauraient être considérées comme devant toutes rester stériles, car les aiguilles de deux ans stériles sont rares. Les fructifications apparaîtront sans doute au printemps. Elles se trouveront ainsi, bien qu'appartenant à des aiguilles qui auront alors deux ans, sur le même pied que celles des aiguilles de un an⁽¹⁾. Comme ces dernières, elles ne formeront leurs spores qu'au printemps de l'année suivante, quand les aiguilles auront trois ans.

12) 13 OCTOBRE 1906. — Dans plusieurs aiguilles de un an, les périthèces sont encore réduites au stroma. Dans des aiguilles de trois ans, les périthèces se trouvent à un stade plus avancé, les paraphyses ayant commencé à se former. Plus d'amidon.

13) 20 OCTOBRE 1906. — Examen de diverses branches basses.

Aiguilles de un an. Presque toutes celles qui sont infectées portent deux ou trois files de périthèces à la face inférieure, de chaque côté de la nervure. Cependant on en voit quelques-unes dont les périthèces sont à la face supérieure, l'inférieure en étant dépourvue. Ce cas est très rare sur les aiguilles munies de l'anneau. Toutes ces aiguilles sont brunes extérieurement, mais tandis que les unes ont leur parenchyme uniformément brun et ne renfermant plus d'amidon, d'autres ont leur parenchyme encore vert et amylicifère⁽²⁾. Les périthèces ont atteint à peu près leurs dimensions, les paraphyses sont formées, mais sans avoir complètement acquis leur longueur. — Les aiguilles de deux ans ont un parenchyme brun, dépourvu d'amidon. Leurs périthèces sont, les unes, au même degré de développement que dans les aiguilles de un an, les autres un peu plus ou moins avancées. Aucune ne renferme de thèque. Les aiguilles à parenchyme vert et amylicifère ont du reste extérieurement la même teinte que celles dont le parenchyme est brun, parce que, dans les deux cas, les cellules épidermiques et hypodermiques sont brunes. Ici, on ne saurait, de ce que les aiguilles ne sont plus amylicifères, en induire, comme on serait en droit de le faire au printemps, que l'attaque date de l'année précédente, puisque certaines aiguilles de un an, ainsi qu'on vient de le voir, ne renferment plus d'amidon en automne, cette substance ayant

(1) Il y a donc des aiguilles de un an dans lesquelles le parasite ne forme pas de périthèces la première année. On les distingue de celles de deux ans à contamination tardive, par leur contenu amylicé.

(2) En général, le brunissement succède à la résorption de l'amidon. Cependant j'ai trouvé parfois des cellules entièrement brunes et encore amylicifères. L'amidon, dans ce cas, semble n'avoir pu se résorber complètement, avant la nécrose du tissu.

été résorbée pour le développement des périthèces. Cependant, comme elle ne se rencontrait dans aucune des aiguilles de deux ans examinées, tandis que plusieurs aiguilles de un an en possédaient encore plus ou moins, on est autorisé à penser que l'infection remonte à une année.

14) 15 OCTOBRE 1907. — Rameaux provenant d'une branche voisine de celle qui a fait l'objet des observations nos 2 et 7. Aiguilles de un an. Les paraphyses des périthèces, qui étaient courtes et droites à la date du 15 août, se sont allongées. Elles sont ondulées, flexueuses, la chambre périthéciale n'ayant pas assez de hauteur pour leur permettre de se maintenir rectilignes⁽¹⁾. Dans certaines de ces aiguilles, il n'y a plus ou presque plus d'amidon, mais dans d'autres, il y en a encore passablement, surtout aux environs des périthèces où il s'est accumulé.

15) 12 OCTOBRE 1906. — Épicéa de trente ans environ. Plusieurs branches basses et même un certain nombre de branches occupant le milieu de la cime sont atteintes des deux formes de l'infection. Les aiguilles de un an ne portent pas encore de périthèces, mais seulement des spermogonies dont quelques-unes ne commencent même qu'à se former. Ces aiguilles sont amylières et brunes extérieurement. Mais, tandis que les unes ont un parenchyme incolore, la chlorophylle en ayant disparu et n'étant pas encore remplacée par du tanin oxydé, d'autres présentent un parenchyme brun, tout en renfermant de nombreux grains d'amidon noyés dans un contenu ocreux. Les aiguilles plus âgées sont décolorées. Elles diffèrent en outre des premières en ce que leur parenchyme ne renferme plus trace d'amidon, mais seulement de nombreux granules d'amylose provenant de sa destruction. Elles portent des périthèces vides pour la plupart. Leur parenchyme est en partie détruit.

16) 20 OCTOBRE 1906. — Autre épicéa. Pas d'aiguilles infectées sur les pousses de un an, beaucoup au contraire sur celles de deux ans. On en trouve aussi, mais en plus petit nombre, sur celles de trois ans et enfin quelques-unes sur celles de quatre ans. Or, dans presque toutes ces aiguilles, les périthèces se trouvent sensiblement au même état, c'est-à-dire portant des paraphyses parvenues à peu près à leur longueur, mais sans thèques apparentes. Aucune de ces aiguilles n'est amylière.

17) 21 OCTOBRE 1906. — Autre sujet. Dans presque toutes les aiguilles de un an, les périthèces n'ont encore formé que des paraphyses. Beaucoup d'amidon. Un mois plus tard, on n'en trouve plus dans des aiguilles de cet âge, prises sur le même arbre.

(1) Cette chambre ayant à peu près la forme d'une lentille biconvexe, c'est principalement sur les bords qu'est faible la distance séparant le plancher de la voûte. Aussi les paraphyses qui s'y insèrent normalement sont-elles encore plus flexueuses dans cette région, et sont même obligées, pour se faire place, de creuser dans la voûte un sillon circulaire.

18) 10 NOVEMBRE 1904. — Aiguilles de un an décolorées, grises. Le plus grand nombre ne porte que des spermogonies; quelques-unes seulement ont, en outre, des périthèces, mais sans thèques. Le parenchyme, bourré de gros grains d'amidon, n'est pas coloré en brun. Filaments mycéliens, longs, rectilignes et minces. Les cellules épidermiques ne sont pas brunes, mais les stomates le sont. Les aiguilles de deux ans sont vides, leur parenchyme est détruit.

19) 22 NOVEMBRE 1907. — Sur certains rameaux, les aiguilles de un an ne portent que des spermogonies et pas de périthèces. Elles sont amylières. Il en est de même, pour quelques aiguilles éparses, parmi les aiguilles saines, mais n'ayant aucune fructification. D'autres rameaux ont des aiguilles de un an munies de périthèces et de spermogonies. Les unes sont amylières, les autres ne le sont plus. L'amidon a disparu depuis peu, car on distingue encore les contours arrondis, mais un peu effacés, de grains pâles, aplatis, ne formant pas relief. L'iode ne les colore plus. Parfois un rameau ne porte que des aiguilles ayant perdu leur amidon, tandis que toutes celles d'un rameau voisin ont encore le leur.

Le fait que les aiguilles sans fructification ou ne portant que des spermogonies sont amylières, tandis que, parmi elles, d'autres pourvues de périthèces ne le sont plus parfois, prouve que l'amidon a été employé à la formation de ces organes. Le parenchyme de ces aiguilles amylières est généralement incolore. Leur teinte brune est alors due à la coloration brun clair de la cuticule et parfois aussi de l'épiderme. Il peut arriver que le parenchyme des aiguilles amylières soit brun aussi. Mais, en général, d'abord pâle, il ne se fonce qu'après la disparition complète de l'amidon. — On trouve sur ces branches quelques aiguilles de deux ans munies de périthèces vides et dont le parenchyme, quoique très brun, est encore amylière.

20) 25 NOVEMBRE 1906. — Sur les pousses de un an qu'on examine, beaucoup d'aiguilles sont atteintes, mais ne portent pas de fructifications ou seulement des spermogonies, et alors le parenchyme est très amylière et non coloré en brun. Filaments mycéliens rectilignes et fins. Sur d'autres aiguilles de même âge, on trouve des périthèces assez développées, munies de paraphyses longues et fluxueuses, mais sans thèques. Dans ce cas, l'amidon a disparu du parenchyme qui a bruni, les filaments mycéliens gros et sinueux ont apparu. Les aiguilles de deux ans munies de périthèces sont au contraire assez nombreuses. Aucune d'elles n'est amylière. Filaments mycéliens gros et sinueux. Les périthèces sont en général plus développées que dans les aiguilles de un an, les paraphyses ayant atteint à peu près leur longueur. On ne voit cependant pas encore de thèques. Sur ces pousses de deux ans, on rencontre aussi des aiguilles brunes, non fructifères, mais munies de l'anneau. Elles sont amylières, le mycélium y est fin et rectiligne. Leur attaque doit remonter à l'été.

21) 27 NOVEMBRE 1904. — Aiguilles de un an portant de nombreuses

périthèces. Mycélium abondant et sinueux. Nombreuses granulations d'amylose provenant de la destruction de l'amidon, destruction incomplète par places, car les grains qui s'y trouvent se colorent encore un peu par l'iode. C'est surtout au voisinage des fructifications qu'ils sont le plus abondants.

Le 25 septembre, le parenchyme était encore rempli d'amidon, bien qu'à cette époque les aiguilles saines d'épicéa n'en renferment habituellement presque plus.

22) 1^{er} DÉCEMBRE 1907. — Dans la plupart des aiguilles de deux ans, les périthèces ont disparu. Leur parenchyme n'est pas détruit. Les cellules renferment des granules d'amylose plus ou moins anguleux. En quelques places cependant, ils sont encore arrondis, serrés les uns contre les autres; mais, à part quelques-uns qui se colorent encore un peu par l'iode, ce réactif n'a plus d'action sur eux. Dans plusieurs aiguilles, la destruction de l'amidon est moins complète. D'autres portent des périthèces réduites aux paraphyses, comme les aiguilles de un an. Enfin quelques-unes ne sont pas fructifères. — Beaucoup d'aiguilles de un an portent des périthèces n'ayant encore formé que des paraphyses. Un certain nombre n'ont que des spermogonies ou même aucun organe fructifère. Le parenchyme est très amylofère, surtout au voisinage des périthèces, même dans les endroits où il est brun.

23) 5 DÉCEMBRE 1905. — On examine des aiguilles de un an, munies de périthèces et de spermogonies. Dans le parenchyme environnant les premières, l'amidon dégradé n'est plus représenté que par des plaquettes et des granulations d'amylose. Dans celui qui entoure les spermogonies, les grains amyloacés ont conservé leur forme et leurs dimensions. Il semble que, pour se développer, les périthèces ont consommé plus d'amidon que les spermogonies.

24) 13 DÉCEMBRE 1904. — Aiguilles de un an. Périthèces réduites aux paraphyses. Plus d'amidon. On distingue deux sortes de filaments mycéliens: les uns minces et rectilignes comme ceux que l'on voit au printemps dans les aiguilles récemment contaminées, les autres gros et sinueux, comme on les aperçoit dans les aiguilles de deux ans. Une autre aiguille n'est pas fructifère et renferme beaucoup d'amidon.

II

Les observations précédentes peuvent être résumées et interprétées ainsi qu'il suit:

1° Le *Lophodermium macrosporum* n'attaque que les aiguilles à végétation plus ou moins affaiblie. Celles de l'année ne parasi-

sent jamais atteintes par le parasite (1). Celles de un an le sont, sur les branches basses principalement et en nombre très variable, presque toujours au début du printemps, époque de l'année où les feuilles d'épicéa, comme celles de sapin, renferment le plus d'amidon. L'aiguille est envahie promptement, en toutes ses parties. Telle est la cause pour laquelle elle conserve intégralement sa substance amyliacée, celle-ci n'ayant pas eu le temps de se résorber (2). Contre cette attaque rapide du champignon l'organe réagit par la formation, à son extrémité inférieure, d'un épanchement de résine et de tanin. C'est là l'origine de l'anneau basilair qui sert de critérium pour distinguer les aiguilles destinées à rester adhérentes de celles qui se détacheront avant fructification. Outre cet anneau, l'aiguille réagit encore, sur divers points de sa surface, pendant la progression du mycélium, par d'autres épanchements de résine. De là ces punctuations, taches, zones annulaires et demi-annulaires noires ou d'un brun foncé qu'on remarque sur son contour.

Après l'attaque, le tanin de l'aiguille s'oxyde bientôt, en commençant par les tissus périphériques : cuticule, épiderme et hypoderme, stomates et parenchyme avoisinant. Au commencement de juin, elle est brune, mais seulement à l'extérieur. Peu à peu, dans le courant de l'été, ce brunissement envahit les tissus internes, à mesure que disparaît l'amidon consommé par le champignon. Généralement on n'en voit plus à l'entrée de l'hiver.

(1) Cette immunité semblerait devoir être attribuée à ce que les bourgeons d'épicéa ne s'ouvrent, dans les Hautes-Vosges, à l'altitude de 750 ou 800 mètres, qu'à la fin de mai ou au commencement de juin, alors que les spores de *Lophodermium macrosporum* sont déjà dispersées. Mais si le premier printemps est l'époque de leur grande dissémination, on a vu que toutes ne sont pas mises en liberté avant le mois de juin, puisque, dans le courant de ce mois ainsi qu'en juillet, on trouve encore, assez rarement, il est vrai, des périthèces en pleine maturité. Les spores qu'elles émettent pourraient donc contaminer les aiguilles naissantes ou récemment développées. Or, aucune ne paraît l'être. Cependant il ne faudrait pas affirmer que les aiguilles de l'année ne sont jamais attaquées. Il pourrait arriver qu'une aiguille recélât quelques filaments germinatifs, arrêtés provisoirement dans leur évolution, par suite de la vigoureuse végétation de l'organe et sans qu'aucune modification extérieure en révélât la présence. On verra plus loin des exemples de ce fait fournis par la forme à feuilles caduques de la maladie.

(2) On pourrait attribuer cette persistance de l'amidon à la présence de l'anneau basilair qui, par suite de l'épanchement de résine dans le faisceau central, s'opposerait à sa migration, si l'on n'avait, par l'examen des aiguilles de sapin qu'atteint le *Lophodermium nervisequium*, la preuve que cette hypothèse ne peut être admise. Ces aiguilles, en effet, sont bourrées de volumineux grains d'amidon, comme celles d'épicéa et cependant elles n'ont pas d'anneau.

A la fin de juin, aucun organe de fructification n'apparaît encore sur les aiguilles de un an, sauf parfois quelques spermogonies à leur début. Celles-ci achèvent de se développer en été. Les périthèces ne commencent à se montrer que plus tard, dans les mois de juillet et d'août. Leur évolution est assez lente, car à l'arrière-automne, elles sont le plus souvent réduites aux paraphyses qui n'ont même pas atteint toute leur longueur; parfois même ces dernières ne sont pas encore apparentes. Quant aux thèques, elles ne se forment qu'au printemps suivant.

2° Examinées au mois de juin, les pousses de deux ans ne portent généralement, intercalées aux aiguilles saines, que des aiguilles d'un brun très clair, ou même décolorées et grises. Dans ces aiguilles, les périthèces ont perdu leurs thèques ou, quand celles-ci subsistent, elles sont vides de leurs spores et en voie de destruction. Ce sont ces spores qui, en se disséminant en mai, ont infecté les aiguilles de un an.

Parfois cependant, aux mois de juin et de juillet, certaines aiguilles de deux ans, ayant perdu leur amidon, portent des périthèces renfermant encore des spores. Leur infection remonte au printemps de l'année précédente, comme celle des aiguilles à périthèces vides. La maturation a seulement été un peu retardée. La contamination peut aussi s'être produite quelques semaines plus tard, en juin ou au commencement de juillet de la précédente année, par des spores retardataires. Mais il est d'autres aiguilles de deux ans, également sans amidon, dans lesquelles les périthèces sont encore peu développées en été. Deux cas sont alors à distinguer :

a) Les périthèces sont plus avancées que dans les aiguilles de un an où elles sont encore rudimentaires. La contamination est alors *estivale*, s'étant effectuée aux mois de juillet ou d'août de l'année précédente, et les périthèces ont commencé seulement à apparaître en automne. L'observation n° 9 (deuxième rameau) renferme un exemple de ce cas ;

b) Les périthèces ne sont pas plus, et sont parfois moins avancées que dans les aiguilles de un an. L'infection remonte alors à l'automne précédent. A l'entrée de l'hiver, le brunissement avait à peine débuté et aucune trace de périthèce n'était encore visible. Ce cas, assez rare et dont les observations ci-

dessus, n° 3 (2^e branche ; pousse de deux ans), n°s 4, 6 et 10 fournissent des exemples, correspond à la deuxième forme de Hartig (celle d'Eberswald). Il sera spécialement examiné dans un chapitre ultérieur.

Dans le mois de juillet, les aiguilles de deux ans peuvent donc présenter les degrés d'infection suivants :

1. Périthèces naissantes. Contamination récente (mai ou juin), comme dans les aiguilles de un an.
2. Files de périthèces aplaties, d'un noir mat, creusées d'un sillon longitudinal. Voûte périthéciale béante. Asques vides et bouleversées. Contamination du mois de mai de l'année précédente.
3. Files de périthèces bombées, d'un noir brillant, sans sillon. Asques remplies. Spores prêtes à se disséminer. Contamination remontant au mois de juillet de l'année précédente.
4. Files de périthèces d'un noir brillant, mais ne formant que de légères et minces saillies. Paraphyses assez développées. L'infection s'est produite en août ou en septembre de l'année précédente.
5. Périthèces peu visibles à l'extérieur, réduites encore au stroma ou commençant seulement à former leurs paraphyses. Infection remontant au mois d'octobre ou de novembre.
6. Absence de périthèces et de spermogonies. Stérilité. Aiguilles atteintes l'année précédente, sans qu'il soit possible d'en préciser l'époque.

Les aiguilles de la première catégorie sont brunes, très amyli-fères ; les autres sont grises et n'ont plus d'amidon.

Au mois d'octobre, dans chacune des catégories précédentes, les périthèces sont un peu plus avancées. Ainsi les aiguilles de l'année sont encore un peu amyli-fères, surtout au voisinage de ces organes, mais les paraphyses n'ont pas encore toute leur longueur, car elles sont droites et parfois même ne touchent pas la voûte de la chambre périthéciale. Parmi les aiguilles de deux ans qui ont perdu leur amidon, les unes ont des périthèces vides, les spores s'étant disséminées au printemps ou au début de l'été. Dans les autres, les périthèces ont des paraphyses ondulées, par suite de l'insuffisance de hauteur de la cavité qui les renferme, ce qui indique qu'elles ont atteint leurs dimensions. La contamination remonte alors à l'été précédent. Mais ni dans les unes ni dans les autres, on ne voit trace d'asques.

Il semblerait que, sans la faire remonter à l'année précédente, la contamination des aiguilles de deux ans pourrait s'expliquer

par une attaque produite à l'automne de l'année courante, époque où les aiguilles saines ne sont plus amylières (1). Pour deux raisons, il ne saurait en être ainsi : d'abord les périthèces de ces aiguilles seraient moins développées que celles de un an, puisque l'attaque aurait été plus récente, tandis qu'elles le sont, au contraire, davantage. Ensuite il faudrait qu'on rencontrât des périthèces mûres dans le courant de septembre, ce qui n'est pas, les aiguilles adhérentes terminant en août la dissémination des spores de leur parasite. La contamination pourrait, il est vrai, provenir des spores émises par les périthèces des aiguilles caduques de la forme β , dans lesquelles la maturation se poursuit parfois jusqu'en automne, comme on le verra plus loin, mais ce cas est fort rare. C'est donc bien au mois de juillet de l'année précédente qu'a eu lieu l'attaque de ces aiguilles de deux ans, alors qu'elles n'avaient qu'une année. On se rend ainsi compte de la cause pour laquelle certaines aiguilles de un an ont, à l'automne, leurs périthèces moins développées que d'autres. Entre cette époque et l'hiver, l'amidon disparaît. Ces aiguilles se présentent donc au printemps suivant dépourvues de cette substance ; ce qui expliquerait, par suite d'insuffisance de nutrition, la lenteur du développement des organes fructifères sur les aiguilles attaquées tardivement.

En somme, les diverses phases de la maladie sont les suivantes :

Les aiguilles de un an sont infectées, au mois de mai, par les spores que portent les aiguilles de deux ans. Les spermogonies s'y développent à la fin de juin, ainsi que dans le courant de juillet et d'août. Les périthèces commencent à se former dans ces derniers mois et s'accroissent en septembre. A partir d'octobre, leur état ne varie plus guère jusqu'au printemps suivant, où apparaissent les thèques avec leurs spores. Les aiguilles ont alors deux ans. Mais toutes ne mûrissent pas leurs périthèces au début du printemps. Chez quelques-unes, retardataires, la maturité n'arrive que deux ou trois mois après. Leurs spores contaminent alors, dans le courant de l'été, un certain nombre d'aiguilles de un an. Pour ces dernières, la formation des organes reproducteurs retarde sur celle qui se présente dans le plus grand

(1) Je rappelle que les aiguilles de deux ans sont parfois atteintes au printemps par le parasite, mais le cas est fort rare, et toujours, quand il se présente, ces aiguilles renferment beaucoup d'amidon, comme celles de un an qui viennent d'être infectées.

nombre des aiguilles de cet âge. Il peut même arriver qu'elle ait à peine ou n'ait pas commencé à l'entrée de l'hiver. Ce n'est qu'au printemps suivant qu'elle reprend, se trouvant ainsi en retard sur les aiguilles de deux ans dont les asques se vident, mais en avance, de fort peu parfois, sur celles de un an qui viennent seulement d'être contaminées. Cette avance se poursuit jusqu'en automne, trop faible cependant pour que la maturation puisse se produire à cette époque. Cette maturation se trouve alors retardée jusqu'au printemps suivant, comme pour les aiguilles de un an.

Selon l'époque de la contamination, on peut donc distinguer quatre cas dans l'allure de la maladie :

1° L'attaque des aiguilles de un an a lieu en mai et la maturation des périthèces au mois de mai de l'année suivante. Durée de la maladie : une année. C'est le cas général.

2° La dissémination des spores est retardée de quelques semaines. L'attaque se produit alors en juin ou au commencement de juillet et la maturation s'effectue dans le courant de l'été suivant. Durée de la maladie : encore un an.

3° La maturation est retardée jusqu'à la fin de juillet ou au commencement d'août. Une aiguille est contaminée à cette époque. Les périthèces ne commencent à s'y former qu'au mois de septembre ou d'octobre, pour se développer dans le courant de la deuxième année, mais ne parvenir à maturité qu'au printemps de la troisième⁽¹⁾. Durée de la maladie : vingt à vingt-deux mois.

4° Parfois l'infection ne se produit qu'à la fin de l'été ou en automne, par des spores provenant des aiguilles détachées et gisant sur le sol (appartenant à la forme β). Les périthèces ne se forment que dans l'été suivant et la maturation au printemps de la troisième année, comme dans le cas précédent. La durée de la maladie est alors de vingt mois environ.

J'ai fait remarquer que l'immunisation des aiguilles de l'année n'est peut-être pas aussi absolue qu'on serait tenté de le croire, en ne voyant sur aucune d'elles des signes apparents de contamination et que celle-ci pourrait, dans certains cas, être latente.

(1) Cette particularité d'infection caractérisée par la présence d'une part, en automne, dans des aiguilles de un an, de périthèces encore rudimentaires, parfois même réduites au stroma, d'autre part en été dans des aiguilles de deux ans, de périthèces assez développées, quoique encore dépourvues d'asques, n'a pas été signalée par Hartig, pas plus d'ailleurs que celle qui fait l'objet de la 2^e rubrique.

On ne saurait toutefois méconnaître qu'elles offrent à l'extension du parasite un terrain peu favorable. On sait qu'il en est autrement pour le *Chrysomixa Abietis*. Ce sont au contraire les aiguilles de l'année qui seules sont atteintes par ce parasite. Mais si le *Lophodermium macrosporum* n'attaque jamais, d'une manière apparente, tout au moins, les feuilles de l'année, c'est tout à fait exceptionnellement qu'il pénètre dans celles de deux ans et au delà. Dans ce cas, ces dernières renferment beaucoup d'amidon, ce qui les distingue des aiguilles de même âge, contaminées alors qu'elles n'avaient qu'un an et qui, dès la seconde année, ne sont plus amylofères (1).

Si, par suite de la disparition de l'amidon dans les aiguilles de deux ans, on est certain que la contamination remonte à l'année précédente, il en est encore de même pour les très rares aiguilles de trois ans qu'on rencontre en été, portant des périthèces en évolution. On est sûr que, dans ce cas, l'attaque a eu lieu exceptionnellement, au courant de l'été précédent, alors qu'elles n'avaient que deux ans.

J'ai aussi appelé l'attention sur ce fait que, dans les premiers mois qui suivent l'attaque et en général, tant que l'aiguille renferme de l'amidon, le mycélium est fin, rectiligne et assez rare, mais qu'ensuite, vers l'automne, alors que l'amidon est en partie consommé, de nouveaux filaments apparaissent plus nombreux, plus gros et sinueux. Il est probable que ce changement est dû à la consommation d'amidon faite par le parasite à la fin de la saison végétative, en vue de la formation de ses organes reproducteurs et en particulier de ses périthèces. C'est en effet au voisinage de celles-ci qu'en automne on le trouve surtout accumulé, alors qu'il a disparu ou du moins notablement diminué dans le reste du parenchyme.

III

Forme β de la maladie. — Aiguilles caduques sans anneau basilair. — Fructification sur le sol. — J'ai fait remarquer que, parmi les aiguilles atteintes par le *Lophodermium macrosporum*

(1) La présence de l'amidon dans les aiguilles, pour s'assurer si elles ont été infectées l'année même ou l'année précédente, est un critérium aussi sûr que l'est la présence de l'anneau pour reconnaître la forme de l'affection. Sauf de très rares exceptions, les

et qui, dès le mois de juin, sont entièrement brunes et pourvues d'un anneau basilaire, il s'en trouve, sur les pousses de un, deux et trois ans, quelques autres qui se distinguent par l'absence de cet anneau. D'autres caractères encore les différencient. Leur coloration d'un vert jaunâtre les fait remarquer parmi les aiguilles saines qui les entourent. Cette coloration n'est généralement pas homogène. Tantôt ce sont des zones annulaires jaunes, séparées entre elles par d'autres d'un vert normal, tantôt des zones brunes alternant avec des zones verdâtres, tantôt enfin l'extrémité ou la base seules de l'aiguille sont décolorées. On aperçoit aussi à sa surface quelques taches noirâtres irrégulières ou annulaires dues à des épanchements de résine, ainsi qu'en portent les aiguilles à anneau, ou bien de petits cercles d'un brun foncé, indiquant les points d'attaque du parasite. Les signes distinctifs internes ne sont pas moins nets. L'aiguille a perdu complètement ou une grande partie de son amidon. De plus, au début tout au moins de la maladie, on ne trouve de mycélium qu'au niveau des taches brunes dont il vient d'être parlé. Encore faut-il l'y chercher avec soin, car le plus souvent on n'aperçoit que quelques filaments mycéliens dans la chambre sous-stomatique et le parenchyme avoisinant. Ils sont assez gros et sinueux, tandis que ceux qu'en juin et juillet on voit disséminés dans les aiguilles de la forme α , sont, comme je l'ai déjà dit, minces et rectilignes, ne perdant ces caractères que plus tard, à mesure qu'ils se développent aux dépens de l'amidon. Ces aiguilles dont la maladie est moins avancée que celle des aiguilles munies d'un anneau, se rencontrent éparses parmi ces dernières ou parmi les aiguilles saines, sur les pousses de un et deux ans, mais ce sont des pousses plus âgées qui surtout les portent. Un certain nombre de ces feuilles meurent déjà au printemps ou dans le courant de l'été et leur teinte passe alors au brun pâle ou au gris. Une légère secousse imprimée au rameau les fait tomber. Aussi les

aiguilles attaquées au printemps ou en été perdent en effet leur amidon avant l'hiver, en tout cas avant le printemps suivant. C'est pour n'avoir pas remarqué cette particularité que R. Hartig a cru que les aiguilles de deux ans et plus peuvent être atteintes, comme celles de un an. Dans le grand nombre d'observations que j'ai faites, il ne m'est arrivé que deux ou trois fois de constater la présence de l'amidon dans des aiguilles de deux ans contaminées. Les aiguilles de cet âge et au delà sont donc réfractaires à la contamination (forme α), mais par contre, lorsqu'elles sont peu vigoureuses, elles ont une réceptivité bien marquée pour la contamination, sous sa forme β .

pousses sur lesquelles elles se trouvaient sont-elles fort dégarnies. L'atteinte de ces aiguilles par le parasite remonte souvent à une date assez éloignée. Tandis que, au printemps, les aiguilles pourvues d'un anneau sont tuées assez rapidement par le parasite qui les envahit entièrement et brunissent aussitôt, celles qui n'ont pas d'anneau, ne périssent que lentement. Il s'écoule plusieurs mois et parfois plusieurs années entre l'attaque et la chute. Pendant tout l'été, le mycélium, d'abord cantonné dans quelques régions stomatiques, fait peu de progrès. Il semble que l'organisme lutte contre lui et l'empêche de s'étendre, mais quand l'activité végétative se ralentit, au commencement de l'automne, ou même l'année suivante, le parasite devient prépondérant. Le mycélium progresse alors avec rapidité. Les zones annulaires qui d'abord n'étaient que vert-jaune ou brun-roux, brunissent; celles qui, parmi ces dernières, étaient restées vertes, jaunissent à leur tour. L'aiguille alors est couverte de bandes annulaires, alternativement brunes et jaunâtres ou même brunes, jaunâtres et vertes.

Pendant tout l'été, un certain nombre d'aiguilles se détachent du rameau, mais c'est en octobre et en novembre qu'a lieu la période de grande chute, en même temps que se manifeste une nouvelle contamination, ce qu'on reconnaît au jaunissement des feuilles, surtout à leur extrémité.

Les périthèces peuvent apparaître, quoique exceptionnellement, à la fin de l'automne, sur les aiguilles caduques, avant leur chute, comme je l'ai constaté en 1898. Peut-être aussi, dans les automnes doux, s'en forme-t-il parfois en cette saison, puisque j'ai pu en obtenir sous cloche, en chambre non chauffée. Mais, même dans ces deux cas, elles demeurent réduites aux paraphyses jusqu'au printemps suivant. Le plus souvent, c'est seulement au mois de mai que se développent ces organes. La maturation s'effectue en juillet et en août, parfois même en septembre. Si donc la dissémination des spores commence plus tôt (mois de mai) dans les aiguilles adhérentes, pour finir en août, elle se prolonge plus tard dans les aiguilles caduques et comme les spores provenant de ces deux sortes de feuilles peuvent donner indifféremment naissance à l'une ou à l'autre forme d'infection, suivant la constitution des aiguilles dans lesquelles elles apparaissent, on peut regarder la contamination comme se produisant

au printemps (spores des aiguilles adhérentes), en été (spores des aiguilles adhérentes et des aiguilles caduques), en automne (spores des aiguilles caduques seulement), c'est-à-dire pendant presque toute la durée de la saison végétative.

Ce sont ces faits que mettent en évidence les observations suivantes, faites sur un rameau portant à la fois des aiguilles munies de l'anneau et d'autres en étant dépourvues. Il ne sera question que de ces dernières.

15 JUILLET 1905. — On recueille une branche basse sur un épicéa d'une vingtaine d'années. Elle présente les caractères suivants : les aiguilles de l'année sont d'un vert clair, dû à leur jeune âge, celles de un an sont d'un vert plus foncé, normal ; celles de deux ans ont une teinte vert jaunâtre qui, de suite, les fait remarquer. Enfin, celles de trois ans sont légèrement brunes ; entre ces dernières, on voit quelques lacunes indiquant que plusieurs aiguilles de cet âge sont déjà tombées. Les aiguilles de deux et de trois ans sont contaminées.

On place cette branche dans une boîte à herborisation, pour la soumettre à une dessiccation lente. Quinze jours après, les feuilles de l'année sont plus fanées et sont restées moins vertes que celles de un an. Celles de deux et trois ans ont sensiblement bruni, quoique la teinte vert jaunâtre n'ait pas entièrement disparu. Sur cette branche étaient insérés plusieurs petits rameaux secondaires. Les avant-dernières pousses de quelques-uns d'entre eux, datant de 1903, étaient garnies d'aiguilles d'un vert jaunâtre (aucune pousse ne s'était formée en 1905), tandis que pour d'autres, c'était les feuilles des dernières pousses, développées aussi en 1903, qui avaient cette coloration. Leurs bourgeons ne s'étaient ouverts ni en 1904 ni en 1905. Toutes ces aiguilles renfermaient du mycélium. Après avoir séjourné dans la boîte, elles brunirent comme celles du rameau principal.

Je viens de dire que les feuilles de 1902 et de 1903 renfermaient des filaments mycéliens, mais tandis que celles de 1903 n'en avaient guère que dans les régions stomatiques, celles de 1902 en renfermaient en outre, quoique en moindre quantité, dans d'autres parties du chlorenchyme. L'amidon s'était confiné dans le parenchyme avoisinant les stomates, par suite d'un appel du parasite et d'une défense de l'organe.

Il était intéressant de s'assurer si les aiguilles de un an (1904), bien que paraissant indemnes, d'après leur coloration, qui était restée normale, n'étaient pas elles-mêmes parfois contaminées. On procède à cette recherche et l'on trouve qu'en certaines parties, rares, il est vrai, et très limitées, les stomates ont un contenu brun, mais moins foncé que dans les aiguilles de deux ans et surtout que dans celles de trois ans. Après deux semaines de séjour dans la boîte, les cellules voisines de ces points d'attaque renferment encore de nombreux grains d'amidon, alors que le reste du tissu en est dépourvu. *Dans quelques cham-*

bres sous-stomatiques et dans le parenchyme voisin, on aperçoit de courts filaments mycéliens. Sur quelques points, se remarquent des taches brunes provenant de la nécrose de tous les éléments avoisinant les stomates et de leur imprégnation par la résine. Dans le parenchyme entourant ces taches, passablement d'amidon. Le parasite s'était donc introduit par la voie des stomates, avait mortifié les éléments rapprochés de ses filaments germinatifs, mais trouvant une résistance de la part des cellules situées un peu au delà, dont l'alimentation était soutenue par l'apport d'amidon que leur envoyait l'organe, il s'était arrêté, attendant que l'activité végétative du tissu eût diminué, à la suite d'insuffisance nutritive. On a là un exemple de la lenteur avec laquelle progresse souvent le mycélium. Après que la spore a pénétré dans une aiguille et y a germé, il peut y séjourner plusieurs mois, sans qu'aucun signe extérieur en décèle la présence. L'année suivante, il se développe un peu plus, la teinte verte passe alors au vert jaunâtre et c'est seulement la troisième année que l'organe, complètement envahi, brunit. De ce que les feuilles de l'année ne semblent pas atteintes, on ne saurait donc induire qu'elles ne le sont pas. C'est ce qui explique pourquoi j'ai eu plusieurs fois l'occasion de constater que des aiguilles de l'année qui, pendant tout l'été, n'avaient présenté aucun signe apparent de contamination, devenaient jaunâtres en automne.

15 SEPTEMBRE 1905. — Les aiguilles à anneau basilare se trouvent exclusivement sur les pousses de 1904, tandis que les autres se rencontrent sur celles de 1903, où elles ne sont que légèrement brunes ou d'un vert jaunâtre et en plus grand nombre sur celles de 1902 : leur teinte est alors brun clair⁽¹⁾. Dans toutes ces pousses, les aiguilles atteintes sont intercalées à des aiguilles saines. Aucune fructification n'apparaît sur les aiguilles sans anneau. Elles n'ont plus d'amidon ou n'en ont qu'un peu dans la région des stomates. Leurs filaments mycéliens sont nombreux, gros et sinueux. Tel est l'aspect extérieur de ces aiguilles ; je passe à l'examen de leur structure interne. En voici le résultat pour quelques-unes :

a) La pointe de l'une d'elles, d'un brun assez foncé, ne renferme plus d'amidon. Les cellules, presque vides, sont colorées en brun. Le mycélium y est abondant, la zone verte, qui fait suite, renferme d'assez nombreux grains amylicés, mais en voie de destruction. On aperçoit très nettement des filaments traversant l'ostiole des stomates, se répandre, en se divisant, dans la chambre sous-stomatique et le parenchyme voisin. Le contenu de ces stomates n'est pas encore brun. La zone brun clair qui succède à la zone verte ne renferme plus d'amidon que dans les régions stomatiques (stomates, cellules de l'épiderme et du chlorenchyme avoisinant). Le contenu des stomates a bruni. Mycélium, non plus seulement dans le voisinage des stomates, mais aussi à une certaine

(1) Les aiguilles appartenant à la forme de la défoliation n'ont, à aucun moment, une coloration brune aussi foncée que celles de la première forme, au début de l'infection, probablement parce que, ayant une activité végétative moindre, elles renferment moins de tannin.

distance, dans le chlorenchyme, quoiqu'il y soit encore assez rare. L'amidon disparaît en partie, à mesure que se développe le mycélium.

b) D'autres aiguilles jaune pâle ou brun clair portent quelques ponctuations noirâtres. Ce sont les points d'attaque. Le contenu des cellules y est brun foncé. Pas de granulations. Dans les zones jaune pâle ou brun clair, quelques globules oléagineux. Le mycélium y est moins abondant que dans les ponctuations brunes.

c) Certaines aiguilles présentent une autre combinaison de teintes. En voici une, à partir de l'extrémité de l'organe : zones jaune pâle, vert normal, jaune pâle, vert normal, jaune, vert clair. Des filaments mycéliens se remarquent, même dans la zone d'un vert normal, mais sans dépasser le voisinage des stomates.

Si, en général, il se trouve plus d'aiguilles contaminées sur les pousses de trois et quatre ans que sur celles de un et deux ans, c'est parce que, chaque année, le parasite en attaque quelques-unes qui s'ajoutent à celles déjà atteintes, et aussi parce que les aiguilles ont d'autant plus de réceptivité pour le parasite qu'elles sont plus vieilles et que leur végétation est plus affaiblie. Au contraire, les pousses âgées de plus de trois ou quatre ans peuvent avoir moins d'aiguilles attaquées, car elles en ont déjà perdu quelques-unes.

Le fait que les aiguilles à anneau se remarquent principalement sur les branches basses prouve que le parasite ne parvient à se propager que dans les feuilles à végétation peu active. Les aiguilles sans anneau appartiennent à des pousses plus âgées ou à des sujets de végétation encore plus affaiblie. C'est ainsi que, à l'automne, on voit sur les branches basses des épicéas de lisière, pendre des rameaux secondaires garnis de feuilles entièrement jaunes ou brunes ou présentant des zones ayant alternativement ces colorations. Le contenu du parenchyme, ainsi que celui des cellules épidermiques et hypodermiques, est alors brun. Je vais décrire quelques-unes de ces branches appartenant à un arbre situé en terrain tourbeux et dont la croissance était assez lente.

21 SEPTEMBRE 1906. — *Pousses de l'année.* — Les aiguilles d'un vert pâle ne sont plus amylières, ce qui est d'ailleurs normal à cette époque. Les cellules du chlorenchyme ne renferment que des globules oléagineux assez rares et de fines granulations d'amylose provenant de la désagrégation de l'amidon. Aucune d'elles ne porte de partie brune. On n'aperçoit pas de mycélium.

Pousses de un an. — Aiguilles jaunâtres à la partie terminale, d'un vert clair à la base. Pas de partie brune, pas de mycélium.

Pousses de deux ans. — L'aspect est à peu près le même, sauf pour quelques aiguilles dont le sommet est brun. On y voit du mycélium.

Pousses de trois ans. — Beaucoup d'aiguilles ont l'extrémité brune, renfermant du mycélium. Quelques-unes se détachent et les nombreux vides qu'on remarque sur ces pousses indiquent que, antérieurement, beaucoup d'autres sont tombées.

Pousses de quatre ans. — La plus grande partie des feuilles ont disparu. Celles qui subsistent ne paraissent pas attaquées.

Sur un rameau appartenant à un autre arbre, les plus jeunes pousses portent de nombreuses aiguilles atteintes à divers degrés; mais elles ne sont pas de l'année, ainsi que cela arrive souvent pour les branches de végétation défectueuse qui restent parfois longtemps sans ouvrir leur bourgeon terminal. Les pousses de deux ans ont perdu une partie de leurs aiguilles. Celles de quatre ans en ont perdu encore davantage. Il en reste quelques-unes, brunes et sèches, prêtes à tomber et d'autres qui ont l'extrémité brune, mais sont encore adhérentes.

Dans une autre branche, toutes les aiguilles de un à trois ans ont bruni. Elles adhèrent sur les pousses de un an, mais plusieurs sont tombées sur les pousses de deux ans, et en nombre encore plus grand sur celles de trois ans. Les aiguilles qui restent renferment du mycélium, mais plus d'amidon. Sur les pousses de un an, elles ont une teinte brune plus claire que sur celles de deux et trois ans, indice que ces dernières ont été atteintes l'année précédente ou même deux années auparavant.

Sur un autre rameau, les aiguilles de un an sont d'un vert pâle, tantôt à l'extrémité, tantôt à la base, le reste de l'organe étant formé de zones brun clair, entremêlées de zones brun foncé. Les premières de ces zones n'ont pas toutes du mycélium, mais les secondes en renferment toujours, parce que l'attaque y est de plus ancienne date. Ni les unes ni les autres ne sont amylières. Parmi les aiguilles de deux ans, une partie s'est détachée. Celles qui subsistent sont plus brunes que les aiguilles de un an; celles de trois ans, restées adhérentes, sont encore moins nombreuses et plus brunes. Sur les pousses de quatre ans, elles sont toutes tombées.

Autre rameau. — Pousses de un an. Pas d'aiguilles atteintes. — Pousses de deux ans. Quelques aiguilles commencent à brunir, mais aucune n'est tombée. — Pousses de trois ans. Aiguilles brunes dont plusieurs se sont détachées. — Pousse de quatre ans. Presque toutes les feuilles ont disparu.

Les observations précédentes montrent que l'attaque, sous la forme β , a lieu généralement sur les aiguilles de deux et trois ans, très rarement sur celles de un an, mais que l'envahissement du parasite étant fort lent, en général, elles peuvent rester plusieurs années encore, fixées au rameau. Cependant il arrive parfois que, sur une pousse de trois ou de quatre ans, des aiguilles,

saines jusqu'alors, soient récemment contaminées, tandis qu'on en rencontre d'autres dont l'infection remonte à diverses époques. Quand l'épidémie est intense, ainsi que cela a lieu sur les sujets à végétation très défectueuse, la marche est plus rapide, les aiguilles brunissent bientôt et tombent souvent dans le courant du premier été ou de l'automne.

IV

J'ai dit que la deuxième forme de la maladie, signalée par R. Hartig à Eberswald, localité de plaine, se distingue de la première, dite de montagne, en ce que les aiguilles, au lieu de se décolorer au printemps, brunissent seulement à la fin de l'automne ou même à l'entrée de l'hiver, les périthèces ne se formant que dans le courant de l'année suivante, pour mûrir au printemps de la troisième année. Bien que j'eusse parfois remarqué, en été, dans des aiguilles de deux ans non amylières, la présence de périthèces au début de leur développement (Obs. n° 3, 2^e branche, pousse de deux ans; Obs. n° 4, 6, 10), ce qui était l'indice d'une contamination automnale de l'année précédente, je n'avais jamais eu l'occasion d'étudier, à son début, une forme d'infection aussi tardive et j'étais disposé à croire qu'elle fait défaut dans les Vosges, quand, le 10 décembre 1908, il me fut donné de l'observer sur quelques branches inférieures d'un épicéa, ayant fourni plusieurs des observations précédentes. Sur certaines pousses de un an, on remarquait des aiguilles dont la teinte verte commençait seulement à brunir. Quelques-unes d'entre elles étaient munies de l'anneau basilair, mais la plupart en étaient dépourvues. Les premières renfermaient un peu d'amidon; on y remarquait des spermogonies au début de leur formation ainsi que des taches noires provenant d'épanchements de résine dans les tissus superficiels. Les secondes n'avaient ni fructifications ni taches; leur surface était lisse et elles n'étaient plus amylières (¹). Le 24 septembre, j'avais examiné avec soin cet arbre et je n'avais pas remarqué d'aiguilles d'un vert brun. Il

(¹) Parmi ces aiguilles, s'en trouvaient quelques autres d'une coloration brun pâle, munies de l'anneau et portant des périthèces réduites aux paraphyses. Elles avaient été attaquées au printemps, car elles renfermaient encore passablement d'amidon. Sur les

est donc certain qu'à cette époque elles ne paraissaient pas atteintes et que leur changement de coloration s'était produit postérieurement à cette date.

Je détachai plusieurs de ces pousses contaminées et j'en formai deux lots : l'un qui fut conservé dans un tiroir, l'autre que je plaçai, sous un massif d'épicéas, dans une petite caisse recouverte d'un filet à mailles assez serrées pour retenir les feuilles et autres débris qui viendraient à tomber.

Les aiguilles du premier lot furent examinées au mois de mars 1909. En se desséchant, elles avaient perdu la coloration vert-brun qui les faisait remarquer en décembre, celle-ci avait passé au brun gris, alors que les aiguilles saines, parmi lesquelles elles se trouvaient, étaient restées à peu près vertes. On distinguait encore les feuilles qui, munies d'un anneau, portaient des spermogonies et des taches de résine, de celles sur lesquelles on ne remarquait pas d'anneau. Ces dernières s'étaient détachées, pour la plupart, ou tombaient au moindre ébranlement, tandis que celles à anneau restaient adhérentes.

Je plaçai les unes et les autres, sous un massif, dans une boîte ouverte.

Le 15 juin, quelques-unes de celles qui n'avaient pas d'anneau, portaient de petites saillies globuleuses que je reconnus pour être des périthèces encore peu développées, tantôt réduites au stroma, tantôt n'ayant que des paraphyses naissantes. Les aiguilles à anneau étaient toujours couvertes de leurs spermogonies, mais n'avaient pas formé de périthèces.

Les aiguilles du second lot passèrent l'hiver sous bois. Le 18 avril, on les examine. Celles qui ont un anneau en sont toujours réduites à leurs spermogonies et n'ont pas produit de périthèces (1). Parmi celles qui n'ont pas d'anneau, on en trouve

pousses de deux ans (1906), on observait quelques aiguilles semblables à ces dernières et munies de périthèces au même degré de développement. Les plus avancés de ces organes ne renfermaient pas encore de thèques. L'attaque de ces aiguilles devait remonter à l'été de l'année précédente, car elles n'étaient plus amylières. L'évolution des périthèces ne paraissait avoir fait aucun progrès, depuis le mois de septembre. D'autres aiguilles à anneau, mais très rares, également sans amidon, ne portaient aucune fructification, et devaient sans doute rester stériles, car on saurait difficilement admettre que des périthèces puissent apparaître seulement au bout de douze à quinze mois.

(1) Quant aux aiguilles de 1907 qui, le 10 décembre 1908, avaient des périthèces, l'évolution de ces organes s'est poursuivie. Le 18 avril, on aperçoit quelques thèques surgissant entre les paraphyses. Au 30 avril, les thèques sont plus nombreuses et plus développées.

quelques-unes portant des périthèces globuleuses, bien apparentes à la loupe, mais encore peu développées, car les paraphyses sont courtes, la voûte de la chambre périthéciale est encore surbaissée et n'a pas formé à son sommet l'épaississement caractéristique, enfin sa coloration noire n'est encore guère accentuée. Le 20 juillet, le nombre des aiguilles sans anneau, ayant formé des périthèces a augmenté et ces organes sont plus développés. Mais on en rencontre plusieurs encore dépourvues de paraphyses ou n'en ayant que de naissantes. La maturation de ces périthèces n'aura probablement lieu qu'à l'automne ou peut-être même qu'au printemps suivant.

Quant aux aiguilles à anneau, elles avaient disparu, par suite d'un accident. Je l'ai regretté, car il eût été intéressant de s'assurer si ces aiguilles, détachées, auraient fini par fructifier, et dans ce cas, si elles auraient formé des périthèces isolées ou agglomérées. Il se pourrait en effet que, dans ces aiguilles à anneau, le parasite fructifiât seulement quand elles adhèrent au rameau, contrairement à ce qui se passe dans les aiguilles sans anneau où la fructification ne s'effectue que lorsqu'elles sont tombées. C'est ce qui semble ressortir de l'absence de périthèces au 15 juin, dans les aiguilles à anneau du premier lot. Toutefois, de nouvelles expériences sont nécessaires pour établir ce fait.

Qu'étaient devenues, pendant l'hiver, les aiguilles contaminées qui étaient restées sur les rameaux? Pour les reconnaître, j'avais fixé aux pousses qui les portaient, des marques distinctives. Le 18 avril, on les retrouve, mais leur teinte est devenue grise. Celles à anneau qui avaient des spermogonies, dès avant l'hiver, les ont peu développées depuis lors. Sur quelques-unes seulement, il s'est formé des périthèces encore dépourvues d'asques. Elles renferment de nombreux granules d'amylose associés, parfois en assez grande quantité, à des grains se colorant encore un peu par l'iode. Les aiguilles sans anneau ont acquis aussi une teinte grise. Elles se différencient des précédentes par l'absence complète de fructifications, de taches de résine, d'amidon et d'amylose. Cependant, n'étant pas suffisamment desséchées, elles restent encore adhérentes au rameau ⁽¹⁾. Quant aux pousses de

(1) En général, fort peu d'aiguilles atteintes par la forme *Schütte* tombent au printemps. C'est dans le courant de l'été et surtout en automne que la défoliation se produit.

1908, aucune de leurs aiguilles n'est encore atteinte à la fin d'avril.

Au 25 mai, la situation n'a pas varié pour les aiguilles sans anneau (1). Il en est de même le 15 juin et le 2 juillet. Elles sont toujours fixées au rameau, grises, lisses et ne portant aucune fructification. Dans les aiguilles à anneau, le parasite a poursuivi lentement son évolution. Le nombre de celles qui ont formé des périthèces s'est accru. Ces organes sont cependant encore peu développés, car les paraphyses y apparaissent à peine au 2 juillet. Le peu d'amidon que ces feuilles renfermaient encore au printemps a disparu, ayant servi à la formation des périthèces. Le 25 août, ces organes se présentent en cordons longitudinaux d'un noir brillant. Les paraphyses n'ont cependant pas encore toute leur longueur (2). Les aiguilles sans anneaux étaient toutes tombées.

En résumé, les rameaux dont les pousses de 1907 avaient été contaminées à l'automne de 1908, présentaient, au mois de juin 1909, l'aspect suivant :

1° Sur les pousses de 1908, des aiguilles brunes, nouvellement atteintes en mai et ne portant que des spermogomies débutantes ;

2° Sur les pousses de 1907, a) des aiguilles grises infectées à l'automne précédent, les unes sans anneau, non fructifères, et devant tomber, dès qu'elles seraient suffisamment desséchées, les autres, en plus petit nombre, munies d'un anneau et portant des périthèces au début de leur développement ; b) des aiguilles à anneau, atteintes par le parasite, dans le courant de l'été de 1908, ayant des périthèces un peu plus avancées ;

3° Sur les pousses de 1906, des aiguilles semblables à ces dernières, d'autres à périthèces vidées récemment et dont les spores avaient attaqué les pousses de 1908 ;

4° Enfin quelques aiguilles dont le parasite était demeuré stérile.

De l'expérience précédente résultent les faits ci-après :

a) Dans les aiguilles, sans anneau, détachées et conservées au

(1) A cette date, dans les aiguilles de 1906, les périthèces avaient terminé leur évolution. Les thèques adultes laissaient échapper leurs spores.

(2) A cette date, les aiguilles de 1908, atteintes au printemps de 1909, sont déjà garnies de quelques périthèces, mais ne formant encore qu'un faible relief et d'un noir peu accentué. Les paraphyses commencent seulement à y apparaître. L'évolution de ces organes n'est donc guère en retard sur celle des périthèces appartenant aux aiguilles contaminées à l'automne de 1908.

sec, tout l'hiver, le mycélium s'est remis à végéter au printemps et a fructifié presque aussi vite que dans celles qui avaient été placées à l'extérieur, au mois de décembre ; ce qui prouve que, depuis ce mois jusqu'à avril, l'activité végétative du parasite est entièrement suspendue ;

b) Les aiguilles sans anneau, détachées spontanément en hiver, des rameaux recueillis en automne, ont commencé à fructifier au printemps suivant, alors que celles, également sans anneau, qui étaient restées sur le rameau, n'ont porté aucun organe fructifère avant leur chute, survenue en juillet et en août. La fructification ne peut donc s'effectuer dans ces aiguilles que lorsqu'elles sont détachées (1) ;

c) Les périthèces se sont formées presque en même temps sur les aiguilles sans anneau détachées que sur celles à anneau qui étaient restées fixées au rameau ; mais, alors que, dans les unes et les autres, ces organes avaient déjà commencé à apparaître vers le milieu d'avril, les aiguilles à anneau, provenant des rameaux recueillis à l'automne, n'ont pas formé de périthèces, au printemps suivant, après plusieurs mois de séjour à l'extérieur ; ce qui semblerait indiquer que les aiguilles à anneau ne peuvent fructifier que sur le rameau.

La deuxième forme d'infection décrite par Hartig et caractérisée par la décoloration très tardive des aiguilles, se présente donc, dans les Vosges, mais elle y est très rare, puisque je ne l'avais pas rencontrée avant 1908 et que je l'ai cherchée vainement en 1909. Elle ne saurait être attribuée, comme le pense Hartig pour le cas d'Eberswald, à la sécheresse du climat qui retarderait, du printemps jusqu'à l'automne, la germination des spores, car le climat vosgien est, en général, humide et la fin de l'été de 1908 a été particulièrement pluvieuse.

La contamination automnale est due sans doute à la maturation tardive des spores provenant des aiguilles sans anneau détachées à l'automne précédent et gisant sur le sol. Bien que, dans ces aiguilles, la maturation soit plus rapide que dans les aiguilles à

(1) Il en est ainsi presque toujours et c'est tout à fait exceptionnellement, comme je l'ai fait remarquer, que j'ai rencontré quelques périthèces globuleuses, sur des aiguilles, peu avant leur chute. Ce fait tiendrait-il à ce que, sur le rameau, les aiguilles restent trop desséchées et rencontrent seulement, au contact du sol, l'humidité nécessaire à la formation des périthèces ?

anneau restées adhérentes au rameau (¹), on en trouve au mois d'août dont les asques ne sont pas encore mûres. Ce sont sans doute ces spores retardataires qui, disséminées au mois de septembre, contaminent certaines pousses.

Outre cette particularité d'avoir des aiguilles infectées en automne, les pousses de 1907 que j'ai observées le 10 décembre 1908, en présentaient encore d'autres qu'il convient de signaler. Elles portaient, comme je l'ai dit, des aiguilles sans anneau et des aiguilles à anneau, intercalées, les unes et les autres, parmi les aiguilles saines. Les premières étaient les plus nombreuses. Les pousses de 1906 n'avaient presque pas d'aiguilles sans anneau, mais un assez grand nombre d'aiguilles à anneau. C'est le contraire de ce qui a lieu habituellement, les feuilles adhérentes étant d'ordinaire situées sur les pousses de un an, tandis que les feuilles caduques se trouvent sur les pousses plus âgées.

Que l'infection ait lieu au printemps, ce qui est le cas le plus général, ou dans le courant de l'été, le brunissement des aiguilles à anneau est rapide et intégral. C'est même à cette rapidité dans l'attaque que je crois devoir attribuer et l'apparition de l'anneau comme mesure de défense et la richesse amyliacée de l'aiguille atteinte. Dans le cas de contamination automnale que j'ai décrit, les choses ne se sont pas passées ainsi. En décembre, la coloration des aiguilles à anneau, bien que celles-ci fussent remplies de mycélium, était seulement un peu dégradée, ayant légèrement bruni, comme d'ailleurs celle des aiguilles destinées à tomber. Elles ne différaient de ces dernières que par la présence de l'anneau et d'une faible quantité d'amidon. Ces faits semblent indiquer que l'attaque, tout en étant moins rapide qu'au printemps, avait été plus prompte dans certaines aiguilles que dans d'autres. La lenteur du brunissement et de la résorption de l'amidon seraient la conséquence de la saison avancée, dans laquelle s'effectue la contamination ainsi que la diminution d'activité végétative du parasite et de l'aiguille. D'une réaction moins énergique,

(¹) Dans les aiguilles sans anneau, tombées à terre, les périthèces commencent à apparaître seulement en avril, des thèques sont déjà formées à la fin de mai ou au commencement de juin, tandis que dans les aiguilles à anneau, adhérentes, il s'écoule près de dix mois entre l'apparition des périthèces et la maturité des spores (du mois de juillet au mois de mai de l'année suivante). C'est donc principalement à l'hiver, pendant lequel toute évolution est suspendue, qu'est dû ce grand écart dans la durée de la fructification des deux formes d'infection.

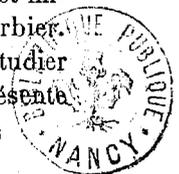
résulterait parfois une plus faible imprégnation de résine à la base de l'aiguille. Ce qui semble montrer que les choses se passent effectivement ainsi, c'est que, le 15 juin dernier, j'ai remarqué, sur plusieurs des aiguilles grises dépourvues d'amidon qui garnissaient les pousses de 1907, la présence d'un anneau brun foncé et non noir, insuffisant pour maintenir leur adhérence au coussinet, car elles tombèrent, quand elles furent desséchées. Il y avait donc eu de leur part une tentative de réaction, mais trop faible pour prévenir leur chute.

Les trois formes d'infection de *Lophodermium macrosporum* décrites par Hartig dans trois stations différentes et qui, suivant lui, ne pourraient, semble-t-il, se rencontrer dans la même, parce que chacune d'elles résulterait de conditions spéciales de milieu, se présentent cependant dans les Vosges. Mais il convient de les réduire à deux : celle à aiguilles adhérentes et celle à aiguilles caduques, car on observe tous les passages entre la forme à contamination printanière et celle à contamination automnale, très rare du reste. Comme cette dernière, la contamination estivale est caractérisée, quoique à un moindre degré, par une maturation retardataire des spores, ne se produisant que près de deux ans après l'atteinte.

Hartig, qui n'avait pas constaté ces divers cas d'infections tardives, attribuait le brunissement automnal des aiguilles à la sécheresse de l'air, cause qui, pour les Vosges du moins, ne saurait être admise.

V

On a vu précédemment que les aiguilles munies de l'anneau basilaire restent adhérentes au rameau assez longtemps encore après la fructification, tandis que celles qui en sont dépourvues se détachent, avant d'avoir fructifié, dès qu'elles sont mortes et desséchées. C'est précisément la dessiccation qui est cause de leur chute, ainsi que cela a lieu pour les aiguilles saines d'épicéa. On sait qu'une branche de cet arbre détachée et maintenue à l'abri de l'humidité, perd rapidement ses aiguilles et qu'il est impossible de les conserver à un rameau d'épicéa placé en herbier. Ce fait, commun à tous les épicéas que j'ai eu l'occasion d'étudier (*Picea excelsa*, *omorika*, *pungens*, *ajanensis*, etc.), ne se présente



ni dans les *Abies*, ni dans les *Pinus*, ni dans les *Larix*, ni, je crois, dans aucun autre conifère⁽¹⁾. On peut déjà en conclure que cette caducité des aiguilles d'épicéa est due à une particularité de structure.

La partie supérieure du coussinet de l'aiguille d'épicéa est formée par un tissu spécial de cellules polyédriques à parois épaisses, canaliculées, brunes qui occupent toute l'épaisseur comprise entre l'hypoderme et le faisceau central et sont plus ou moins remplies de masses brunes de tanin. Ce tissu comprenant, dans le sens longitudinal, quatre ou cinq assises, forme une zone annulaire brune, bien visible à la loupe. Les cellules des deux dernières assises sont un peu plus petites. Là se termine le coussinet.

La base de l'aiguille qui lui fait suite est formée aussi d'un tissu spécial, mais bien distinct du précédent. Il est constitué dans le sens longitudinal, par cinq ou six assises de cellules allongées, effilées à l'extrémité inférieure, à parois incolores, plus épaisses que les précédentes, très finement canaliculées, à lumen allongé et étroit, ne renfermant que quelques fines granulations brunâtres. Ce tissu apparaît extérieurement sous forme d'une zone annulaire blanche, surmontant la zone brune qui termine le coussinet. Il occupe tout l'intervalle compris entre l'hypoderme et la nervure. Au-dessus de lui se trouve le chlorenchyme de l'aiguille. C'est entre ces deux anneaux que l'aiguille se sépare du coussinet par la dessiccation, entraînant souvent quelques cellules dissociées de la rangée supérieure de la zone brune. Cette dissociation, due sans doute à la différence de retrait que subissent, d'une part, les cellules scléreuses de la zone blanche et, d'autre part, les cellules de la zone brune, est bien manifeste, quand la limite entre les deux anneaux, au lieu d'être plane, est formée par une surface bombée du côté de l'aiguille, ainsi que cela se présente parfois dans *Picea omorika*. Une coupe transversale ou mieux légèrement oblique, permet alors d'apercevoir,

(1) Sauf dans *Tsuga Canadensis*, mais par un autre mécanisme. Les feuilles de cet arbre sont pourvues d'un pétiole très ténu qui se rompt à la base, en se desséchant.

Un rameau d'*Abies pectinata*, abandonné à la dessiccation spontanée, ne perd ses aiguilles que pendant la saison végétative, assez irrégulièrement encore et très incomplètement. La chute s'effectue alors par un mécanisme analogue à celui qui fait tomber les feuilles à l'automne. Dans les mêmes conditions, une branche détachée de sapin conserve les siennes, du mois d'octobre au mois de mai. Une dessiccation rapide prévient de la chute les feuilles des arbres à feuilles caduques.

éparses dans la cavité centrale qu'entoure le tissu de la zone blanche, les cellules de l'assise supérieure de la zone brune, n'ayant plus entre elles aucune cohésion.

Une coupe longitudinale intéressant le parenchyme et le coussinet d'une aiguille infectée par *Lophodermium macrosporum* et munie de l'anneau basilaire, fait voir une large bande noire occupant presque toute l'épaisseur de la zone blanche, ainsi qu'une ou deux assises de la zone brune. L'épanchement abondant de résine et de tanin qui forme cette bande noire a pour effet de mettre obstacle au retrait de l'assise supérieure de la zone brune, en la reliant à la zone blanche et de souder entre elles ces deux tissus. La dessiccation n'a dès lors plus de prise sur l'aiguille, celle-ci ne peut plus tomber spontanément, c'est seulement par une légère traction qu'elle se détache.

VI

Après avoir décrit la marche de la maladie, telle qu'elle résulte de mes recherches à Longemer et dans la forêt de Gérardmer, je crois devoir faire ressortir les différences assez nombreuses qu'au cours de cette longue étude, j'ai relevées entre les observations de R. Hartig et les miennes.

1^o Je ferai remarquer tout d'abord que Hartig ne signale nulle part, dans son mémoire, la présence de l'anneau basilaire dont j'ai fait ressortir toute l'importance, pour pouvoir distinguer, à première vue et d'une manière certaine, les deux formes de l'affection. Aussi, en plusieurs points de sa description, paraît-il les avoir confondues. C'est ce qui résulte des deux passages suivants, relatifs à la forme à feuilles adhérentes, ou forme de montagne :

La plupart des aiguilles malades demeurent attachées au rameau et développent des périthèces et des spermogonies de la façon décrite. Mais pendant l'été, une grande partie des aiguilles brunies se détachent avant la formation des organes reproducteurs, de sorte qu'il se produit sur le sol de petits amas de feuilles tombées.

Ailleurs on lit :

Dans les deux formes de la maladie décrite ci-dessus (celle de

montagne et celle d'Eberswald), une faible partie des feuilles brunies tombe avant la formation des périthèces.

Or ces feuilles caduques se rapportent vraisemblablement à la *Nadelschütte* et ne doivent pas, puisqu'elles tombent, être munies de l'anneau basilaire. On a vu en effet que cet anneau maintient adhérentes au rameau les aiguilles qui en sont pourvues, non seulement pendant l'évolution des organes reproducteurs, mais longtemps encore après. Il en résulterait que la *Nadelschütte* signalée par Hartig dans le jardin forestier de Neustadt doit se présenter aussi dans les montagnes de l'Erzgebirge et à Eberswald, comme cela a lieu dans les Vosges. Les trois types d'infection, établis par lui, ne seraient donc pas aussi spéciaux qu'il l'a cru, à telle ou telle localité. Ils se rencontrent à la fois dans la région que j'ai étudiée, les formes α et β dépendant de l'activité végétative des aiguilles et la forme à décoloration automnale (Eberswald) n'étant qu'une variante de la forme α , due à des retards dans l'époque de l'infection.

2° Hartig ne paraît pas avoir remarqué la diversité d'allures entre les deux formes d'affection : rapide dans l'une, toujours assez lente dans l'autre. La différence de la teneur en amidon et de la structure du mycélium ne semble pas non plus l'avoir frappé. La *Nadelschütte*, telle qu'il l'a observée à Neustadt, est partielle ou totale. Dans le premier cas, les aiguilles qui restent vertes, portent de petites taches brunes. Hartig ne s'explique pas sur la nature de ces taches. Il s'agit sans doute des taches noirâtres que j'ai signalées et attribuées à un commencement d'attaque qui aurait avorté. Dans le second cas, il ne subsiste ordinairement, dit-il, sur les pousses que des aiguilles brunes au sommet et dans lesquelles un épanchement de résine entre la partie contaminée et la partie saine a arrêté l'extension du mycélium. Sur ce sommet malade, on voit, en automne, apparaître des spermogonies et des périthèces isolées dont les spores mûrissent et se disséminent aux mois de juin et juillet suivants. J'ai remarqué, bien que très rarement, des aiguilles de cette sorte, brunies dans leur partie terminale seulement; mais je n'y ai jamais vu des fructifications. Ces aiguilles décrites par Hartig ne doivent évidemment pas tomber, ni porter d'anneau, puisque leur base a été préservée. La partie brune se détache sans doute au bout d'un certain temps, ainsi que je l'ai constaté sur les aiguilles d'épicéa

dont je viens de parler et sur celles de sapin atteintes par *Lophodermium nervisequium* (1). Cette forme d'attaque serait donc intermédiaire aux deux autres. Par l'adhérence des aiguilles et l'apparition d'organes reproducteurs, alors que ces aiguilles sont encore fixées au rameau, elle se rapprocherait de la forme que j'ai appelée α ; elle s'en écarterait par l'isolement des périthèces et l'absence d'anneau basilaire, double caractère qu'elle partagerait avec la forme β (2).

3° Dans aucun passage de son mémoire, Hartig ne dit avoir observé d'organes reproducteurs sur les aiguilles de la *Nadelschütte*. Il écrit en effet :

J'ai rencontré, sur de nombreux épicéas des pépinières de Neustadt, une troisième forme de la maladie qui se manifeste par la chute de toutes les feuilles attaquées peu après son apparition. D'autre part, il ne dit pas avoir constaté la présence de fructifications sur les aiguilles tombées, ni avoir cherché à les faire apparaître expérimentalement. On est alors amené à se demander, cette forme de la maladie ayant surtout une allure aussi différente de celle qui caractérise l'affection des aiguilles adhérentes au rameau, sur quels caractères il s'est appuyé pour attribuer l'une et l'autre au même parasite (3). Quant à moi,

(1) Cette attaque de la partie terminale de l'aiguille, rare dans l'épicéa, est au contraire assez fréquente dans le sapin de cette région, mais le plus souvent, sans qu'il s'y forme de fructifications. A la limite du tissu contaminé et des tissus restés sains, se remarque un épaississement brun foncé, provenant de la prolifération des cellules du chlorenchyme, avec accumulation d'amidon et épanchement de résine et de tanin. C'est une barrière interposée par l'organe, à titre de défense, contre l'invasion du parasite. J'ai eu l'occasion de mentionner cette particularité sous le nom de *décoloration des aiguilles de Sapin* (*Bull. de la Soc. Bot. de Fr.*, 1833, p. 140).

(2) L'anneau basilaire est remplacé, dans ces aiguilles, par l'épanchement de résine qui se produit à un niveau variable du parenchyme foliaire.

(3) Dans le tableau (p. 110 de son mémoire précité) où il indique, avec beaucoup de clarté, les phases de fructification du parasite, pour les trois types qu'il y a établis, Hartig fait bien figurer la forme *Schütte*, mais on se demande s'il ne s'agit pas des aiguilles dont l'extrémité seule est atteinte, car dans le texte, l'apparition d'organes reproducteurs est mentionnée pour ces aiguilles et non pour celles qui sont envahies dans leur totalité. Cependant, dans le *Manuel sur les maladies des arbres* du même auteur, on lit cette phrase : On n'a pas expliqué pourquoi maints épicéas perdent, déjà en automne, les aiguilles brunes des pousses de l'année et montrent presque tous les symptômes de la maladie du rouge. Sur ces aiguilles, les périthèces ne se présentent pas sous forme de bourrelets longitudinaux, mais sous forme de petites saillies semblables à celles de l'*Hysterium pinastri*.

Je n'ai jamais observé cette chute d'aiguilles de l'année. Non seulement celles qui tombent, après contamination, n'appartiennent pas plus aux pousses de l'année que celles qui restent adhérentes, mais même elles sont généralement insérées sur des pousses plus âgées que ces dernières, les aiguilles de faible activité végétative étant plutôt envahies par la forme β que par la forme α de la maladie. Il n'est donc pas probable que Hartig, dans la phrase ci-dessus, fasse allusion à des aiguilles de la *Nadelschütte* (forme de Neustadt).

j'ai hésité à les identifier, jusqu'au jour où je suis parvenu à obtenir des fructifications, dans les conditions que j'ai décrites.

Les aiguilles tombent, dit Hartig, quelques mois après l'attaque. Cela n'a lieu que lorsque le parasite envahit des feuilles de végétation très défectueuse. Assez souvent, au contraire, notamment dans les jeunes plantations, les aiguilles qui ont commencé à se décolorer sans toutefois brunir, restent adhérentes plusieurs années avant de tomber et parfois même réagissent assez pour reprendre leur coloration normale et parvenir à éliminer le champignon. Tous ces faits semblent avoir échappé à Hartig.

4° Dans la forme de la maladie qu'il a observée (forêt d'Eberswald, localité de plaine), la contamination a toujours lieu au printemps, mais *les spores*, dit-il, *après leur dissémination, semblent arrêtées dans leur germination, par l'air sec des mois d'été. Dès octobre, quand l'humidité reparait, les feuilles commencent à brunir. Les périthèces se développent au mois de juin de l'année suivante, trop tard cependant pour que la maturité puisse s'effectuer la même année. C'est seulement un an plus tard que la dissémination a lieu.*

R. Hartig attribue la forme d'infection qu'il a observée à Eberswald à un arrêt de germination des spores, lequel persisterait, depuis le début du printemps, époque de la contamination, jusqu'à l'automne où le brunissement commence à apparaître. Par arrêt de germination, il faut sans doute entendre, bien que Hartig ne s'explique pas à cet égard, que le développement du mycélium est enrayé, après que les spores ont émis quelques filaments germinatifs et sans que l'aiguille ait subi un commencement de décoloration. Le fait est admissible, puisque j'ai reconnu, très rarement, il est vrai, la présence de filaments rudimentaires dans des aiguilles de un an qu'aucun indice extérieur ne désignait comme étant atteintes (Obs. n° 25). A-t-il été aussi constaté par Hartig ou bien n'est-ce de sa part qu'une simple hypothèse, basée sur ce que, après le printemps, il n'y a plus émission de spores, que par conséquent le brunissement observé à l'automne ne peut provenir que d'une contamination printanière.

Cependant la forme de maladie particulière à Eberswald pourrait résulter aussi d'une infection tardive, analogue à celle que j'ai décrite dans mon observation du 10 décembre 1908. Elle serait

provoquée par les spores d'aiguilles caduques disséminées seulement à la fin de l'été ou au commencement de l'automne. Puisque, d'après Hartig lui-même, il se produit également à Eberswald une chute d'aiguilles, plusieurs de celles-ci doivent fructifier sur le sol, peut-être aussi tardivement que dans les Vosges (1). Si cette opinion ne s'est pas présentée à Hartig, c'est sans doute parce qu'à Eberswald, pas plus qu'à Neustadt, il ne semble avoir reconnu que, dans les aiguilles tombées, le parasite fructifie, parfois jusqu'en septembre (2). En constatant que les périthèces des aiguilles adhérentes perdent leurs spores au printemps, n'ayant d'ailleurs pas remarqué qu'ultérieurement jusqu'en automne, il peut s'en disséminer d'autres, provenant des aiguilles gisant sur le sol, il était naturellement porté à regarder les premières comme les principaux, sinon les seuls auteurs de la propagation de la maladie.

Ce que je viens de dire ne repose du reste que sur une probabilité d'analogie avec ce que j'ai observé. Quoi qu'il en soit, les diverses phases de la forme d'infection d'Eberswald me paraissent réclamer de nouvelles recherches (3).

5° Hartig a supposé que les spores pénètrent dans les aiguilles

(1) Dans les sols tourbeux des Vosges, les aiguilles atteintes, au printemps, de cette forme d'infection, tombent généralement au début de l'automne. Mais à cette époque, il doit se produire, dans certains cas, une nouvelle attaque, car on voit parfois les feuilles d'un et de deux ans commencer à jaunir en octobre. Cet état reste stationnaire jusqu'au mois de mai de l'année suivante, à partir duquel la décoloration s'étend, pour finir à l'automne, par le jaunissement et la chute. Cette infection automnale doit aussi être attribuée à des émissions tardives de spores, moins tardives, toutefois, que celle qui a causé l'infection dont il est question dans mon observation du 10 décembre 1908.

(2) Dans le tableau de Hartig, dont j'ai parlé plus haut, les aiguilles atteintes de défoliation (*Nadelschütte*) sont indiquées comme fructifiant en juin et juillet.

(3) Il y aurait notamment intérêt à s'assurer si, à Eberswald, les aiguilles sont pourvues de l'anneau basilare. Cela est probable, car, dans le cas contraire, elles se dessécheraient après avoir bruni, et tomberaient avant de fructifier, tandis qu'elles persistent dix-huit mois encore après le brunissement. Il faudrait aussi rechercher si cet anneau se forme rapidement ou graduellement, dès le printemps ou bien dans le courant de l'été ou en automne, enfin si aucun indice de décoloration ne se remarque dès le printemps, époque où l'infection se produit, suivant Hartig. Il serait surprenant qu'il n'en fût pas ainsi, car dans les aiguilles sans anneau, il y a commencement d'altération, même quand des traces de mycélium sont encore difficiles à découvrir. Ce n'est que tout à fait exceptionnellement que le contraire se présente.

Hartig attribue à la sécheresse de l'air l'arrêt de la germination des spores. Il est cependant difficile d'admettre que régulièrement, chaque année, le printemps et l'été soient constamment assez secs à Eberswald, pour que les filaments germinatifs ne puissent trouver, à aucun moment, dans les aiguilles, la quantité d'eau nécessaire à leur extension. Cet arrêt ne serait-il pas dû plutôt à la résistance temporaire que le parasite rencontrerait au printemps de la part de l'organe, ainsi que cela a lieu, comme je l'ai montré, dans la forme β de l'infection ?

par les stomates, mais, comme je l'ai fait remarquer précédemment, il ne semble pas s'en être assuré (1). Par de nombreuses observations, je me suis au contraire attaché à bien établir ce fait; ce qui m'a permis de constater ce point intéressant que les filaments germinatifs peuvent séjourner assez longtemps dans cette région, pour ne s'étendre et n'envahir l'organe qu'en automne, lorsque la résistance de ce dernier vient à fléchir.

6° D'après Hartig, les aiguilles de deux et trois ans peuvent être assez souvent contaminées, en même temps que celles de un an et c'est toujours, sauf pour la forme d'Eberswald, à une infection récente, qu'il attribue leur brunissement. S'il y avait recherché l'amidon, il est probable qu'il en aurait rarement rencontré, ce qui lui aurait sans doute fait comprendre que l'attaque de ces aiguilles remonte le plus souvent à l'année précédente, car les aiguilles de un an infectées restent amylières jusqu'à l'entrée de l'hiver, et quelquefois jusqu'au printemps. En réalité, c'est tout à fait exceptionnellement que les aiguilles de deux et trois ans sont attaquées sous la forme α et alors, elles sont remplies d'amidon, comme celles de un an.

7° Ce n'est pas seulement dans les cas d'infection appartenant au type observé à Eberswald, qu'une année entière peut s'écouler entre l'apparition des périthèces et leur maturation. On a vu qu'un intervalle plus considérable encore se présente, quand la contamination est produite, dans les mois d'août ou de septembre, par des spores retardataires. Les périthèces débutant seulement à l'automne, ne mûrissent qu'une vingtaine de mois après.

8° Suivant Hartig, les asques, dans la forme n° 1, dite de montagne, apparaissent au mois d'octobre pour ne mûrir qu'au printemps suivant. Je n'ai jamais constaté, dans les Vosges, la formation des asques à l'automne de la première année, bien que mon attention se soit portée fréquemment sur ce point.

9° Hartig n'a pas recherché les causes auxquelles sont dues la chute de certaines aiguilles et la persistance de certaines autres. Il ne paraît pas avoir remarqué que ces dernières peuvent indéfiniment rester fixées à leur rameau détaché et maintenu à l'abri de l'humidité.

(1) C'est du moins ce qui ressort du passage suivant de son *Manuel des maladies des arbres* : Chez les trois espèces d'*Hypoderma* (*nervisequitum*, *macrosporum*, *pinastri*), le tube germinatif pénètre probablement toujours par les stomates.

10° Contrairement à ce qu'a observé Hartig, ce sont toujours les aiguilles à végétation défectueuse que j'ai vues être atteintes par le *Lophodermium*. Bien que cette condition se rencontre le plus souvent sur des épicéas malvenants, il peut cependant arriver que des branches appartenant à des sujets vigoureux soient contaminées, mais ce sont alors des branches basses ombragées par les branches supérieures ou par les arbres voisins.

Hartig a bien remarqué que la partie supérieure des cimes est généralement préservée, mais il l'attribue à ce qu'elle se trouve dans un milieu moins humide, plus exposé aux courants d'air. Cette cause n'est pas la seule, elle n'est même pas la plus importante. C'est surtout parce que les branches élevées des épicéas en massif sont plus vigoureuses qu'elles sont épargnées par le parasite et la preuve que tel en est bien le principal motif, c'est que les rameaux, même supérieurs, des épicéas languissants, sont parfois atteints. Hartig n'a du reste pas remarqué la relation étroite qui existe entre cette affection et l'affaiblissement végétatif des aiguilles.

VII

On vient de voir qu'entre les allures des deux formes de la maladie, il y a de profondes différences. Je vais essayer d'expliquer à quelles causes elles pourraient être dues.

De l'ensemble de mes observations, résulte d'abord ce fait bien établi, c'est que le *Lophodermium macrosporum* n'attaque que les aiguilles à végétation plus ou moins affaiblie, ainsi qu'on en rencontre sur les branches basses des arbres même vigoureux, sur les sujets situés en sols épuisés ou pauvres, tels que terrains graveleux ou tourbeux et surtout dans les pépinières mal entretenues, etc... Mais il y a des degrés dans l'affaiblissement de ces aiguilles. Quand le parasite en atteint qui végètent encore assez activement et sont remplies d'amidon, le mycélium, amplement alimenté, se développe rapidement et envahit, en un temps très court, tout le parenchyme foliaire⁽¹⁾. Celui-ci, vivement attaqué,

(1) Les grains amyliacés qu'on rencontre en mai et en juin dans une aiguille contaminée sont si volumineux et si nombreux, qu'on ne saurait les attribuer uniquement au fonctionnement de l'organe. Le mycélium a sa part d'influence, car les aiguilles saines sont loin d'être aussi amyliacées, même à cette époque de l'année, qui est celle où elles le sont cependant le plus.

réagit par la formation d'un anneau de résine et de tanin à sa base, c'est-à-dire à la limite de la région atteinte, ainsi que par d'autres épanchements de cette substance, en divers points de son tissu.

Si, malgré cette abondante nutrition, les filaments mycéliens sont fins et relativement peu nombreux, cela tient à ce que, resserrés entre les grains amylicés qui se touchent et remplissent la cellule, ils ne peuvent grossir et se multiplier, autant que le comporterait la nourriture qu'ils ont à leur disposition. C'est seulement plus tard, que ces grains, étant réduits en nombre et surtout en volume, par suite de la consommation qu'en fait le parasite, les filaments deviennent plus gros et plus nombreux, grâce à l'espace dont ils disposent alors pour se développer.

Quand, au contraire, les spores germent dans des aiguilles dépérissantes, n'étant plus en état, même au printemps, de produire de l'amidon ou n'en produisant qu'une faible quantité, les filaments mycéliens, insuffisamment nourris, ne s'étendent qu'avec une extrême lenteur qui résulte aussi de la résistance, toute faible qu'elle soit, mais non négligeable, que l'organe encore vivant oppose à l'envahissement du parasite. C'est par suite de cette lenteur dans l'attaque que l'organe ne réagit pas et qu'il ne se forme pas d'anneau. N'étant pas entravés par la présence de nombreux grains amylicés, les filaments peuvent se développer librement; aussi sont-ils plus gros et plus sinueux que ne le sont au début de l'infection ceux de la forme α . Mais dès que décroît cette activité végétative de la feuille, au commencement de l'automne, les progrès du champignon deviennent plus sensibles.

L'influence de l'alimentation que le parasite rencontre dans l'aiguille est encore plus marquée sur son mode de fructification que sur le développement de son appareil végétatif. Dans la forme α , le stroma fructifère commence à s'organiser peu de temps après l'attaque et les spermogonies ne tardent pas à apparaître. On voit déjà un peu moins d'amidon dans l'aiguille; il diminue encore, quand débudent les périthèces, puis s'accumule au voisinage de ces organes, pendant la formation des paraphyses, se raréfiant dans la partie du parenchyme qui en est éloignée. Dans la forme β , par suite de l'absence ou de la pénurie de réserve amylicée, le début de la fructification est plus tardif, mais, une fois commencé, s'effectue plus rapidement, parce que le plus

souvent ce n'est qu'au printemps ou dans l'été suivant la chute, que spermogonies et périthèces apparaissent dans les aiguilles. En outre, ces périthèces sont moins nombreuses et très réduites dans leurs dimensions. Au lieu de se réunir en files longitudinales fortement saillantes, elles ne forment que de très faibles saillies ponctiformes qui ne sont guère visibles qu'à la loupe. La petitesse de ces organes, de même que leur retard à apparaître et leur isolement, sont la conséquence de la maigre alimentation qu'ils trouvent dans les aiguilles. Quelle substance fournit, dans ce cas, au parasite les matériaux de leur formation ? Ce ne peut être l'amidon, puisqu'on n'en voit plus, bien avant même que le mycélium ait envahi toute l'aiguille. Ce sont probablement les granules d'amylose provenant de sa destruction, car ensuite ils ont bien diminué, sinon disparu ; c'est peut-être aussi la cellulose du parenchyme. Ces substances servent sans doute également à la formation des thèques dans les aiguilles adhérentes. Si, en effet, la réserve amyliacée est employée à l'édification des périthèces et de leurs paraphyses, elle ne saurait l'être à celle des thèques et des spores qui n'apparaissent souvent que plusieurs mois après la disparition des derniers grains amyliacés.

Il semble donc qu'il faille rechercher la cause initiale des différences qui se manifestent entre les deux formes de la maladie, pour l'une, dans l'abondance de la réserve amyliacée des aiguilles attaquées, et dans l'extrême pénurie de cette réserve pour l'autre. C'est parce que le parasite trouve dans l'aiguille de un an une riche alimentation, qu'il s'y développe rapidement ; c'est pour réagir contre cette invasion rapide que l'anneau basilaire se forme et que l'aiguille devient adhérente. C'est aussi, pour ce motif et comme conséquence de cette active nutrition, que les corps reproducteurs se constituent promptement et en grand nombre. C'est au contraire parce que les aiguilles dépérissantes ne sont plus ou presque plus amyliacées que le parasite y progresse aussi lentement ; c'est à cause de cette lenteur d'invasion et de la pénurie d'amidon que l'aiguille ne réagit pas, qu'il ne se forme pas d'anneau et que, se desséchant, elle tombe plus ou moins rapidement. C'est enfin par suite de cette faible alimentation que les organes fructifères se constituent tardivement, sont rares et restent exigus.

D'après ce qui précède, on peut entrevoir les causes qui prési-

dent aux variations d'attaque du parasite, se rendre compte, par exemple, dans une certaine mesure, des motifs pour lesquels telle aiguille d'un certain âge est infectée, alors que sa voisine, plus ou moins âgée, est préservée, pourquoi, suivant les situations, deux aiguilles de même âge sont atteintes par des formes différentes de la maladie. Quand une spore de *Lophodermium macrosporum* tombe sur une aiguille de un an, appartenant à un rameau du milieu ou du sommet de la cime d'un épicéa vigoureux et bien insolé, elle ne peut même y germer, par suite de la résistance que lui oppose le tissu de l'organe. S'agit-il d'une branche basse d'un arbre de lisière, située du côté libre, recevant par conséquent assez de lumière, les aiguilles de l'année ont encore une trop grande activité végétative, pour que le parasite puisse s'y introduire. Sur une aiguille plus âgée, il pourra y avoir non seulement tentative, mais commencement d'effet ; ce qu'on reconnaît aux petites taches noires qu'on rencontre assez fréquemment à la surface. Elles résultent de la nécrose, sous l'influence des filaments germinatifs, de l'appareil stomatique et de quelques cellules du parenchyme avoisinant. Le parasite n'a pu aller plus loin. Mais d'autres fois, rencontrant dans les aiguilles de un an un terrain favorable, c'est-à-dire une alimentation suffisante pour accroître sa vigueur et lui permettre ainsi de vaincre une résistance d'ailleurs atténuée, il envahit rapidement l'organe. Il en résulte la forme α de l'infection. Les spores tombent-elles sur des aiguilles plus âgées ou même n'ayant qu'un an, mais situées dans l'intérieur du massif, mal éclairées par conséquent et affaiblies, le développement du mycélium est très ralenti, parce qu'il ne trouve dans l'organe qu'une nourriture insuffisante pour un développement rapide. C'est alors la forme β de la maladie qui apparaît. L'aiguille finit par périr, mais au bout d'un temps souvent assez long. Enfin il peut arriver que l'aiguille, bien qu'ayant une végétation languissante, reprenne assez de vigueur pour parvenir, après une lutte qui dure parfois plusieurs années, à triompher de son parasite, en enrayant d'abord son extension, puis en l'éliminant, quand ce dernier ne lui a pas porté une trop rude atteinte, quand, par exemple, la maladie s'est arrêtée au jaunissement, sans avoir été jusqu'au brunissement.

En voyant à quel point le développement des périthèces est sous la dépendance de la nutrition, on est amené à se demander

si la relation entre ces organes et l'amidon que renferme l'aiguille, ne serait pas plus étroite encore et si le siège de leur apparition, diffus pour les aiguilles sans anneau, limité à la face inférieure, pour celles à anneau, ne résulterait pas, dans le premier cas, de la pauvreté et de l'absence de localisation de la substance alimentaire et, dans le second, de la concentration de l'amidon dans le parenchyme inférieur. C'est ce que je vais examiner.

Dans les feuilles à chlorenchyme hétérogène, celles de sapin, par exemple, on ne constate, dans la teneur en amidon, aucune différence entre les tissus palissadique et lacuneux, aux époques de l'année où ces organes sont très amylofères (mai, juillet et commencement d'août). Mais au début du printemps, lorsque l'assimilation est encore peu active, et au mois de juin, époque où l'amidon se trouve en grande partie employé à l'évolution des pousses, ou bien de la fin d'août à l'arrière-automne, quand le pouvoir assimilateur de la chlorophylle a bien diminué, les cellules du parenchyme inférieur sont plus riches en amidon que celles du parenchyme supérieur, principalement au voisinage de la nervure. A une différenciation anatomique entre les deux parenchyms correspond une différenciation physiologique, le parenchyme palissadique étant plus spécialement assimilateur, le parenchyme lacuneux jouant plus particulièrement le rôle de tissu de réserve.

Comme c'est précisément aux mois d'août et de septembre que se forment les périthèces du *Lophodermium nervisequium* du sapin, on pourrait supposer que leur apparition constante dans l'épiderme inférieur est due à ce que cette région est plus amylofère. Mais si, dans une aiguille saine de sapin, le tissu palissadique perd son amidon à certaines époques, il n'en est plus de même pour une aiguille atteinte par le *Lophodermium* et qui, étant sinon morte, du moins en bien mauvais état, ne fonctionne presque plus. Aussi n'est-il pas étonnant qu'une semblable aiguille ne présente pas, dans sa teneur amylofère, les mêmes variations qu'une aiguille intacte, au cours de la saison végétative. Le parenchyme palissadique y reste tout l'été, rempli d'amidon, sans brunir, alors que le parenchyme lacuneux s'appauvrit de cette substance, du fait du mycélium qui s'en nourrit et, devenant plus ou moins brun, se développe en premier lieu dans ce tissu où il a pénétré par les stomates.

De ce qui précède, il résulte donc que ce n'est pas, comme on serait porté à le croire, l'accumulation de l'amidon dans le tissu lacuneux qui provoque la formation des périthèces dans l'épiderme de la face inférieure; ce sont, au contraire ces organes qui, pour le faire servir à leur édification, attirent l'amidon des parties voisines.

A fortiori s'impose cette conclusion pour les aiguilles d'épicéa, dont le chlorenchyme n'est pas différencié comme il l'est chez celles de sapin. Dans les feuilles saines d'épicéa, on ne voit pas, au printemps et en été, l'amidon quitter à plusieurs reprises le parenchyme supérieur, pour s'accumuler dans l'inférieur. On ne peut y distinguer un tissu assimilateur et un tissu de réserve.

L'aiguille d'épicéa, atteinte par son *Lophodermium*, pas plus que celle de sapin envahie par le sien, ne saurait être regardée comme complètement morte, puisque le parasite y attire, à portée de sa fructification, l'amidon des parties plus éloignées. Ce transport, bien qu'à faible distance, ne saurait s'effectuer que par un acte physiologique. On ne voit donc pas pour quel motif les périthèces se développent de préférence à la face inférieure dans la forme α , pourquoi ils apparaissent à peu près indifféremment sur chaque face, dans la forme β . On ne voit pas davantage pourquoi elles se forment plutôt dans la région des stomates. On pourrait supposer que c'est parce que le mycélium s'aggrège plus facilement, pour y former un stroma, sur les points où l'hypoderme fait défaut, si l'on n'avait l'exemple du *Lophodermium nervisequium* du sapin, dont les périthèces, loin de se former, aux environs des stomates, apparaissent au-dessous de la nervure des aiguilles, un des endroits où l'hypoderme est le plus complet.

Les causes qui président à l'apparition des périthèces sur certains points des aiguilles sont donc encore bien obscures et cette question demeure en suspens.

VIII

Ce ne sont pas seulement les branches basses des épicéas grands ou moyens qui peuvent être atteintes de défoliation, mais encore les jeunes sujets, quand ils se trouvent dans des conditions

défectueuses de végétation. Le cas se présente notamment dans les pépinières, lorsque les plants, y séjournant trop longtemps, finissent par se trouver trop serrés et ont épuisé la plus grande partie des engrais qu'on leur avait distribués. La maladie y est alors très répandue, mais c'est uniquement sous sa forme β que je l'y ai rencontrée. C'est à l'automne de 1894 que j'ai remarqué pour la première fois cette maladie dans une pépinière. On y voyait des taches jaunes entourant une place centrale qui, à en juger par les plants portant des aiguilles brunes, semblait être le foyer de l'infection. Mon attention ayant ainsi été appelée sur cette maladie, j'en étudiai de plus près les effets. Bien que les feuilles ne présentassent que rarement l'alternance de zones vertes, jaunes et brunes, si caractéristique sur les branches basses des arbres, je ne tardai pas à être frappé par les analogies de symptômes et à y voir une légère variante de la défoliation. Depuis lors, je l'ai maintes fois observée dans les pépinières à sols pauvres et épuisés. Dans ces conditions, il s'écoule en général trois ans entre l'attaque et la chute des aiguilles. En été, celles de l'année sont vertes, une partie seulement des feuilles de un an sont jaunes; parmi celles de deux ans, les unes sont jaunes entièrement ou à l'extrémité seulement, les autres commencent à brunir. Les aiguilles de trois ans sont entièrement brunes, celles de quatre ans sont en grande partie tombées. Cet état reste à peu près stationnaire jusqu'en octobre, où le mycélium, prenant de l'extension, à la suite du ralentissement de l'activité végétative des aiguilles, le nombre de celles qui jaunissent ou brunissent augmente sur les pousses de un à trois ans. Quant aux feuilles de l'année, certaines commencent à jaunir par places, le plus souvent à l'extrémité, ce qui prouve qu'elles recélaient le parasite depuis plusieurs mois (puisque la dissémination des spores s'arrête généralement au mois d'août), sans qu'aucun indice en révélât la présence. Pendant toute la durée de l'été, on voit parfois, dans les feuilles dont le jaunissement débute, des filaments mycéliens occupant les régions stomatiques⁽¹⁾. Les spores

(1) Mais le plus souvent, dans ces aiguilles jaunissantes, on ne remarque aucune trace de mycélium, ou du moins il est fort difficile de l'y apercevoir, et ce n'est qu'à la suite de recherches persistantes qu'on parvient quelquefois à en découvrir. Et cependant le parasite a pénétré dans l'organe et s'y trouve localisé dans quelque partie. C'est donc à distance qu'il semble agir, en décolorant l'aiguille, comme s'il sécrétait quelque toxine.

ont pénétré par l'ostiole de ces organes, mais les filaments germinatifs ne se développent que dans le chlorenchyme avoisinant, tant que l'aiguille reste assez vigoureuse, puis quand cette activité végétative s'est ralentie, il a envahi tout le tissu.

A l'appui de ce qui précède, voici quelques observations faites dans une pépinière dont plusieurs planches étaient attaquées.

21 SEPTEMBRE 1906. — Les aiguilles de 1905 et de 1906 sont plus ou moins jaunâtres, surtout à l'extrémité, tandis que celles de 1904 sont restées vertes. Les aiguilles de 1906 sont plus petites que celles de 1904 et de 1905, conséquence du ralentissement de la végétation. Dans ces aiguilles jaunissantes, se trouvent des globules oléagineux, mais surtout des granulations d'amylose provenant de la destruction de l'amidon. Toutefois, plusieurs cellules, principalement sous l'hypoderme, sont encore amylières, alors que les aiguilles vertes de 1904 ne le sont plus. Dans un autre exemplaire, les aiguilles de l'année et de un an sont jaunissantes, avec des bandes annulaires ou semi-annulaires ou seulement des ponctuations brunes. Ces ponctuations sont mycélières et amylières, tandis que les parties jaunissantes tantôt renferment de l'amidon et tantôt n'en renferment pas, mais sont dépourvues de mycélium. Les régions brunes sont les points d'attaque du parasite.

25 NOVEMBRE 1898. — Plusieurs planches d'une pépinière sont envahies. L'aspect varie suivant les sujets :

1° Dans les uns, les aiguilles de l'année, de même que celles de un an, sont jaunes, tandis que celles de deux ans sont restées vertes. Sur quelques aiguilles de un an, l'extrémité commence à brunir. L'attaque remonte donc au plus à dix-huit mois pour les aiguilles de un an et à six mois pour celles de l'année. La vigueur des plants ayant décliné, par suite de l'épuisement du sol, les pousses de 1897 sont plus petites que celles de 1896, et celles de 1898, plus petites que celles de 1897. En voici quelques exemples. Les longueurs sont exprimées en millimètres : pousse de 1897 : 40 ; pousse de 1898 : 30 ; pousse de 1897 : 30 ; pousse de 1898 : 20. Il en est de même pour les aiguilles. Longueur moyenne de plusieurs aiguilles de 1897 : 8 ; longueur moyenne de plusieurs aiguilles de 1898 : 6.

Il est à remarquer que les feuilles de 1896, quoique plus anciennes, sont restées indemnes, contrairement à ce qui se passe d'ordinaire dans la défoliation des branches basses des arbres, où ce sont les aiguilles les plus âgées qui sont de préférence atteintes. Il n'y a là qu'une anomalie apparente qui doit s'expliquer ainsi. Ayant été formées quand le plant avait encore une végétation assez active, les aiguilles les plus anciennes sont restées relativement assez vigoureuses, même après que le plant, aux racines déjà dépérissantes, ne pouvait plus former que de chétives pousses. Dans les arbres, au contraire, les pousses âgées des branches basses ont leur vitalité

affaiblie, parce qu'elles sont dominées ; mais les jeunes pousses, alimentées par une cime et des racines saines et vigoureuses, conservent assez longtemps une certaine activité.

2° Sur d'autres plants, les aiguilles de 1898 sont encore vertes, celles de 1897, qui étaient jaunes en été, commencent à brunir, tantôt par l'extrémité, tantôt en divers points, formant ainsi des zones annulaires, mais, dans le cas le plus général, par la base. Dans certains rameaux, les aiguilles de 1897 sont entièrement brunes ou bien leur extrémité seule restée verte. Sur ces plants malades, les pousses de 1898 ainsi que leurs aiguilles sont plus petites que celles de 1897 et celles-ci que celles de 1896. Ces pousses sont parfois réduites à des dimensions minuscules. Ainsi certaines d'entre elles n'ont que 10 à 15 millimètres de long et leurs aiguilles 2 à 3 millimètres.

Les aiguilles jaunes qui, en été, se trouvaient remplies d'amidon et renfermaient peu de chlorophylle, ont maintenant leurs cellules pleines de granulations pulvérulentes d'amylose, incolores ou légèrement verdâtres ou jaunâtres, provenant de la désorganisation de l'amidon. Pas de globules oléagineux, résultant de la dégradation de la chlorophylle, ce qui tient à ce qu'elle y était peu abondante, comme on vient de le faire remarquer. Dans ces aiguilles jaunes, les filaments mycéliens sont encore rares, aussi la recherche en est-elle assez difficile. On en trouve davantage dans les très petites aiguilles appartenant à des rameaux malades depuis plusieurs années. Les aiguilles brunes ne contiennent plus ces fines granulations que l'on aperçoit dans les jaunes ; en revanche, le mycélium y a pris beaucoup d'extension.

Quand on examine les aiguilles jaunes au début de l'automne, on y trouve, outre une certaine quantité de grains amylicés, plus petits qu'en été et déjà en voie de résorption, des granules, des paillettes d'amylose de formes diverses, souvent losangiques, provenant de la désorganisation de l'amidon. Ce sont ces paillettes qui, par une ultime désagrégation, forment les granulations pulvérulentes qu'on rencontre dans les cellules, quelques semaines plus tard et qui paraissent servir d'aliment au mycélium, car on ne les retrouve plus dans les cellules brunies.

Dans ces aiguilles jaunes, le parasite avait pénétré dès le printemps ou au commencement de l'été, ainsi que cela a généralement lieu dans celles qui sont atteintes de défoliation. Il y avait germé, parce qu'elles étaient, à la suite de l'épuisement du sol, en mauvais état de végétation. Il y était resté cantonné pendant tout l'été, dans les chambres sous-stomatiques et le parenchyme environnant, et ce n'est qu'à l'entrée de l'automne qu'il s'était mis à progresser et avait envahi toute la feuille qui, en même temps, brunissait. La grande quantité et la grosseur des grains d'amidon concentrés dans les aiguilles jaunes dont il vient d'être question, ne doivent pas être regardés comme étant la conséquence de l'infection, ainsi que cela a lieu dans les aiguilles à anneau, car on en trouve fréquemment de semblables dans les aiguilles jaunes ou vert jaunâtre nullement contaminées, mais appartenant à

des plants languissants. Le mycélium progresse surtout lorsqu'ils disparaissent. Aussi est-il permis de supposer que, s'il progresse, c'est précisément parce qu'il s'en nourrit. Mais il est des cas où l'accumulation de l'amidon semble bien due à l'action du parasite. Dans ce même mois de novembre 1898, et dans cette même pépinière contaminée, j'ai trouvé plusieurs plants qui tranchaient, par leur couleur vert foncé, sur la teinte jaunâtre de leurs voisins. Je fus frappé par la présence sur plusieurs de leurs aiguilles de taches annulaires complètement décolorées. Dans ces zones, les cellules étaient remplies d'amidon, alors qu'au-dessus et au-dessous d'elles, on n'en trouvait plus trace dans le parenchyme vert. On n'y voyait pas de mycélium, ce qui ne prouve point qu'il n'y en avait pas, car il pouvait être représenté par quelques filaments seulement, que les coupes n'avaient pas atteints. Trois semaines après, ces taches s'étaient étendues et se délimitaient dans la région verte par des contours moins nets qu'auparavant. En même temps l'amidon avait disparu presque entièrement. Il était remplacé par du mycélium dont le développement s'était effectué probablement aux dépens des grains amyloacés dont il s'était nourri.

IX

La maladie causée par *Lophodermium macrosporum* est très répandue dans les Hautes-Vosges, comme du reste beaucoup d'autres infections, favorisée par l'humidité du climat et la végétation souvent défectueuse des massifs d'épicéas. Assez rare sous la forme d'aiguilles adhérentes, elle se présente le plus souvent sous celle de la défoliation. Dans toutes les circonstances où les aiguilles ont une végétation languissante, elles ne tardent pas à être envahies par le parasite. C'est ce que mettent en évidence les observations suivantes :

30) 6 OCTOBRE 1905. — Dans une plantation remontant à quelques années, plusieurs épicéas qui se trouvaient en sol pierreux avaient une végétation affaiblie ; ce qu'on reconnaissait à la brièveté des dernières pousses ; ils étaient fort en retard sur leurs voisins, mieux partagés sous le rapport du terrain. D'année en année, les pousses et les aiguilles devenaient plus petites. Celles de un, deux et trois ans et même celles de l'année, avaient jauni entièrement ou seulement à la pointe. On ne remarquait cependant pas de lacunes sur les pousses, ce qui indiquait que les aiguilles ne s'étaient pas encore détachées. Ces aiguilles jaunes renfermaient des globules oléagineux et des granules d'amylose associés à d'assez nombreux, mais petits, grains d'amidon, alors que les aiguilles saines ne renfermaient plus de ces

derniers. Par les dimensions exiguës des pousses, on pouvait juger que le jaunissement remontait à plusieurs années. On n'y voyait pas de mycélium, tandis qu'on en trouvait beaucoup dans les aiguilles qui avaient quelques parties brunées, mais dans ces parties seulement. Parmi ces dernières, fort peu étaient tombées. Cet exemple montre combien est lent, dans certains cas, le processus de la maladie. L'attaque devait s'être produite trois ou quatre années auparavant.

31) 22 OCTOBRE 1906. — Des épicéas de cinq à six ans, plantés l'année précédente, se trouvaient en partie déracinés; aussi avaient-ils mal repris. Tandis que la coloration, dans certaines de leurs aiguilles, était vert pâle, d'autres avaient la pointe brune ou étaient entièrement brunes. Les premières renfermaient encore des grains d'amidon associés à des granules d'amylose. Dans les parties brunes, se trouvaient des filaments mycéliens. Après un séjour sous cloche humide, les aiguilles se couvrirent de spermogonies et de périthèces de *Lophodermium macrosporum*.

C'est par la teinte jaunée intégrale ou partielle acquise par les aiguilles des jeunes plants d'épicéas que se révèle la maladie de la défoliation. Il ne faudrait pas la confondre avec une autre affection qui fait jaunir aussi leurs aiguilles. Il arrive assez fréquemment, à la suite de transplantations, quand la reprise tarde à se produire, soit parce que l'opération n'a pas été faite avec tous les soins nécessaires, soit parce que le terrain est pauvre, que les plants traversent une période de souffrance qui peut durer une ou plusieurs années. Cet état se révèle par une réduction de longueur des pousses et particulièrement de la flèche comparée à celle des années antérieures. En même temps, les aiguilles qui garnissent ces pousses sont plus petites que celles qui les ont précédées et jaunissent. Deux caractères les distinguent des aiguilles atteintes de la maladie de la défoliation : l'absence de mycélium et la présence de grains volumineux d'amidon, entourés d'une enveloppe très mince de chlorophylle jaune ou vert jaunâtre. Le jaunissement diffère du jaunissement automnal des feuilles caduques, par l'absence de globules d'huile; ce qui prouve qu'il ne résulte pas, comme dans ce dernier cas, de la dégradation de la chlorophylle. Cet état semble dû à l'insuffisance d'alimentation azotée, résultant soit de la pauvreté du sol, soit du fonctionnement défectueux des racines plus ou moins lésées par la transplantation, soit aux deux causes réunies. Souvent, il n'est que transitoire, et deux ou trois ans après, ou même dès l'année suivante, ces feuilles jaunes redeviennent vertes. Le plant s'est

rétabli et a reconstitué son système radicellaire. Mais parfois l'état de souffrance persiste, surtout quand le terrain est stérile et alors, comme dans toutes les circonstances où la végétation languit, ces aiguilles peuvent être atteintes par la maladie de la défoliation.

C'est ainsi que les aiguilles des branches d'épicéa coupées et gisant sous l'ombrage des massifs, condition dans laquelle la dessiccation est assez lente, se couvrent de zones alternativement jaunes, brunes et vertes qui sont l'indice de leur envahissement par le *Lophodermium macrosporum* (forme β). C'est ce qui arrive souvent aux branches des épicéas brisés ou déracinés par le vent ou la neige. Pendant qu'elles sont couchées sur le sol, leurs aiguilles ne tardent pas à être attaquées par le parasite. On voit, par ces exemples, combien est grande son extension dans les Hautes-Vosges, où il trouve souvent, par suite de l'état trop serré des peuplements, un terrain éminemment favorable à son extension. Sur des arbres, même très vigoureux, la chute des aiguilles à l'automne est parfois si abondante, que les branches basses en sont couvertes. On peut dire que les feuilles d'épicéa atteignent rarement l'âge de neuf à dix ans, auquel elles peuvent arriver dans les conditions normales. Elles périssent bien avant leur tour et elles le doivent au *Lophodermium*.

X

Les dommages causés par le *Lophodermium macrosporum* varient beaucoup suivant les régions. En Allemagne, ils paraissent avoir été assez importants à l'époque où R. Hartig étudiait cette maladie. C'est en Saxe, dans l'Erzgebirge ainsi que dans la forêt d'Eberswald et à Neustadt, localités qui lui ont servi à créer ses trois types, qu'elle lui a paru sévir avec le plus d'intensité. Dans la première de ces stations, dans le cantonnement d'Altenberg, à l'altitude de 700 à 900 mètres, des peuplements d'épicéas de dix à quarante ans, les uns entremêlés de hêtres, les autres à l'état pur, étaient atteints et, fait remarquable, car il diffère complètement de ce qui se passe dans les Vosges, les épicéas les plus vigoureux étaient particulièrement contaminés. Dans un autre cantonnement du même massif montagneux, celui de Hermsdorf,

un peuplement de trente ans, mélangé de hêtres, était si attaqué, que le dixième des épicéas avaient leurs aiguilles rouges.

A Neustadt, l'infection s'est déclarée à l'Institut forestier, dès 1868, et acquit de suite beaucoup d'intensité. Elle empira dans les années suivantes, au point d'inspirer de sérieuses inquiétudes, à l'époque où Hartig publia son mémoire.

Elle était aussi répandue dans les montagnes du Harz, mais plus au sud qu'au nord.

A Solligen, quelques arbres seulement, de dix à vingt-cinq ans, vigoureux pour la plupart, se trouvaient atteints. Hartig ne dit pas si leurs rameaux inférieurs seuls étaient frappés; bien qu'il reconnaisse qu'en général la partie basse de la cime est la plus exposée.

A Gérardmer, de même que sur quelques autres points des Vosges que j'ai eu l'occasion de visiter, les dommages causés par ce *Lophodermium* n'ont pas, depuis près de vingt ans que j'ai cette maladie sous les yeux, atteint un pareil degré de gravité. C'est, comme je l'ai déjà dit, sous la forme *défoliation* qu'elle y est de beaucoup la plus répandue. Je rappelle que, dans les pépinières, je n'ai jamais remarqué la présence de l'autre forme. Je n'ai pas vu des arbres vigoureux être contaminés, si ce n'est parfois dans leurs branches basses. Presque toujours, les sujets atteints se trouvent dans de mauvaises conditions de végétation. C'est dans les pépinières que les dégâts sont le plus sensibles, mais là encore, l'infection n'est que le résultat de dispositions défectueuses dans leur installation ou d'un manque de soins⁽¹⁾. Presque toujours, il y a possibilité de prévenir ou du moins d'enrayer la contagion et, quand elle s'est produite, d'y remédier.

Je vais passer successivement en revue les moyens préventifs et les moyens curatifs.

1° *Pépinières*. — En ce qui concerne les pépinières, il convient, avant de les ensemercer, d'y enfouir des engrais bien consommés, tels que du terreau obtenu à l'aide d'un mélange de tourbe ou de feuilles mortes décomposées et de cendres, de scories de déphos-

(1) Dans les pépinières, la maladie acquiert rapidement une grande extension et un caractère de gravité qu'elle ne présente pas sur les arbres vivant en massifs et encore moins sur ceux qui sont isolés. Je n'ai jamais vu, dans les Vosges, des arbres périr à la suite de leur envahissement par le *Lophodermium macrosporum*, tandis que sur les plants des pépinières, l'attaque du parasite est fréquemment suivie de leur mort.

phoration et de sels de chaux, afin que l'effet puisse s'en prolonger plusieurs années, pendant lesquelles il sera impossible de les renouveler. Pour ce motif, l'emploi du fumier frais ainsi que de tout engrais à action rapide, mais de courte durée, tel que le nitrate de soude, les sels ammoniacaux, est à déconseiller, sans compter que, à faibles doses, ces engrais ont peu d'effet sur les plants forestiers et qu'à dose quelque peu élevée, ils leur sont souvent nuisibles (1).

Le semis ne doit pas être trop serré, surtout si le terrain où est assise la pépinière n'est ni riche ni profond. Quand les semis sont trop drus, les plants, épuisant rapidement le sol, ont leur croissance ralentie; de plus, étant trop nombreux, beaucoup d'entre eux, dominés par d'autres plus vigoureux, sont des victimes désignées pour la maladie qu'ils communiquent ensuite à leurs voisins. Les semis doivent être assez clairs pour un autre motif encore. Les stations où se développe de préférence le *Lophodermium* étant généralement situées à d'assez grandes altitudes (800 à 1.000 mètres), la végétation y est lente, à cause de la rigueur du climat. Aussi est-il nécessaire de l'activer, non seulement par l'apport d'engrais, mais encore en laissant aux jeunes plants assez d'espace pour qu'ils puissent croître rapidement et se trouver en état d'être repiqués en pépinière au bout de trois ans, délai qui ne peut guère être raccourci.

L'opération du repiquage, toujours très importante, l'est encore plus pour les épicéas, menacés de l'attaque du *Lophodermium*. Il convient d'y procéder avec beaucoup de soin. Le terrain consacré à cette opération doit recevoir les mêmes engrais que ceux dont j'ai parlé pour les semis. Les plants devront surtout être maintenus plus écartés qu'on n'a l'habitude de le faire pour d'autres essences ou même pour l'épicéa, dans les localités où l'invasion du parasite n'est pas à redouter. On évitera que les plants se touchent, non seulement aussitôt après la transplantation, mais même dans les trois années où ils devront encore séjourner en pépinière. Aussi des espacements de 20 centimè-

(1) Dans des expériences faites en caisses et en plein air, sur des plants de sapin de trois et quatre ans, j'ai constaté que l'emploi du nitrate de soude à très faible dose, mais renouvelé plusieurs fois, dans le cours de l'été, eut pour résultat d'affaiblir la végétation à tel point que sur plusieurs de ces plants, les aiguilles furent attaquées par *Lophodermium nervisequium*, parasite qui se développe de préférence, comme son congénère pour l'épicéa; sur les sujets souffreteux.

tres entre les lignes et de 10 centimètres, dans les lignes, ne sont-ils pas exagérés. Afin d'activer la croissance, on donnera aux plants tous les soins habituels de culture (sarclages, binages) et l'on prendra toutes les mesures propres à enrayer les effets de la sécheresse, très rare heureusement dans les régions à climat humide où se propage de préférence le *Lophodermium*. Mais la précaution la plus importante est celle de laisser aux plants assez d'espace. J'ai eu l'occasion de visiter des pépinières bien fumées, bien sarclées, mais dans lesquelles presque tous les épicéas avaient des aiguilles jaunes ou brunes et renfermaient le parasite parce qu'ils étaient beaucoup trop serrés.

Peuplements. — Les mêmes soins doivent présider à la mise en place des plants sortant des pépinières. On laissera entre eux des écartements plus grands qu'on ne le fait généralement. Un intervalle de 2 mètres ou 2^m50 paraît le plus convenable. Outre que des expériences entreprises dans ce but ont montré que c'est à cette distance que la croissance est la plus rapide, on doit faire en sorte que les branches basses des jeunes sujets soient attaquées le plus tard possible, à une époque assez rapprochée de celle où il conviendra de pratiquer le premier desserrement. Dans cette opération qui devra être effectuée vers l'âge de vingt ou vingt-cinq ans, on devra enlever les sujets les moins bien venants et sectionner, avec toutes les précautions recommandées, les branches basses, qu'elles soient atteintes ou non par le *Lophodermium*. Grâce à des éclaircies précoces et assez fréquemment renouvelées, tous les dix ans, par exemple, en ayant soin de faire disparaître les arbres à végétation défec-tueuse qui risquent le plus d'être contaminés, en élaguant les branches basses des autres, sans attendre qu'elles meurent, ce qui n'arriverait qu'après un dépérissement de longue durée, pendant laquelle elles risqueraient d'être infectées, on obtiendra des arbres vigoureux, préservés par là même des attaques du *Lophodermium*.

Ce sont les branches basses dépérissantes qui, dans un massif, se trouvent le plus atteintes, c'est par elles que se propage la maladie. Aussi devraient-elles être supprimées méthodiquement, non seulement sur les épicéas, mais encore sur les sapins, les pins, les mélèzes pour les préserver des atteintes du *Lophoder-mium* propres aux trois premières de ces essences, ainsi que

d'autres parasites, tels que *Trichosphæria parasitica* et *Meria Laricis* (1).

Les branches basses sont en effet les plus exposées à être contaminées pour plusieurs motifs. Elles sont d'abord rapprochées du sol où gisent les feuilles mortes chargées souvent de spores. Par suite de ce voisinage, elles se trouvent dans un air plus humide qui favorise le développement des parasites. Enfin n'ayant qu'une végétation affaiblie, elles ont pour eux une plus grande réceptivité.

Bien que l'épicéa ne soit pas très exigeant sous le rapport du sol, on doit éviter de l'introduire dans des terrains trop pauvres (rocaillieux ou tourbeux) ou bien ayant trop peu de terre végétale, car dans ces conditions, il végète mal et ne tarde pas à être attaqué par le *Lophodermium*. C'est ce qu'on a eu le tort de faire en plusieurs points de la forêt de Gérardmer. Il eût été préférable d'y planter du pin sylvestre, à titre transitoire.

Je passe maintenant à l'examen des mesures curatives.

Pépinières. — Si la maladie n'a pas encore acquis beaucoup d'intensité, si elle ne se décèle que par le jaunissement des aiguilles, ou seulement un commencement de brunissement sur quelques unes d'entre elles, elle peut être enrayée par le répandage d'une faible quantité de nitrate de soude entre les lignes. Ce sel ne doit toutefois être distribué qu'avec beaucoup de prudence, car les plants résineux sont très sensibles à son action (2).

Quand l'épidémie s'est aggravée, quand beaucoup de plants ont leurs aiguilles brunes et ne peuvent être guéris, on doit procéder à leur extraction, détruire tous ceux qui semblent trop

(1) Dans les Hautes-Vosges, les repeuplements d'épicéas provenant généralement de semis ou de plantations, dès que, vers l'âge de vingt ans, ils arrivent à l'état de fourrés, ont, par suite de l'état trop serré, dans lequel ils ont vécu jusque-là, leurs branches basses tellement envahies par *Lophodermium macrosporum*, que les aiguilles de ces branches meurent, au bout de quatre à cinq ans et tombent; ce qui propage beaucoup l'infection. Aussi l'élagage précoce, au sécateur, de ces branches est-il à recommander, en même temps que l'extraction des sujets dominés.

(2) En expérimentant au mois de mai, sur des sapins de 10 à 15 centimètres de haut, repiqués en forêt deux ans auparavant, j'ai constaté qu'une dose de 20 grammes de nitrate de soude par plant, était déjà trop forte, car un grand nombre d'entre eux eurent une partie de leurs aiguilles roussies et n'émirent que des pousses chétives; plusieurs même périrent.

Dans la pépinière des Kettes (forêt communale de Gérardmer), un traitement au nitrate de soude a été essayé, sur mon conseil, et a produit, m'a-t-on dit, de bons effets. Les plants trop serrés avaient épuisé, en deux ans, le fumier enfoui dans le sol, avant le repiquage. Il y avait donc eu double cause de contamination.

contaminés et ne conserver que les plants n'ayant que des aiguilles jaunes et dont les dernières pousses sont encore assez longues. On les transplantera en forêt, en les distribuant sur divers points séparés et les plaçant à bonne distance les uns des autres, surtout en les intercalant, quand cela est possible, entre des sujets appartenant à d'autres essences. Si on ne les juge pas assez forts pour être mis en place, on les repiquera provisoirement dans des planches de pépinières ayant reçu une couche assez épaisse de terreau. J'ai pu ainsi rétablir des plants dont presque toutes les aiguilles, à part celles de l'année, étaient jaunes et dont quelques-unes avaient même déjà bruni. Il a suffi de deux ou trois ans pour faire disparaître la maladie. Les aiguilles brunes sont tombées, les jaunes ont en grande partie reverdi et sont parvenues à éliminer le parasite encore peu développé qu'elles renfermaient. J'ai fait remarquer que, dans les aiguilles jaunes, il n'est encore représenté que par quelques filaments mycéliens. Enfin, aux pousses exiguës des dernières années, en ont succédé d'autres de plus en plus grandes. J'ai constaté souvent que, dans les pépinières, même très contaminées, les plants dont la végétation était vigoureuse, soit parce qu'ils avaient été repiqués à d'assez grandes distances les uns des autres, soit parce qu'ils avaient reçu suffisamment d'engrais, continuaient à rester tels et à avoir des aiguilles bien vertes, quoique entourés de sujets malades. Ils ne semblaient se ressentir en rien de ce voisinage; ce qui montre que c'est surtout l'affaiblissement végétatif qui donne aux aiguilles leur réceptivité pour le parasite.

Les pulvérisations cuivreuses pourraient produire de bons effets, si elles étaient employées en temps opportun, c'est-à-dire au premier printemps, avant la dissémination des spores, et si l'opération était renouvelée avant le mois d'août, au delà duquel on n'a presque plus à craindre d'infection. N'ayant pas fait à cet égard d'essais méthodiques sur les épicéas, je ne puis donner des résultats positifs. Mais, autant qu'on peut en juger par analogie avec ce qui s'est passé dans des expériences que j'ai poursuivies, pendant plusieurs années, sur des pins sylvestres et des mélèzes contaminés, ce procédé serait efficace.

Peuplements. — Dans les stations où l'épicéa ne végète pas bien, pour des causes auxquelles l'homme ne peut pratiquement

remédier, telles qu'un sol par trop pauvre, exposé à se dessécher, ou bien au contraire trop humide, toutes conditions très favorables à la propagation du *Lophodermium*, on doit essayer d'introduire d'autres essences moins exigeantes, parmi lesquelles il faut placer en première ligne les pins : pin sylvestre dans les terrains rocailleux et secs, pins Weymouth ou pins sylvestres dans les tourbières.

C'est ce que j'ai fait à Longemer dans un petit massif d'épicéas, de 5 à 6 hectares, situé sur une tourbière, dans laquelle certains travaux d'assainissement avaient été effectués autrefois, ce qui avait permis à ces arbres d'acquérir d'assez belles dimensions. Mais depuis une trentaine d'années, ils semblent avoir épuisé ce sol, déjà fort pauvre, des aliments qui leur sont nécessaires. D'autre part, l'entretien des fossés d'assainissement a été négligé pendant longtemps. Aussi la croissance de ces épicéas est-elle très ralentie. La plupart de leurs aiguilles sont atteintes par le *Lophodermium macrosporum* (forme β) dont la propagation se trouve favorisée par l'humidité de cette station où la tourbe atteint, en certains points, jusqu'à 3 mètres d'épaisseur. Tous les ans, à l'automne, les aiguilles des branches inférieures de la cime, quoique distantes de 8 à 10 mètres de terre, jaunissent, brunissent et tombent souvent dès l'automne suivant. D'année en année, je vois le mal faire des progrès. Ce ne sont plus seulement les branches basses qui sont atteintes, mais encore celles du milieu de la cime. A peine si, sur les plus éprouvés d'entre eux, les deux ou trois couronnes supérieures restent indemnes. Les sujets de petite taille sont encore plus maltraités. Les branches n'ont plus d'aiguilles que sur les deux ou trois dernières pousses de chaque couronne, tandis que normalement une aiguille d'épicéa peut vivre neuf et dix ans. Aussi la croissance de tous ces arbres est-elle presque nulle. J'ai essayé divers procédés (assainissements, engrais) pour activer la végétation de ce massif et le débarrasser ainsi de cette affection. Le résultat a été sensible dans les quelques endroits où les essais ont eu lieu, mais le prix de semblables travaux, étant très élevé, quand ils sont étendus à de grandes surfaces, j'ai préféré remplacer, dans les parties les plus défectueuses, les épicéas par des pins sylvestres et des pins Weymouth qui y prospèrent. Le pin sylvestre est cependant très exposé, dans les sols humides, à être atteint par le *Lophodermium pinastri*.

Mais, de même que l'épicéa et le sapin, il l'est surtout quand sa végétation est défectueuse. Or j'ai constaté qu'il a une croissance assez active dans les terrains tourbeux, qui ont été assainis, fût-ce même assez superficiellement, quelques années auparavant. A ce titre, il est précieux pour le boisement des nombreuses tourbières des Hautes-Vosges.

C'est donc en ménageant aux épicéas de bonnes conditions de nutrition aérienne et souterraine, c'est-à-dire en les faisant végéter dans un sol qui ne soit pas trop pauvre et en les maintenant assez distants les uns des autres pour que leur cime soit toujours bien éclairée, qu'on arrivera à les préserver de la maladie causée par le *Lophodermium macrosporum* qui, si elle cause rarement la mort de grands arbres dans les conditions habituelles, peut cependant dans certaines situations, telles que celle qui vient d'être décrite, entraîner le dépérissement d'un massif, en tout cas faire tomber prématurément les aiguilles et nuire par là à la croissance dans une mesure qui n'est pas négligeable, en raison de la permanence du mal (1).

Au terme de cette étude, qu'il me soit permis d'opérer un rapprochement entre cette maladie et la tuberculose. L'une et l'autre s'attaquent aux organismes affaiblis, l'une et l'autre se traitent par une bonne alimentation destinée à accroître la vigueur de ces organismes et par suite leur résistance ainsi que par un isolement relatif, ayant pour but de faire mieux participer aux influences atmosphériques les êtres qui en sont atteints et de les soustraire le plus possible aux causes de contagion, bien que celles-ci aient, dans les deux affections, moins d'importance que le terrain.

(1) Dans une propriété, située en Lorraine allemande où j'avais planté des épicéas, il y a une trentaine d'années, plusieurs de ces arbres, principalement de ceux que j'avais associés à des essences feuillues, ont succombé, vers l'âge de vingt ans, après un dépérissement assez rapide. Leurs aiguilles tombaient, après avoir bruni, et présentaient les symptômes de la maladie de la défoliation. Elles étaient mycélières, mais je n'y ai jamais rencontré de fructifications et je n'ai pu en faire développer expérimentalement. Ces arbres se trouvaient dans une terre franche assez argileuse et compacte qui semblait peu leur convenir, car ils montrèrent bientôt des signes d'affaiblissement, tels que la production précoce des cônes.

NOTE SUR L'AGE ET L'INDUSTRIE

PALÉOLITHIQUE

DES

GROTTES D'ISTEIN

(GRAND-DUCHÉ DE BADE)

par M. Mathieu MIEG

Les recherches et les fouilles que j'ai entreprises dans les grottes d'Istein depuis l'année 1901, les découvertes récentes faites dans ces grottes, actuellement au nombre de neuf, me permettent de compléter les notes précédemment publiées ⁽¹⁾ par des observations nouvelles et de donner un travail d'ensemble sur cette intéressante station.

Situation

Les grottes d'Istein sont situées à la pointe du Hardberg, vers le milieu d'une falaise de calcaire rauracien exploité pour un four à chaux nouvellement construit, adossé à la carrière. Le niveau des grottes inférieures est à environ 18 mètres au-dessus de la route d'Effringen et à environ 30 mètres au-dessus du niveau actuel du Rhin. Un premier groupe de grottes, 1, 2, 3, 5, 9, se termine au sud-est par deux autres, 4 et 7, tandis que les grottes

(1) *Note sur une station de l'époque paléolithique découverte à Istein* (grand-duché de Bade) [*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, 1901]; *Sur l'âge et la faune de la station préhistorique d'Istein* (grand-duché de Bade), par M. Mathieu Mieg et H.-G. STEHLIN (*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, série III, t. IV, fasc. I, 1903); *Station préhistorique de Kandern* (grand-duché de Bade) [*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, série III, t. IX, fasc. II, 1908].

6 et 8 se rencontrent dans une paroi de rocher au nord-ouest du premier groupe (Voir figure page 65).

Les grottes, en général de petite taille, d'environ 3 à 4 mètres de largeur, sur environ 2^m 50 de hauteur et environ 2^m 50 de profondeur, correspondent à d'anciennes fissures agrandies par les eaux d'infiltration ayant circulé dans le calcaire. Un remaniement partiel par les courants postglaciaires s'est produit dans les grottes inférieures 1, 2, 4, 7, 8, postérieurement à leur habitation, les dépôts sableux ont envahi les grottes jusqu'à la ligne *ab*. Une grande poche en forme d'entonnoir *e*, de 1^m 20 de profondeur, remplie de sable, contenait dans son milieu des silex bruts et taillés, des ossements d'animaux, fragmentés, provenant de la grotte n° 8, et par-dessus, quatre molaires bien conservées d'*Elephas primigenius* Blum., et d'autres ossements d'*Elephas* provenant sans doute du même animal.

La grotte n° 8 contenait, au-dessus du foyer resté en place dans le fond de la grotte, une couche de sable fin de 5 centimètres d'épaisseur renfermant une dent de lait de *Rhinoceros tichorhinus* Cuv., une dent et plusieurs fragments de dent de cheval. A côté de la grotte 8, une petite poche remplie de sable *g* contenait un grand marteau perforé, fait avec un caillou roulé de quartzite de 18 centimètres de longueur.

Les travaux de déblaiement et d'exploitation exécutés le long de la route d'Effringen, à côté du nouveau four à chaux, ont mis à jour sur une assez grande longueur, et sur 18 mètres environ de hauteur à partir de la route, une série de cuvettes arrondies et d'érosions longitudinales avec remplissage de sable et de gravier amenés par les courants postglaciaires qui ont fortement corrodé et attaqué le pied de la falaise de calcaire rauracien dans laquelle se rencontrent les grottes.

La grotte n° 9, située au niveau le plus élevé de la falaise, à 5 mètres au-dessus du niveau des grottes inférieures, contenait des stalactites et des stalagmites dont le plancher de la grotte était recouvert d'une couche épaisse d'environ 10 centimètres.

Les plus belles de ces stalagmites atteignaient jusqu'à 23 centimètres de hauteur. C'est sous cette croûte de stalagmites, et dans cette seule grotte, que se sont rencontrés, au milieu du foyer, deux dessins d'ornement exécutés sur pierre et des fragments

d'os portant des rayures intentionnelles dont il sera question plus loin.

Faune et industrie paléolithique rencontrées dans les grottes

La faune des cavernes d'Istein décrite dans une précédente note publiée en collaboration avec M. Stehlin⁽¹⁾ contient, outre quelques restes de poissons non encore déterminés, les espèces suivantes :

<i>Turdus spec.</i>	<i>Ursus arctos.</i>
<i>Castor fiber.</i>	<i>Sus scropha.</i>
<i>Lepus spec.</i>	<i>Cervus elaphus.</i>
<i>Mus spec.</i>	<i>Capreolus capreolus var. cfr</i>
<i>Felis lynx.</i>	<i>pygargus.</i>
<i>Canis vulpes?</i>	<i>Bovidé indéterminable.</i>
<i>Mustela martes.</i>	

Cette faune, ainsi que nous le disions comme conclusion à la note précédemment mentionnée, est une faune de forêt très pure à laquelle les circonstances géologiques assignent un âge franchement postglaciaire. La présence du chevreuil de forte taille (*Capreolus capreolus var. cfr pygargus*) lui donne un faible cachet spécial par rapport à la faune des palafittes.

Les restes d'industrie humaine rencontrés dans les grottes d'Istein ont un caractère paléolithique qui les rattache au magdalénien ; mais étant données la petite taille des silex par rapport à ceux du magdalénien, et la faune de forêt très pure qui les accompagne, je les avais considérés comme appartenant à la période de transition du paléolithique au néolithique.

J'ai complètement abandonné cette hypothèse et je partage maintenant l'opinion des archéologues français et allemands qui ont examiné récemment mes silex d'Istein ; cette industrie est franchement paléolithique, elle remonte au magdalénien supérieur et peut s'être prolongée pendant une partie de la période de transition du paléolithique au néolithique.

(1) *Sur l'âge et la faune de la station préhistorique d'Istein* (grand-duché de Bade) par MM. Mathieu Mège et H.-G. STEHLIN.

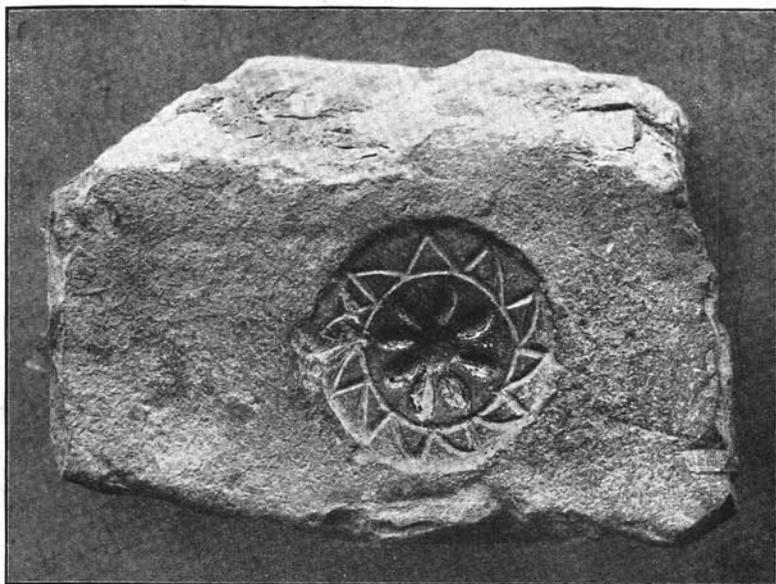


Fig. 1.

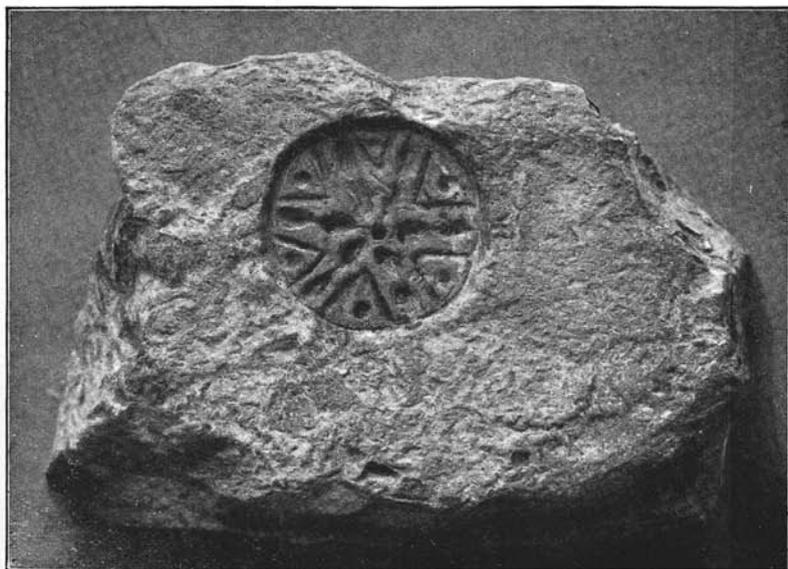


Fig. 2.

Les instruments en silex des grottes d'Istein présentent une série de formes typiques de la fin de l'époque magdalénienne; ce sont surtout des burins, incurvés, avec retouche terminale (planche I, fig. 6, 7, 8, 9, 11); burin latéral, incurvé, avec retouche terminale (planche II, fig. 13); burin double (planche II, fig. 14); des lames à dos rabattu (planche II, fig. 19, 20); des lames de canif (planche II, fig. 15, 16, 17); lame avec deux burins latéraux et retouche terminale (planche I, fig. 12^a); lame avec bec (planche I, fig. 5); grattoirs simples (planche I, fig. 1 et 2); coche-grattoir (planche I, fig. 4).

Les grottes et fissures du calcaire rauracien de la Kachelflue, près de Kleinkems (1) contiennent une industrie paléolithique absolument semblable à celle des cavernes d'Istein; on y rencontre en effet des burins latéraux, avec retouche terminale (planche II, fig. 23, 24, 25); lame de canif (planche II, fig. 21); coche-grattoir (planche II, fig. 22).

Ces burins, ces lames à dos rabattu, lame de canif, etc., sont caractéristiques du magdalénien supérieur (2). Ces types sont analogues à ceux du magdalénien supérieur (*spät magdalénien*) des cavernes des Alpes souabes, de *Propstfelsen*, vallée du Danube, *Hohlefels*, près Hütten, *Schmiechenfels* (3), vallée de l'Ach, fouillées dans ces dernières années par le D^r R. Schmidt, de Tubingue. D'après ce savant archéologue, les travaux les plus fins de l'art magdalénien y font défaut, la culture est celle de la fin de l'époque diluvienne et se rapproche de l'époque géologique actuelle. Tous ces types appartiennent cependant encore aux formes de la dernière époque paléolithique et ne se retrouvent plus à l'époque néolithique.

Outre les restes d'industrie paléolithique précédemment décrits, les grottes d'Istein n'avaient fourni jusqu'à présent, outre quelques poinçons en os et une pointe de harpon en os, signalée

(1) *Stations préhistoriques de Kleinkems* (grand-duché de Bade) [Bull. Soc. des sciences de Nancy, série III, t. V, fasc. I, 1904].

(2) Les burins, lames à dos rabattu, certains grattoirs avec becs, rappellent bien à première vue ceux de l'aurigüacien, mais les types caractéristiques font absolument défaut.

(3) Rob. hud. SCHMIDT, *Der Sirgenstein und die Eiszeitlichen Kulturepochen Schwabens*. Je profite de l'occasion pour remercier M. le D^r Schmidt du bienveillant concours qu'il a bien voulu me prêter pour ce travail et l'exécution des planches qui l'accompagnent.

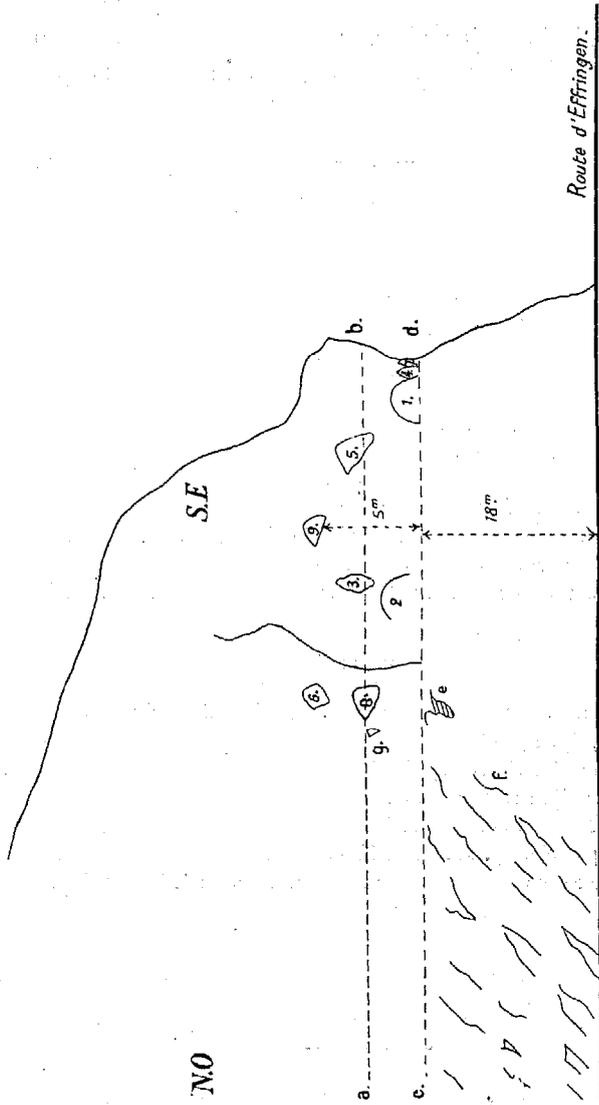
par le professeur Schœtensack⁽¹⁾, aucune trace de gravure sur pierre ou sur os pouvant se rapporter à l'époque magdalénienne. Les fouilles exécutées dans la grotte n° 9, située à environ 5 mètres au-dessus du niveau des grottes inférieures, ont permis de combler cette lacune; le foyer de cette grotte, au-dessous d'une couche de stalagmites d'environ 10 centimètres d'épaisseur, contenait, avec des silex taillés et des restes d'animaux, plusieurs fragments d'os portant des rayures intentionnelles faites dans un but d'ornementation. La pièce la plus intéressante est un fragment de grès calcaire, de 8 centimètres de longueur, d'environ 25 millimètres d'épaisseur, sur 45 millimètres de largeur, portant sur chacune de ses faces un dessin d'ornement en creux, de 25 à 30 millimètres de largeur. Le premier de ces dessins (fig. 1) profondément gravé, porte en son milieu une rosace et deux cercles concentriques entre lesquels est inscrit un zigzag, le tout ayant un aspect décoratif. Le second de ces dessins (fig. 2) représente un cercle avec un ornement à six branches décoré en son milieu d'une petite étoile et de points en creux entre les branches.

Conclusions

Bien que certains instruments typiques de l'époque magdalénienne, comme harpons à deux rangs de barbelures, ciseaux en bois de cerf, fassent défaut à Istein, on peut dire que ces grottes ont été habitées depuis le magdalénien supérieur, leur industrie étant franchement paléolithique et se rattachant à cette époque. Les rares gravures ou ornements sur os et sur pierre qu'on y rencontre, indiquent un art en complète décadence et semblent bien se rattacher à cette période de la fin du magdalénien. La faune de forêt très pure des cavernes d'Istein, l'aspect poli ou usé

(1) La pointe de harpon, signalée et dessinée par le Dr Otto SCHÖTENSACK, provient d'une grotte située entre Istein et Effringen, à proximité de ma station d'Istein, fouillée pour le compte du musée grand-ducal d'antiquités et d'ethnographie de Carlsruhe, par le professeur K. SCHUMACHER. Ce fragment de harpon qui porte le caractère d'un instrument typique de l'époque magdalénienne se trouve à l'Institut géologique de Fribourg en Brisgau. Voir SCHÖTENSACK : *Ueber die Gleichzeitigkeit der menschlichen Niederlassung aus der Rentlierzeit im Löss bei Münzingen unweit Freiburg. B. und der paläolithischen Schicht von Thäingen und Schweizersbild bei Schaffhausen (Archiv für Anthropologie. Neue Folge. Band I, Heft 2, 1903, p. 76, fig. 4 a et 4 b).*

Un fragment de harpon, moins typique, provenant des grottes d'Istein, se trouve dans mes collections.



ab Niveau atteint par les dépôts sableux amenés par les courants postglaciaires.
cd Niveau inférieur des grottes, à 18 mètres au-dessus de la route d'Efringen, à environ 30 mètres au-dessus du niveau actuel du Rhin.
e Poche sableuse en forme d'entonnoir avec molaires d'*Elephas primigenius*, silex taillés et ossements provenant de la grotte n° 8.
f Érosions longitudinales et en forme de cuvette à côté du four à chaux.

par le frottement de quelques silex ou objets en os, tendent à prouver que l'habitation de ces grottes s'est prolongée depuis le magdalénien supérieur, pendant une partie de la période de transition au néolithique, jusqu'à une époque où ces abris ont été rendus inhabitables par les crues et les inondations postglaciaires.

Explication des planches

PLANCHE I

Grattoirs simples, fig. 1 et 2. Istein.

Petit grattoir, fig. 3. Istein.

Coche-grattoir, fig. 4. Istein.

Lame avec bec, fig. 5. Istein.

Burins incurvés avec retouche terminale, fig. 6, 7, 8, 9, 11. Istein.

Burin avec retouche terminale, fig. 10. Istein.

Lame avec deux burins latéraux et retouche terminale, fig. 12^a. Istein.

PLANCHE II

Burin latéral incurvé avec retouche terminale, fig. 13. Istein.

Burin double, fig. 14. Istein.

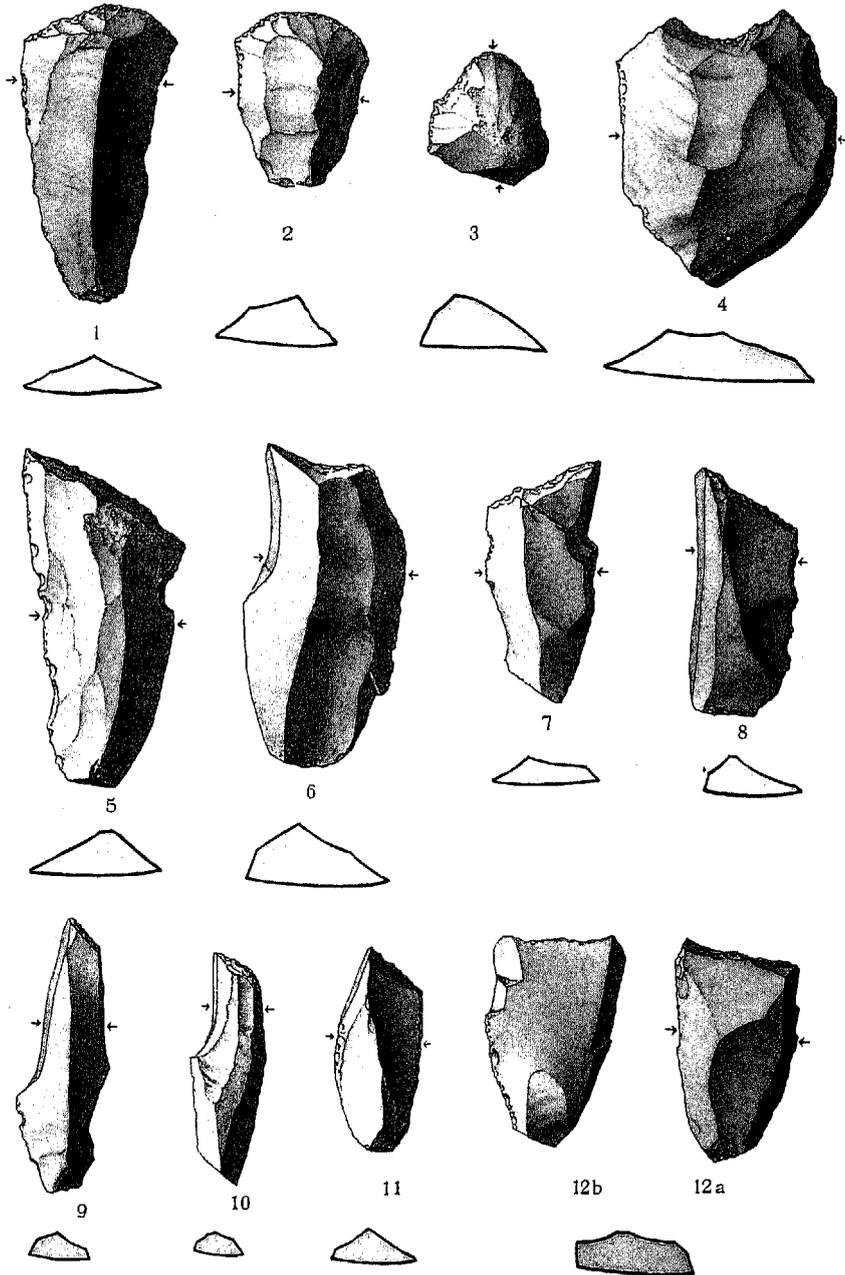
Lames de canif, fig. 15, 16, 17. Istein.

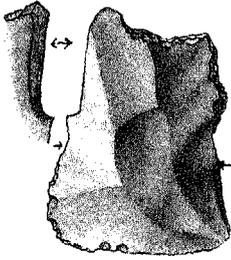
Lame de canif, fig. 21. Kachelflue.

Lames à dos rabattu, fig. 19, 20. Istein.

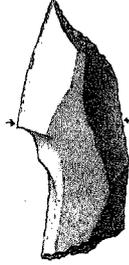
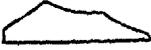
Petite coche-grattoir, fig. 22. Kachelflue.

Burins latéraux avec retouche terminale, fig. 23, 24, 25. Kachelflue.

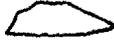




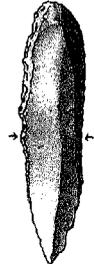
13



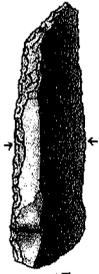
14



15



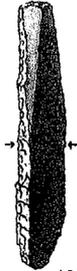
16



17



18



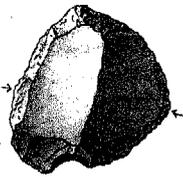
19



20



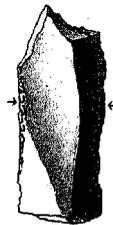
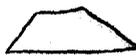
21



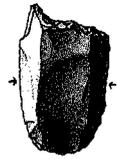
22



23



24



25



ORIGINE ET MODE DE FORMATION
DU
MINÉRAI DE FER OOLITHIQUE
DE LORRAINE

Par M. Stanislas MEUNIER

PROFESSEUR AU MUSÉUM, MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ

Depuis de longues années mon attention s'est portée sur l'étude des gisements de limonite oolithique, dont l'exemple le plus classique se présente dans le département de Meurthe-et-Moselle, et cette préoccupation m'a conduit à concevoir une opinion précise quant à l'origine et au mode de formation de cette intéressante substance.

J'ai opéré successivement par l'observation et par l'expérience synthétique et les résultats auxquels je suis parvenu peu à peu me paraissent d'autant plus acceptables que d'autres auteurs les ont, après moi, formulés plus ou moins complètement, de leur côté, pour des localités et pour des gisements divers.

I — Le Gisement

C'est en 1834 que l'exploitation du minerai de fer oolithique a commencé en Meurthe-et-Moselle. Le premier haut fourneau a été construit en 1837 auprès de Chavigny. Toutefois, il paraît résulter de divers documents que, dès une bien plus grande antiquité, remontant peut-être au cinquième siècle de notre ère, les minerais toarciens étaient déjà traités dans des forges à bras.

On a recueilli de tous les côtés des vestiges de laitiers et de scories d'affinage parfois accumulés en volumineux « ferriers ». Le déblaiement de ces résidus a fourni des armes antiques, des débris d'outils, des tuiles, des vases très caractéristiques et même quelques statuettes en bronze et des monnaies. On a plus d'une fois traité ces ferriers au haut fourneau, comme de simples minerais encore rémunérateurs.

Progressivement, la production métallurgique a augmenté très rapidement et, maintenant, le minerai de fer oolithique joue dans l'économie générale du département de Meurthe-et-Moselle un rôle tout à fait remarquable. Il jalonne d'une manière presque exacte, par exemple auprès de Nancy, le contact mutuel du lias marneux au profil très doux et des falaises abruptes superposées de calcaire bajocien. On peut donc, même de loin, avoir une première idée de la continuité et de l'importance des gîtes : il est vrai qu'ils varient de richesse suivant les points, à peu près comme varient les sources placées à l'affleurement du contact mutuel d'un terrain perméable et d'un substratum étanche.

La formation ferrugineuse, dont les affleurements forment une demi-ceinture dans le nord et dans l'est de l'arrondissement de Briey, plonge vers l'intérieur avec un pendage général de l'ouest-sud-ouest et s'enfonce en augmentant de puissance à des profondeurs croissantes sous le bajocien et le bathonien. Les épaisseurs des terrains superposés approchent de 300 mètres vers l'ouest où la formation pénètre dans le département de la Meuse.

De proche en proche, les sondages ont démontré son existence sur 40 kilomètres du nord au sud et sur 24 kilomètres de l'est à l'ouest, soit sur une superficie de 54.000 kilomètres carrés. M. Rolland, en 1898, en a tracé approximativement la limite occidentale : « Elle figure, dit-il, trois grands promontoires allongés vers l'ouest et le sud-ouest. Au nord, c'est l'ancien *bassin de Longwy* où existe un premier groupe de concessions, dont une grande partie des minerais a déjà été extraite et qui, en y adjoignant quelques concessions récentes au sud-est, représente 10.622 hectares. Au centre et au sud, c'est le nouveau *bassin de Briey*, où l'on peut distinguer deux régions : la région méridionale de Briey, Conflans, Batilly, est dite parfois *bassin de l'Orne*; elle possède un second groupe de concessions accordées à la suite des sondages de 1882 et 1886 et comprenant 16.147 hec-

tares; on y retrouve déjà deux sièges d'extraction par puits à Jœuf et près d'Homécourt et trois autres en préparation à Auboué, Homécourt et Moutiers. La région centrale, enfin, d'Avril à Audun-le-Roman et à Baroncourt, que M. Rolland appelle *le bassin d'entre Moselle et Meuse*, découverte depuis 1892, ne présente pas moins de 22. 000 hectares exploitables⁽¹⁾. »

Cette formation affleure suivant une large zone qui s'étend d'abord de l'ouest à l'est, au travers de toute la région de Longwy, ainsi que sur la bordure limitrophe de la Belgique et dans le Luxembourg, puis qui, tournant à angle droit et se dirigeant du nord au sud, règne en Lorraine annexée, le long de la frontière jusqu'au delà de Metz et se retrouve plus loin dans la région de Nancy.

Le dépôt varie comme puissance et aussi comme nombre de couches. Sa plus grande puissance est entre Hussigny, Villerupt, Ottange et Esche. A la Côte Rouge, il atteint 27 mètres et l'on peut y voir cinq couches toutes exploitées, représentant ensemble 16 mètres de minerai. On peut, dans certaines directions, les suivre fort loin et on constate alors très fréquemment des amincissements progressifs et souvent très rapides: il en résulte la notion certaine de la forme lenticulaire des couches. La même disposition se retrouve dans les couches associées, même les plus stériles.

Les couches minces sont seules bien homogènes: dès que l'épaisseur est notable, on y voit une association de bancs différenciant les uns des autres.

L'argile et la marne y forment des veines et des veinules discontinues parallèles à la stratification; ou encore des mouches et des nodules plus ou moins larges et dont l'écartement varie suivant les cas.

Le plus généralement chaque couche de minerai est de structure complexe, comprenant des bancs qui varient par l'épaisseur, par l'étendue horizontale et par la couleur (c'est-à-dire par la composition). Il y a, de toutes parts, des ramifications capricieuses de veinules d'argile, des accumulations en forme de rognons de marnes ou de calcaires, des concrétions variées et en

(1) Georges ROLLAND, *Sur les gisements de minerai de fer oolithique du nouveau bassin de Briey (Meurthe-et-Moselle)* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXXVI, 285, 1898).

particulier des boules creuses formées de limonite et renfermant du sable plus ou moins meuble (1).

Fréquemment, on y trouve des fossiles et spécialement des coquilles ou d'autres débris animaux parfaitement déterminables (au point qu'ils permettent de déterminer les horizons stratigraphiques) malgré leur profonde modification chimique : ils consistent souvent en limonite plus ou moins pure et exploitable (2). Il en est de même pour des fragments de bois où le microscope retrouve des délinéaments de structure histologique et qui nous présentent un exemple classique de ferruginification.

Il est impossible de se faire une idée complète des gisements de fer oolithique de Lorraine sans mentionner les *mines de fer fort* qu'on trouve très communément en leur voisinage. On désigne ainsi des poches de forme extrêmement variée, ouvertes dans des masses calcaires par le moyen d'une érosion tout à fait incontestable et qui sont remplies de limonite plus ou moins concrétionnée et tuberculeuse, dérivant sans aucun doute d'un remaniement souterrain du fer oolithique ou des roches qui lui sont associées : Saint-Pancré et Aumetz peuvent être cités comme des points classiques pour le *fer fort*.

En de très nombreuses localités, comme Chavigny, Malzéville, Lay-Saint-Christophe, Arnaville, etc., on rencontre, dans les fissures du bajocien, des minerais de fer en grains de grosseurs différentes, disséminés dans des argiles ferrugineuses et sableuses. Tous ces points ont eu une période d'exploitation, et des hauts fourneaux s'étaient élevés dans leur voisinage ; actuellement ils sont abandonnés.

On peut signaler encore les environs de Pont-à-Mousson comme présentant, dans la masse même du calcaire bajocien, un niveau bien caractérisé d'oolithes ferrugineuses. La couche, qui a parfois 50 centimètres, repose sur des marnes très pauvres en fer et elle paraît avoir été exploitée anciennement en divers points, comme le bois de Grenet, entre Martincourt et Rogéville.

L'arrondissement de Nancy est beaucoup moins riche en gisements de fer en grains que celui de Briey. On n'y voit plus

(1) Pour l'origine de ces nodules creux dont le type est l'*Élite* ou *Pierre d'aigle* des anciens naturalistes, voir : STANISLAS MEUNIER, *Le Naturaliste*, XIV, 231, 1900.

(2) Les carrières désignent ces bancs sous le nom de « coquillages » et ils y trouvent des repères stratigraphiques.

guère d'exploitation : Saint-Pancré est la localité où le travail a persisté le plus longtemps ; elle avait été florissante dans un très grand nombre de points.

Le gisement est caractérisé, avant tout, par l'abondance d'une terre argileuse rouge qui se présente avec évidence comme un produit de rubéfaction et de décalcification dérivant des calcaires bajociens sous-jacents : en effet, la surface de ces calcaires est profondément érodée et souvent la roche est traversée de couloirs plus ou moins rectilignes, à parois verticales, et orientés d'une façon grossièrement régulière. Ainsi, aux environs mêmes de Saint-Pancré, les directions de beaucoup les plus fréquentes sont l'une N-2° 1/20 et E-21° N ; elles se recoupent en beaucoup de points et sont parallèles aux joints qui traversent les roches du pays.

L'argile, plus ou moins sableuse suivant les points, se divise au moindre choc en blocs pseudo-réguliers à surfaces lisses très fréquemment enduites de manganite parfois dendritiforme. La cassure est conchoïde et la ressemblance est intime avec les argiles de décalcification si fréquente dans les portions étroites et profondes des puits naturels traversant le calcaire grossier de Paris, au-dessous du diluvium rouge (Ivry, Arcueil, Auvers, etc.)⁽¹⁾.

C'est dans ces argiles que le minerai de fer est disséminé, soit en pisolithes, soit en rognons de volume et de forme très variables et généralement caverneux. La poussière en est tantôt jaune, tantôt rouge-brun, d'après l'état d'hydratation du fer et quelquefois aussi d'après la proportion de manganèse. La gangue est constamment quartzeuse : le quartz tapisse des géodes en plein minerai ; il constitue aussi des blocs de taille parfois notable et dont on a fait du macadam.

II — La Composition chimique des Minerais

La substance essentielle du minerai est de la limonite globuliforme en ovoïdes, ne mesurant pas plus de 1/2 à 1/4 de millimètre de diamètre et qui sont reliés les uns avec les autres par une argile sableuse, parfois calcaire, parfois siliceuse et toujours ocreuse, disposée en couches régulières.

(1) Stanislas MEUNIER, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 29 mars 1875.

Cette argile, qui recouvre en beaucoup de points le niveau oolithique, est très fréquemment passée elle-même à l'état de minéral, par le mélange de nodules de grosseur très variée, de plaquettes ou de concrétions de limonite. C'est cette nouvelle variété, très différente de la précédente, qui est connue dans la région sous le nom de *fer fort*, ainsi que nous l'avons déjà dit.

D'après de nombreuses analyses, sa composition est celle du peroxyde de fer hydraté (ou limonite) avec mélange de nombreuses substances, parmi lesquelles dominent la silice, l'alumine et plusieurs autres.

On peut, comme moyenne, choisir les chiffres donnés par Braconnier (*) pour le minéral de fer de Laxou :

Silice.	6,7
Alumine	2,8
Peroxyde de fer	75,2
Chaux	0,3
Acide phosphorique	1,6
Perte au feu (eau)	13,3
Total.	99,9

On y trouve une petite quantité de matière organique.

Les variantes à cette composition sont extrêmement nombreuses et elles sont surtout intéressantes par leur rattachement évident à des causes d'altération venant de la surface. C'est ainsi que les échantillons extraits d'une grande profondeur sont plus généralement carbonatés et renferment du fer sulfureux (pyrite ou marcasite suivant les cas).

D'un autre côté, les matériaux associés au minéral et qu'on peut comparer à des gangues, sont en proportions fort inégales d'après des circonstances qu'on ne découvre pas tout de suite. C'est ainsi que, d'une manière générale, les échantillons pris à l'ouest du bassin de Briey sont riches en silice, tandis que ceux qui proviennent de l'est du même bassin sont plutôt calcaires.

La quantité d'alumine non saturée par la silice et à l'état d'hydrate assez comparable à la bauxite, est très inégale d'une région à l'autre. Parfois on a été conduit à la supposer à l'état d'aluminate de fer et même de silico-aluminate (chamosite ou

(*) *Description des terrains qui constituent le sol du département de Meurthe-et-Moselle*, 1 vol. in-8. Nancy, 1879, p. 174.

chlorite) comme dans le minerai d'Hayange, aux environs de Metz.

En étudiant avec un soin suffisant de nombreuses variétés de minerai, on arrive à reconnaître que cette complexité de composition tient avant tout à la complication de l'histoire de la substance étudiée, laquelle a traversé des phases extrêmement différentes les unes des autres et que nous essaierons de reconstituer un peu plus loin.

Bornons-nous pour le moment à dire que, dans la région de Meurthe-et-Moselle, la distinction s'impose presque d'elle-même entre trois niveaux superposés : sous une zone marneuse et micacée qui sert de substratum aux calcaires bajociens, on observe un étage dit *couche rouge* ; plus bas, se présente la *couche grise* et enfin la *couche noire*. Ces nuances sont loin d'être fixes, parce qu'il y a eu à maintes reprises des suintements dont l'effet a été d'altérer progressivement la composition des minéraux primitifs. Ainsi on connaît, en certains points de la partie la plus inférieure, une couche verte dont la composition, qui rappelle celle de la chamosite de Cordier, est essentiellement différente de celle des couches superposées et qui pourrait, à la faveur d'altérations convenables, retourner à l'état de limonite.

On n'est donc pas étonné de constater que la couleur des grains de minerai est très variable dans les diverses régions du gisement : le jaune mat, le jaune-brun brillant, le jaune-rougeâtre sont les couleurs les plus ordinaires ; ces grains peuvent aussi être rouges, rouge-brique, verdâtres et bleuâtres.

A mesure qu'on s'éloigne de la surface du sol, la couleur des grains se fonce : elle passe au brun, au violacé, puis au vert ou au bleuâtre. En même temps la proportion du sesquioxyde de fer diminue et celle du protoxyde augmente.

On remarquera que le phosphore figure d'une manière très fréquente dans la composition du minerai qui nous occupe. Les couches de minerai oolithique du toarcien de Lorraine (et il en est de même pour la suite de la formation dans le grand-duché de Luxembourg) renferment 0,006 d'acide phosphorique, c'est-à-dire 0,003 de phosphore. Il en est exactement de même pour le minerai de Cleveland du même niveau en Angleterre. Et c'est peut-être le cas de remarquer qu'à bien d'autres horizons géologiques les minerais de fer se signalent par leur richesse en

phosphore. On a calculé que, de ce chef, et en ne considérant que la France, la Belgique et l'Angleterre, il passe annuellement 30.000 tonnes de phosphore par les hauts fourneaux : il ne faut pas beaucoup d'années pour que cette quantité représente la somme de phosphore contenue dans la population humaine tout entière.

Enfin, il est intéressant, à propos du fer sulfuré mentionné tout à l'heure, de constater que la pyrite existe en particules indiscernables surtout dans les minerais bruns, verts et bleus. Elle y forme souvent des veinules visibles et peut même se présenter en cristaux nets atteignant un centimètre de côté.

Dans les parties voisines de la surface, cette pyrite s'est oxydée et a donné du gypse aux dépens de calcaire voisin : on ne trouve plus dans le minerai que de faibles traces de soufre.

Assez souvent, l'oxyde de manganèse se signale par la nuance noirâtre de taches dans les joints naturels de division.

Comme autres substances, il faut mentionner la magnétite et des corps métalliques comme la blende (*) et la galène avec leur gangue si fréquente de barytine, les unes et les autres le plus souvent en particules indiscernables et pouvant se présenter exceptionnellement sous la forme cristalline. L'analyse révèle partout de l'arsenic et du titane.

Ajoutons que la gangue du minerai est variable, siliceuse, argileuse ou calcaire. Les minerais siliceux sont souvent friables parce qu'ils sont sableux : le quartz en constitue la gangue sous la forme de grains arrondis, translucides, atteignant parfois la grosseur d'un grain de millet. La gangue argileuse est toujours très ferrugineuse.

D'après Braconnier (p. 174), elle donne à l'analyse :

Silice.	15,7
Alumine.	9,6
Peroxyde de fer	54,3
Chaux	7,2
Magnésie	0,6
Acide phosphorique	0,4
Perte au feu.	12,1
Total	99,9

Mais ces chiffres varient beaucoup d'une variété à une autre.

(1). On peut ajouter que de notables quantités de zinc métallique ont été, à diverses reprises, découvertes dans les maçonneries des hauts fourneaux démolis ou soumis à des réparations.

III — Structure caractéristique du Minerai

Un des traits les plus remarquables du minerai qui nous occupe concerne sa structure qui est essentiellement *oolithique*. A cet égard, il est de première nécessité de bien préciser la définition de cet état morphologique, car on s'est fréquemment servi de la même expression pour qualifier des choses absolument différentes.

Certains auteurs ont, en effet, appelé *oolithiques* des roches constituées par l'agglutination de petits grains pierreux ayant environ la grosseur des « œufs de poisson » et pouvant avoir les origines les plus diverses. C'est ainsi que, il n'y a pas beaucoup d'années, un géologue affirmait avoir reconnu autour de Paris une demi-douzaine de niveaux oolithiques : parce qu'il confondait sous ce même nom des roches globulifères de catégories fort diverses et même, dans le nombre, des produits d'agglutination de petites algues calcaires sphéroïdales.

Ce qui constitue la structure oolithique, c'est d'être à la fois *concentrique* et *rayonnante*. Elle est portée à son maximum dans maint calcaire et peut se retrouver dans beaucoup d'autres roches : pour la bien voir, il faut tailler des lames minces passant par le centre des oolithes et les observer au microscope.

On reconnaît alors que les couches concentriques, formées d'éléments cristallins convergeant vers le centre, sont ordonnées autour d'un point central que Bleicher a étudié (1). Ce grain consiste souvent, et spécialement dans les échantillons provenant de Ludres, de Malzéville et de Chaligny, en un débris lui-même pénétré de limonite provenant d'une coquille de mollusque, d'un squelette de bryozoaire ou d'un test de foraminifère. Il arrive que la détermination n'en puisse être précisée.

Il est commode, pour pénétrer plus avant dans l'examen de la structure des oolithes, de les faire macérer dans des acides étendus d'eau, ou dans des acides concentrés, voire dans les mélanges d'acides les plus actifs, comme est l'eau régale (mélange d'acides chlorhydrique et azotique), à des températures diverses. On est intéressé en constatant, à la suite de Bleicher, qu'en opérant ainsi

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXIV, 590, 1892.

on peut décolorer complètement l'oolithe, tout en lui laissant sa forme et sa structure⁽¹⁾. Ce produit est presque incolore et on peut le tailler en lames minces.

L'ensemble a une apparence comparable à celle des grains d'amidon; la matière n'est pas cristalline, mais elle renferme de petits corpuscules, qui sont peut-être de nature siliceuse.

Tous ces détails de structure se retrouvent sans variante, mais avec des dimensions plus favorables à l'étude, dans les pisolithes du fer fort et de tous les dépôts dits *sidérolithiques*. Nous en avons étudié beaucoup au Muséum, provenant des départements du Cher et du Jura ainsi que de divers pays étrangers. Il en résulte que le volume des oolithes peut passer à celui des vraies pisolithes, sans qu'il s'ensuive la moindre modification de structure, pas plus d'ailleurs que de composition.

Il importe enfin d'ajouter que les oolithes de limonite ne se trouvent pas seulement, dans la formation qui nous occupe, en amas associés seulement à des argiles ou à des sables, mais qu'on en rencontre encore qui sont disséminées, avec une abondance variable, en pleine masse de beaucoup de roches calcaires. Ces calcaires peuvent être blanchâtres ou jaunâtres et on y voit çà et là de petits globules ocreux qui sont tout à fait identiques à ceux dont l'accumulation constitue les couches des minerais.

Ajoutons que dans les oolithes, les matières associées à la limonite sont pour l'ordinaire ocreuses comme les argiles ou les masses sableuses. On peut y trouver des fossiles, parfois même extrêmement abondants, et qui sont formés de limonite dans toute leur masse. C'est le cas très souvent observé pour des ammonites (Am., *Aalensis*, Ziet), pour *Belemnites tripartitus*, Schlot., *Gryphea ferruginea*; Terq., *Ostrea balceola*; Ziet., *Trigonia navis*; Lam., *Cardium subtruncatum* d'Orb., etc.

Ce sont des détails dont il faudra tenir le plus grand compte au point de vue de la théorie.

(1) Une belle pisolithe de 6 millimètres de diamètre, provenant de Cochinchine, et dont (la forme sphéroïdale primitive et la structure concentrique étaient parfaitement conservées) m'a donné de cette manière une substance renfermant :

Silice	82,50
Alumine	7,87
Sesquioxyde de fer	2,58
Eau	4,25
Total	97,45

IV — Origine et mode de formation du Minerai

Il nous reste maintenant à combiner les résultats procurés par nos études précédentes quant au gisement, quant à la composition et quant à la structure du minerai oolithique, en vue de déterminer l'origine et le mode de formation qu'il convient de lui attribuer.

C'est un sujet qui a déjà été traité par un grand nombre d'auteurs et nous devons tout d'abord résumer très rapidement quelques-unes de leurs conclusions.

On a souvent, et tout naturellement, appliqué à ce problème le point de vue ordinaire de l'ancienne géologie, qui consiste à rattacher tous les caractères d'une formation aux conditions régnant au moment même de son dépôt.

Braconnier⁽¹⁾ prétend tirer une notion d'origine de la forme même des couches. Suivant lui, leur disposition lenticulaire « s'explique très bien lorsque l'on reconnaît que le dépôt de minerai s'est effectué sous la mer sur les bords d'un grand golfe situé à l'est du grand bassin jurassique parisien. La forme lenticulaire, signalée ci-dessus, est analogue, ajoute-t-il, à celle des bancs de sable et de vase plus ou moins calcaires qui s'accumulent au fond de tous les golfes. On comprend aussi pourquoi la formation ferrugineuse, dans son ensemble, diminue généralement de puissance de la circonférence vers l'intérieur. La nature des fossiles marins qu'on rencontre en abondance dans les minerais, la présence de nombreux fragments de bois, la structure oolithique, l'obliquité des veines de calcaire formé le plus souvent de coquilles brisées et agglutinées, la disposition oblique des lits de calcaire ferrugineux sont autant de preuves à l'appui d'un dépôt littoral. L'oxyde était progressivement rejeté sur le rivage ». D'après la structure du minerai et la présence, dans sa masse, de bois ayant évidemment flotté et de tests d'animaux ayant certainement vécu dans des eaux peu profondes, on peut affirmer que les calcaires ayant été épigénisés en limonite, étaient, en effet, de formation littorale.

Cette circonstance n'a d'ailleurs qu'un intérêt extrêmement

(1) *Terrains du département de Meurthe-et-Moselle*, p. 203.

secondaire, puisque la transformation s'est faite infiniment longtemps après le dépôt et infiniment loin des conditions originelles. Il a fallu que la couche considérée ait été recouverte de dépôts plus récents et sans doute très épais qui l'ont éloignée de la surface du sol et amenée jusqu'à des régions où le degré géothermique était alors compatible avec les modifications constatées. Plus tard un soulèvement a ramené les masses vers la surface et l'érosion a supprimé une partie du recouvrement oolithique; parfois même des assises superposées à celui-ci et par conséquent plus récentes. Il est possible que, dans leur prolongement suffisamment profond, les couches toarciennes continuent à subir la réaction des circulations ferrugineuses.

Bien plus récemment, M. P. Villain⁽¹⁾ adoptant à son tour la condition littorale dominant pendant la constitution du gîte, rattache celui-ci au jaillissement de sources ferrugineuses au fond de la mer toarcienne. Selon lui, ces sources ferrugineuses sont venues de la profondeur par des fissures de l'écorce terrestre coïncidant avec des failles dont la plupart sont bien reconnues aujourd'hui. Tous les auteurs cependant semblent admettre que ces failles sont postérieures au dépôt du minerai. Mais M. Villain trouve qu'il est bien plus naturel de « supposer que les mouvements du sol postérieurs au dépôt du minerai oolithique et qui ont contribué à donner à la surface son relief actuel, se sont effectués suivant des cassures préexistantes, qui déterminaient des lignes de moindre résistance dans l'écorce terrestre ».

« Le système des cassures dans le bassin de Briey, ajoute l'auteur, semble avoir pris son équilibre à l'époque tertiaire. C'est à ce moment qu'une série d'émergences thermales a pu engendrer, par un retour d'activité de l'énergie interne, les minéraux dits *fer fort* toujours superposés au fer oolithique. L'activité des sources thermales ayant été fort variable d'un point à un autre, on s'explique aisément que les différentes couches du gisement présentent une valeur très inégale dans les différentes localités du bassin. En Lorraine, le centre principal des émissions ferrifères est situé (aussi bien pour les minerais liasiques que pour les minerais tertiaires) entre Audun-le-Tiche et Esch-sur-Alzette. Ces émissions s'expliquent par la grande faille d'Audun-le-Tiche qui

(1) P. VILLAIN, *Sur la genèse des minerais de fer dans la région lorraine* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXXVIII, 1291, 1899).

occasionne un rejet de plus de 100 mètres dans la région. Du centre d'émission principal qui devait se trouver non loin de Bonvillers, l'élément ferrugineux, qui se précipitait sans cesse dans le sein des eaux sous forme d'oxyde pulvérulent, grâce à l'apport continu des sources, s'est dispersé inégalement dans les différentes directions suivant les pentes favorables du fond de la mer. Il convient de remarquer que la théorie des *failles nourricières* donne parfaitement l'explication des faits qu'on voulait rattacher autrefois à la *théorie des affleurements*. Les bons minerais, disait-on, ne se trouvent qu'aux affleurements. Cela se comprend en observant que les érosions se sont produites principalement suivant le trajet d'anciennes failles. Quand ces failles avaient été nourricières, le cours d'eau emportait dans ses alluvions la partie du gisement comprise dans les terrains détruits qui était généralement la plus riche. Il laissait sur les flancs de la vallée des lambeaux de couches dont la minéralisation et la puissance diminuaient au fur et à mesure qu'on s'écartait de l'axe de la vallée, c'est-à-dire de la faille nourricière. »

De son côté, M. Georges Rolland a publié une théorie dont la partie essentielle peut être résumée en peu de mots : « Les minerais de fer oolithique, dit-il⁽¹⁾, sont considérés comme sédimentaires et comme contemporains des couches qui les renferment ; comme des formations littorales dont les divers matériaux étaient apportés par des eaux continentales dans des estuaires maritimes. Leurs oolithes ferrugineuses ont dû être formées (à la manière des oolithes calcaires) par la précipitation du carbonate de fer en dissolution dans les eaux marines ; les sels qui leur ont donné naissance provenaient des continents voisins et résultaient, soit de la décomposition des pyrites, soit de la décalcification des calcaires ferrugineux. Si on compare les courbes d'épaisseur et de teneur en fer, on trouve entre elles une concordance grossière permettant de dire que, le plus souvent, l'épaisseur et la teneur varient dans le même sens d'une région à l'autre. Mais parfois on observe l'inverse et il n'y a plus de relation quand on entre dans les détails ; en effet, les oolithes ferrugineuses ayant dû être distribuées dans les courants marins, on comprend que de légères variations dans l'intensité de ceux-ci aient amené par places une

(1) Georges ROLLAND, *A propos des gisements de fer oolithiques de Lorraine et de leur mode de formation* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXXXII, 444, 1901).

plus grande quantité de matière stérile ou inversement. Ma conclusion générale c'est que ces minerais sont bien de nature sédimentaire et d'origine continentale. »

Amené par le sujet général qui l'occupe à dire son opinion sur la question, M. A. Lacroix⁽¹⁾ déclare de son côté qu'il accepte volontiers « la contemporanéité de la formation des oolithes ferrugineuses et des calcaires qui les renferment et l'origine continentale du fer ».

Quant aux détails, Braconnier pense⁽²⁾ que les formes et les aspects divers de la limonite s'expliquent très bien « si l'on admet que cet oxyde a été formé par la peroxydation à l'air et la décomposition du carbonate de fer tenu en dissolution dans l'eau ».

« Lorsque, dit-il, l'oxyde de fer s'est déposé dans des golfes à ouverture étroite et par conséquent d'une eau déjà concentrée par évaporation, il se présente sous la couleur rouge vif. »

Un peu plus loin le même auteur déclare qu'on ne peut trouver l'origine du carbonate de fer ni à la surface des continents ni dans l'eau de la mer : « On est obligé d'admettre que ce carbonate a été amené par des eaux minérales venant d'une grande profondeur. Les eaux chargées d'acide carbonique, lorsqu'elles descendent, par les fissures de l'écorce terrestre, à de grandes profondeurs auxquelles règnent des températures assez élevées et de fortes pressions, sont, en effet, capables de décomposer les roches et de dissoudre une portion de leurs éléments, en ne laissant à leur place qu'un résidu plus ou moins poreux. »

Il faut cependant remarquer que les partisans de la contemporanéité du minerai et des couches qui le contiennent sont un peu embarrassés par la richesse de celles-ci en fossiles. « Le dépôt d'oxyde de fer, dit Braconnier⁽³⁾, ne paraît pas avoir chassé les animaux marins comme cela a eu lieu lors du dépôt du sel dans les golfes intérieurs. » Mais ils s'en tirent en supposant que « les couches de minerai ont dû se former tout aussi lentement que les autres sédiments ».

Quant à expliquer comment le test des coquilles peut être lui-même constitué entièrement par de la limonite qui, évidemment,

(1) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. III, p. 383. 1901.

(2) *Loc. cit.*, p. 57.

(3) *Loc. cit.*, p. 203.

s'est substituée à la matière calcaire primitive, ils n'y font pas même allusion.

Quelques-uns cependant se préoccupent d'expliquer l'état oolithique si caractéristique du dépôt.

Pour le calcaire oolithique, Braconnier émet l'avis⁽¹⁾ qu'« il paraît extrêmement probable que le calcaire oolithique s'est déposé dans des eaux animées d'un mouvement sensible de va-et-vient, les grains de sable très fins soulevés par ces eaux ont été entourés de couche concentriques du calcaire qui se précipitait de sa dissolution ». Et il est évident qu'il ne ferait pas de difficulté pour étendre à la limonite le mécanisme qu'il admet pour le calcaire.

Allant plus loin, M. Thoulet a étudié⁽²⁾ un fond marin côtier provenant de la Manche (profondeur 25 mètres) à l'est de New-Haven (latitude 50° 43' 30" N, longitude 2° 13' ouest de Paris). On y voit 6 % d'un *sable lourd* composé de nodules de limonite pisolithique dont la majorité est d'un noir brillant, le reste de couleur rouge brique mat et jaune ocreux. « Les nodules de limonite, dit l'auteur, sont identiques comme aspect aux nodules contenus dans les terrains jurassiques de Lorraine. La plupart sont *mamelonnés, noirs* et comme *vernis*. Traité microchimiquement par les acides azotique et chlorhydrique, ils donnent la réaction du phosphore et laissent un résidu de *silice gélatineuse*. Sa conclusion est « que les nodules de Lorraine pourraient avoir une origine comparable à celle de ces productions actuelles⁽³⁾ ». Toutefois, il semble, d'après cette remarque, que l'auteur ait moins en vue le fer oolithique que le *fer fort* ou sidérolithique et cependant celui-ci ne paraît guère pouvoir être rattaché à un processus marin.

Sans insister davantage sur ce côté, pour ainsi dire historique, de la question, nous allons étudier le problème d'une manière complètement indépendante des solutions qui en ont été proposées et, pour parvenir plus sûrement à notre but, nous diviserons la question en plusieurs points.

Pour commencer, considérons le point de vue morphologique

(1) *Loc. cit.*, p. 44.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, GXLV, 1241, 1907.

(3) Voir le mémoire de M. THOULET, *Études des fonds marins de la baie de Seine* in *Annales hydrographiques*, 1908-1909.

et demandons-nous comment le minéral a acquis la structure oolithique qui le caractérise d'une manière si remarquable.

On sait que, bien que cette structure soit donnée à certaines substances sous nos yeux mêmes par des dispositions géologiques très faciles à analyser, il ne semble cependant pas que ces observations actuelles soient applicables à notre sujet.

Nous faisons allusion à la concrétion du calcaire dans les eaux tumultueusement tourbillonnantes des sources bicarbonatées. A Tivoli, à Saint-Philippe de Toscane, à Hammam-Meskoutine et bien ailleurs, on voit le fond du bassin fontigénique se garnir d'une collection d'oolithes ou de pisolithes consistant dans la concrétion successive de minces feuilletés sphéroïdaux et concentriques de chaux carbonatée, autour d'un petit grain balloté dans l'eau gazeuse et qui exerce le pouvoir d'un centre d'attraction. Parfois, à la calcite vient s'associer la pyrite de fer et c'est ce qui a lieu dans la source algérienne, mais jamais rien ne se dépose ainsi qui ne soit cristallisable.

Or, l'examen des oolithes, dont les couches calcaires sont formées dans tant de régions et spécialement dans les régions jurassiques, montre du premier coup d'œil que ce procédé, si favorable, par exemple, à l'explication du Rocher des Célestins, à Vichy, ne s'applique, en aucune façon, à l'interprétation des couches marines. Il est fréquent, en effet, de trouver dans celles-ci des oolithes où la section révèle la coexistence de deux ou de plusieurs centres qui, après avoir agi séparément, se sont laissés envelopper de compagnie dans un certain nombre de revêtements communs. Ici, le procédé fontigénique est évidemment rendu tout à fait impossible, le ballotement dans l'eau devant nécessairement séparer les uns des autres les petits centres attractifs.

Du reste, on trouve très rapidement dans les couches jurassiques des fossiles de tous genres dont les cavités souvent étroites ont reçu des oolithes et parfois en grand nombre, là où les tourbillonnements eussent sans doute été impossibles comme vers l'extrémité des tours de spire des étroites Nérinées.

Il faut donc, de toute nécessité, trouver autre chose et l'observation ne tarde pas à procurer les éclaircissements dont elle est si prodigue envers qui la sait convenablement interroger. Elle montre, en effet, que maintes masses rocheuses sont, après leur solidification, le théâtre de mouvements intestins qui séparent les

matières cristallisables de celles qui sont amorphes, pour les concentrer peu à peu autour de certains points, en oolithes véritables. Sans nous attarder à l'accumulation des exemples, citons comme spécialement probante l'acquisition, par certains limons argilo-calcaires très récents, de la structure dont il s'agit. Le loess solidifié des environs de Lyon a procuré à Fournet des résultats de ce genre (1) : dans le lieudit Au-Bois, au Mont-d'Or lyonnais, il a observé des plaques lenticulaires de loess sableux et complètement solidifié, au milieu desquelles sont des oolithes de 1 à 5 millimètres, parfaitement régulières.

En maints endroits, la masse des roches calcaires présente des effets analogues. Vézian (2) a observé aux environs de Barcelone « les fissures par où sont arrivées dans ce pays les eaux pétrogéniques qui ont déterminé la formation du tuf et du travertin : elles sont remplies d'un albâtre calcaire fibreux renfermant des pisolithes de la grosseur d'un pois ou d'une noisette. La structure de ces pisolithes est à la fois concentrique et rayonnée. Dans quelques cas, cette double structure se prolonge autour des pisolithes et s'efface insensiblement dans le calcaire fibreux qui les contient ».

Sans épuiser le sujet, je peux mentionner de vraies pisolithes gypseuses que j'ai rencontrées, il y a peu d'années, dans les marnes tongriennes de Sannois (3) et qui présentent ce caractère remarquable de reproduire par des spécimens naturels, le résultat d'expériences où j'avais assisté précédemment à la cristallisation spontanée du gypse aux dépens du plâtre gâché et solidifié (4).

La conclusion de ces différents faits semble bien évidente : c'est que le calcaire oolithique doit sa structure caractéristique à un travail intestin ou moléculaire, déterminé par l'attraction mutuelle de particules possédant les mêmes caractères cristallographiques et qui se groupent en conséquence autour de certains centres d'attraction. La boue primitivement déposée dans la mer pouvait être très complexe et renfermer, outre le carbonate de chaux, une proportion plus ou moins forte d'argile, de marne, de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, XXXVII, 926, 1853.

(2) *Prodrome de Géologie*, I, 501. Paris, 1863.

(3) *Variété nouvelle du gypse de Sannois* in *Bulletin du Muséum*, XIV, 70, 1908.

(4) *Sur un cas remarquable de cristallisation spontanée du gypse* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXXVII, 942, 1903).

sable, etc. : ces corps sont restés relativement inertes pendant le déplacement de la calcite et se sont trouvés refoulés dans les interstices des oolithes à l'état de matière conjonctive ou ciment : substance parfois si abondante qu'à cause de ses qualités physiques et chimiques, les oolithes y sont disséminées à de grandes distances les unes des autres.

Le phénomène dont il s'agit, c'est-à-dire l'acquisition, par le calcaire, de la structure oolithique, se présente comme caractérisant une étape dans l'évolution normale (c'est-à-dire moyenne) des roches formées de carbonate de chaux prédominant et c'est ce que j'ai eu l'occasion de développer récemment⁽¹⁾. Ce que j'en veux retenir ici c'est que la boue sous-marine ancienne, jurassique, par exemple, présentant au début une structure terreuse sensiblement uniforme, a traversé des conditions fort diverses par le seul fait de son recouvrement progressif par des sédiments de plus en plus récents. Après un temps suffisamment prolongé, elle a pénétré ainsi du domaine superficiel à température dérivée du Soleil et dès lors plus ou moins variable, dans les régions profondes à température d'origine interne et conséquemment constante pour chaque profondeur, l'eau d'imprégnation et de circulation interstitielle des roches y jouissant des propriétés mises en évidence par les expériences de Sénarmont et dont les effets se traduisent, selon les cas, par la réalisation des divers produits métamorphiques. La cristallisation du calcaire s'est développée peu à peu et a provoqué la constitution oolithique qui demande apparemment, pour être bien complète, le laps de temps qui s'est écoulé depuis l'époque jurassique jusqu'à la période actuelle.

C'est ainsi qu'on peut, en bien des cas, déterminer l'âge d'un calcaire par cette seule contexture. Il est vrai qu'il arrive de rencontrer, quoique rarement, et en mettant de côté les résultats du processus fontigénique, des roches plus jeunes que le jurassique et qui sont déjà oolithiques : mais cela s'explique toujours par des circonstances spéciales et, par exemple, par l'intervention de quelques corps cristallogéniques comme le sel marin, pour le gypse. Il est vrai aussi qu'inversement bien des roches calcaires jurassiques ne sont pas oolithiques, mais il y a bien des raisons

(1) *La Géologie générale*, 1 vol. in-8 (2^e édition), p. 127. Paris, 1909.

de croire que, souvent, elles l'ont été et qu'elles ne le sont plus, ayant été soumises à des réactions qui d'habitude sont plus lentes à se faire sentir et qui développent dans le calcaire un stade évolutif plus avancé. A ce titre, rien n'est plus instructif que la comparaison des roches entièrement oolithiques du terrain bathonien de Marquise (Pas-de-Calais) ou de Caen (*oolithe militaire*) ou du Cher, — avec les calcaires marbrés du Bugey et des Pré-Alpes, qui sont du même âge et où la structure lamellaire s'explique tout de suite par l'énergique déploiement du métamorphisme orogénique, qui est venu ajouter ses effets à ceux du métamorphisme normal (ou bathydrique).

Il est, en outre, facile de constater en maintes localités que des bancs, parfaitement oolithiques en certains points, se modifient peu à peu, dans une direction donnée, pour passer à des masses qui, ou bien sont restées terreuses, ou bien sont déjà devenues spathiques et marmoréennes; la composition intervient autant que l'intensité du métamorphisme éprouvé.

Ce point de vue une fois admis, que la structure oolithique est le résultat du travail spontané de masses calcaires primitivement uniformes et terreuses, il y a pour nous le plus vif intérêt à comparer les calcaires oolithiques ainsi produits aux limonites également oolithiques dont il s'agit d'expliquer l'origine et le mode de formation.

A cet égard, il est facile de rapprocher des échantillons qui ne diffèrent vraiment aux yeux que pour la couleur, blanche chez les uns, ocreuse chez les autres. La manière d'être au point de vue physique est entièrement semblable. Des deux parts, se signalent de petits globules plus ou moins abondants au sein d'une masse générale où il est facile de reconnaître, ici de l'argile, plus loin du sable, etc. D'ailleurs, il n'est pas rare, dans le département de Meurthe-et-Moselle, par exemple vers Bouxières-aux-Dames, de passer sans quitter une couche donnée du minerai exploitable à des masses de plus en plus calcaires ou de moins en moins ocracées et, de proche en proche, à des calcaires proprement dits.

Il y a bien longtemps que la vue de semblables passages m'avait, pour ma part, donné l'idée que la couche ferrugineuse pouvait bien être un résultat de la transformation d'une assise primitivement calcaire.

A cet égard, les arguments principaux parurent devoir être fournis par la méthode expérimentale. L'appareil consiste dans une *éprouvette à dessécher*, dont on obstrue la portion étranglée par un tampon d'amiante et qu'on remplit du produit de désagrégation d'une variété convenablement choisie de calcaire oolithique : des spécimens provenant de Marquise et de Tonnerre ont été souvent employés (1). Une fois la colonne remplie avec les précautions nécessaires, on la recouvre de quelques centimètres de gravier afin de la maintenir bien stable, puis on arrose le tout avec une dissolution plus ou moins étendue (généralement *très étendue*), froide ou chaude suivant les cas, de sulfate de protoxyde de fer.

On constate, au bout d'un temps suffisant, que le liquide sortant par le bas de l'éprouvette ne contient que du sulfate de chaux, tout le fer ayant été arrêté par le calcaire, qui prend tout de suite, à la partie supérieure, la couleur ocreuse caractéristique. Mais, chose très curieuse et imprévue, il suffit de faire durer quelques heures l'expérience en renouvelant la solution ferrugineuse, pour reconnaître que beaucoup de sulfate de fer passe inaltéré et peut se retrouver dans le liquide rejeté. Ce fait aura beaucoup d'applications dans l'explication des faits naturels.

Par exemple, il rend très facilement compte d'une particularité des gisements que nous avons déjà mentionnée et qui a une grande importance : elle concerne l'existence d'oolithes de limonite disséminées dans une roche calcaire, peu ou point ocreuse. En mentionnant dans sa *Minéralogie de la France* (2) les expériences qui nous occupent, et que j'avais antérieurement publiées, M. A. Lacroix disait : « Je suis surtout frappé de l'identité de structure que présentent (oolithes mises à part), dans une même localité, les calcaires extrêmement riches en oolithes ferrugineuses et ceux qui en renferment peu et qui passent à des calcaires n'en renfermant pas; cette identité me semble incompatible avec une transformation aussi radicale que celle qui devrait être la conséquence de l'apport postérieur, par un procédé

(1) Voir, par exemple, Stanislas MEUNIER : *Les Méthodes de synthèse en Minéralogie*, 1 vol. in-8, Paris 1891, p. 324 et suiv., et du même auteur, *Catalogue de la Collection de Géologie expérimentale du Muséum*, 1 vol. in-8, Paris 1907, p. 88.

(2) Tome III, p. 382. Paris, 1901.

quelconque, de la quantité de fer nécessaire à la production des minerais oolithiques. On comprend très bien que des calcaires puissent être épigénisés en bloc en produits ferrugineux, mais l'élection du fer dans une partie seulement des éléments de la roche est plus difficile à concevoir. »

Or, les faits se chargent de répondre eux-mêmes à cette objection : quand on remplit l'éprouvette à dessécher avec le produit de désagrégation du calcaire oolithique de Tonnerre, par exemple, on jette cette poussière par petites portions dans le vase (généralement au moyen d'une spatule ou d'une carte). A chaque fois, pendant la chute, il se fait un triage et les oolithes arrivent en bas avant la matière bien plus fine à laquelle elles étaient mélangées. Il résulte de là que le remplissage est fait de petits lits alternatifs, très vaguement limités, bien entendu, de matériaux relativement grossiers et de portions très fines, dans lesquelles aussi des oolithes sont disséminées. Or, le résultat de l'arrosage avec la solution métallique très étendue, c'est la ferruginification plus ou moins rapide des parties grossières et par conséquent des oolithes, bien avant que la portion fine commence à changer de couleur. Je conserve à mon laboratoire du Muséum et j'ai même exposé dans la galerie publique, aux vitrines de la Géologie expérimentale, plusieurs éprouvettes qui montrent que, malgré la difficulté de la concevoir, l'élection d'une partie seulement de la roche calcaire par la précipitation du fer est un fait réel et incontestable.

D'autres considérations doivent être citées encore comme comprenant le phénomène épigénique que nous admettons. Ainsi, malgré la très intime ressemblance des couches de minerai avec les couches de calcaire d'où elles dérivent, on peut cependant y noter une différence dans la forme des oolithes : parfaitement sphéroïdales dans le calcaire, elles sont plus petites et ellipsoïdes dans la roche ocreuse et leur grand axe est parallèle au plan de sédimentation.

Il est évident que la substitution de la sidérose ou de la limonite, dont la densité est égale à 3,8, à la calcite qui pèse seulement 2,7, ne peut se faire sans déterminer, dans la masse qui en est le siège, une contraction notable et par suite un tassement dont la forme aplatie des oolithes ferrugineuses est comme un reflet. Un poids donné de carbone (6 grammes, par exemple) passe de la

substance de 50 grammes de calcite initiale qui occupait 18^{cm}·5 dans celle de 58 grammes de sidérose qui occupe seulement 15^{cm}·2. Le rapport de ces deux capacités, ou 0,821, représente la contraction de chaque unité de volume de la couche.

Nous disons : la sidérose, au lieu de la limonite, car il est évident que c'est la sidérose qui s'est substituée à la calcite du début. Seulement dans une grande partie du gisement et surtout quand, en conséquence des palpitations de la croûte du globe, les masses sont revenues au voisinage de la surface, le carbonate de fer s'est décomposé et est passé à l'état d'hydrate de peroxyde. La preuve irréfutable, c'est que, dès qu'on attaque les parties profondes du gisement, le fer n'est plus à l'état de limonite, mais à celui de sidérose. On retrouve de la sidérose dans la plupart des échantillons, même dans ceux venant de profondeurs faibles, comme si la décomposition n'était pas encore terminée, et l'on voit que le gisement pris dans son ensemble présente les mêmes variations générales qu'un filon pourvu de son *chapeau*, ou « gîte de couverture ».

Mais le phénomène épigénique, simple détail du métamorphisme bathyrique, comprend d'autres particularités encore. En résumant les traits de composition des oolithes, nous avons mentionné plus haut la présence, découverte dans leur substance, d'une proportion notable d'alumine.

Cette alumine doit être soigneusement distinguée de la même substance faisant partie constituante de l'argile renfermée dans le calcaire initial et qui persiste dans le minerai de fer. On reconnaît aisément qu'elle est à l'état d'hydrate et qu'elle appartient en conséquence à l'espèce *Diaspore* et au type qualifié de *Bauxite*. L'histoire de la bauxite est très ressemblante à celle de la limonite et on s'explique que ces deux substances s'accompagnent dans un très grand nombre de gisements.

Nous avons, pour notre part, répété avec des dissolutions de sels d'alumine, les expériences de précipitation par le calcaire décrites tout à l'heure pour les solutions ferrugineuses. Elles nous ont fourni des résultats comparables et dont une partie s'applique très directement à l'histoire du fer oolithique. Elles ont en même temps procuré des données des plus nettes quant à l'histoire des gisements de bauxite. Sans y insister, nous constaterons que dans ces derniers temps on a compliqué comme à

plaisir le sujet dont il s'agit, en mélangeant à la bauxite la substance qualifiée de *latérite* et qui, tout en ayant la même composition chimique, dérive d'une origine essentiellement différente où paraissent intervenir des réactions microbiennes. On n'a pas réfléchi que c'est à peu près comme si l'on voulait faire jouer un rôle dans l'histoire géogénique du spath d'Islande, aux réactions qui sont en jeu dans les récifs madréporiques, sous le prétexte que, dans les deux cas, il y a production de chaux carbonatée.

Si l'on arrose du calcaire disposé dans l'éprouvette à dessécher, au moyen d'une dissolution aqueuse et étendue de sulfate d'alumine, on constate qu'il se reproduit du sulfate de chaux et qu'il se dépose de l'alumine gélatineuse pendant que l'anhydrite carbonique se dégage. On arrive ainsi à transformer complètement les oolithes calcaires en oolithes de bauxite⁽¹⁾.

Ce serait nous éloigner de notre but que de trop insister sur ce chapitre. Il nous suffira d'en retenir que l'alumine est précipitée dans les mêmes conditions que l'hydrate de fer et probablement avec le même état intermédiaire, peut-être virtuel, d'un carbonate d'alumine (?) correspondant plus ou moins à la sidérose.

Pour donner une idée de cette précipitation, je dirai qu'ayant abandonné un fragment de 15 grammes de marbre de Carrare dans 50 centimètres cubes d'une solution assez concentrée de sulfate d'alumine, j'ai pu, après quelques jours, retourner le vase, sans que la roche, prise au milieu d'une épaisse gelée d'alumine, ait manifesté la moindre propension à tomber. La gelée, très transparente, était remplie de grosses bulles d'acide carbonique.

Il faut, comme pour le fer, des solutions très étendues, pour obtenir de vraies épigénies, c'est-à-dire la conservation de la structure.

La conséquence de ces faits, c'est qu'il paraît légitime de voir dans les bancs de minerai de fer oolithique de Lorraine, des couches de calcaire qui, — après un séjour assez long dans les profondeurs souterraines où les avaient amenées les recouvrements stratigraphiques postérieurs, pour que leur structure soit devenue oolithique, — ont été baignées par des suintements d'eau

(1) Dans certains cas j'ai obtenu des globules de sous-sulfate d'alumine ayant avec la Webstérite oolithique de l'argile plastique de Vanves des analogies remarquables.

renfermant en dissolution des quantités inconnues et peut-être très faibles de sels de fer, mélangés à des sels d'alumine. Ces sels agissant à une température supérieure à celle de la surface et correspondant à la profondeur du gisement, ont attaqué le calcaire pour en faire des composés solubles qui ont été entraînés par la circulation bathyrique. Le carbonate de fer et l'alumine précipités se sont constitués à l'état de sidérose et de bauxite.

On voit tout de suite que cette histoire ne sera pas changée si nous supposons que la transformation du calcaire initial a lieu dans des couches n'ayant pas la structure oolithique.

Par exemple, des couches de calcaire compact pourraient donner des lits de limonite également compacts et des calcaires quelconques fourniraient des produits reflétant dans leur constitution la structure qu'ils présentaient.

Il pourra y avoir eu au début, dans le sein d'une couche plus ou moins perméable d'argile sableuse, par exemple, constitution de concrétions calcaires du genre des *chailles*. La réaction s'appliquant à ces concrétions les transformera en nodules plus ou moins voisins des *Ælites* et de masses analogues.

D'un autre côté, ces produits ont continué souvent à éprouver l'action des agents souterrains sans cesse en fonction, et parmi les conséquences qu'ils en ont éprouvé, il en est d'intéressantes.

En certains pays, les recouvrements stratigraphiques et plus souvent les mouvements orogéniques, — parfois aussi l'injection de roches éruptives, ou la poussée de liquides ou de vapeur d'eau venant des régions profondes — ont déterminé des transformations nouvelles et c'est ainsi, pour le dire en passant, qu'il faut comprendre la genèse des couches de sanguine ou oligiste terreux remplies d'empreintes de fossiles déterminables, comme on en voit à La Voulte (Ardèche) et en bien d'autres lieux. L'histoire de l'oligiste stratiforme silurien de Saint-Remy, près de Flers (Calvados), n'est qu'une exagération des faits précédents.

Mais si le fer de Lorraine n'en est pas là, il manifeste pourtant, dans une foule de ses parties, l'action qu'il a éprouvée de la part des agents qui circulent en profondeur. C'est ainsi que dans un grand nombre de cas il s'est silicifié. La silification peut n'avoir rien à voir comme époque avec les phénomènes précédemment

décrits et elle n'est qu'une des mille formes de la *pétrification* possible de tous les objets enfouis dans de certaines conditions. C'est une variante de la transformation en silex, en calcédoine et même en quartz des bois des forêts tertiaires du Caire et de l'Arizona : cette transformation s'est également réalisée par l'intervention des eaux chaudes de profondeur, quand les assises contenant les vestiges organiques étaient recouverts d'une masse suffisante de sédiments plus récents. C'est leur retour vers la surface et le décapage par érosion que celle-ci a éprouvé qui les ont mis bien plus tard sous nos yeux dans des situations qui feraient croire, à des observateurs non préparés, qu'il s'agit de la minéralisation d'arbres vivants constituant des forêts sub-aériennes.

La silicification du minerai lorrain est une variante du phénomène qui a donné naissance aux meulière et à tous les lits silicifiés parfois très fossilifères comme on en voit dans la colline de Saint-Priest, auprès de Saint-Étienne (pour limiter nos exemples au plus célèbre de tous), grâce aux travaux de M. Grand'Eury avec qui j'ai eu le plaisir de les visiter naguère.

Mais, en bien des points, les transformations ne se sont pas bornées à la simple silicification : conformément aux principes révélés par les expériences réalisées dans l'eau surchauffée de Sénarmont, il s'est constitué des familles entières de minéraux cristallisés par l'arrangement des éléments en présence. C'est ainsi qu'ont pris naissance la chamosite, la berthiérine, la chlorite, dont les oolithes sont si souvent chargées et les cristaux microscopiques de magnétite et d'autres espèces, dont la genèse n'a plus que des rapports très éloignés avec celle de la limonite qui est notre objet principal.

Avant d'aller plus loin, je ferai remarquer que les conclusions générales auxquelles nous sommes amené ainsi par l'étude du fer oolithique de Lorraine, rappellent des opinions adoptées par plusieurs observateurs depuis l'époque de mes premières recherches.

Par exemple, M. Camusat⁽¹⁾, qui a surtout étudié le gisement de Mazenay (Saône-et-Loire), regarde le minerai comme résultant

(1) *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes*, tenu à Nancy en 1901, page 190.

des phénomènes secondaires. D'après lui, la limonite dériverait d'une solution ferrugineuse existant normalement dans le sédiment, mais enrichie par des suintements provenant des assises superposées.

M. Cayeux, de son côté, étudiant des minerais de fer subordonnés aux couches paléozoïques, voit dans ceux qui se montrent dans les Ardennes et en Bretagne « d'anciennes oolithes calcaires auxquelles des débris végétaux auraient servi de centres et dont la calcite se serait vue remplacée, en tout ou en partie, par la chlorite, la magnétite, l'oligiste ; ce dernier minéral provenant d'une transformation de la chlorite » (1).

D'après ce qui précède, on voit que notre opinion est, tout au contraire, que les oolithes calcaires ont dû être transformées d'abord en limonite, qui, plus tard et par les voies ordinaires du métamorphisme, est devenue de l'oligiste, puis subsidiairement de la magnétite, pendant qu'une autre partie, non plus comme pour ces derniers oxydes par le dispositif de Gay-Lussac ou fumarollien, mais par celui de Sénarmont ou bathydrique, entretrait dans la constitution des silicates.

Le même auteur est revenu bien plus récemment sur l'évolution minéralogique des minerais de fer oolithiques primaires de France (2). On peut croire que c'est par l'étude des minerais moins anciens et spécialement par ceux du toarcien qu'il fallait, comme nous l'avons fait, commencer ce travail, pour n'arriver aux minerais primaires qu'avec l'appui de données infiniment plus aisées à dégager de l'infinie série des phénomènes superposés.

Mais il nous reste encore un point à aborder pour ne rien laisser de côté dans cette étude, d'ailleurs extrêmement résumée, du minéral de fer de Lorraine. Il s'agit cette fois du *fer fort* dont nous avons vu qu'il constitue comme une sorte d'appendice des gisements oolithiques.

En beaucoup de régions de Lorraine, par exemple sur les plateaux situés entre Aboncourt et Beuvezin, on trouve des calcaires bajociens corrodés depuis longtemps par les eaux sauvages

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXVII, 1100, 1898. (J'avais signalé l'origine possible par épigénie du fer en grains et de la bauxite dès 1883. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, XCVI, 1737.)

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXLIX, 1388, 1909.

qui ont élargi les fissures jusqu'à en faire des crevasses dont les deux lèvres sont écartées l'une de l'autre de plusieurs mètres et qui viennent intéresser les assises du calcaire toarcien. Ces sillons ont acquis, du fait de l'intempérisme, des détails très intéressants au point de vue de l'histoire des minerais de fer : en effet, le calcaire toarcien sous-jacent a été dissous et les oolithes ferrugineuses, qui y sont très lâchement disséminées, s'y sont concentrées de façon à constituer un gîte de remaniement, qui fut exploité à une certaine époque.

Dans la région médiane du bassin de Longwy et d'Esch, le fer fort constitue de puissants dépôts, par exemple à Saint-Pancré et à Aumetz, comme les dépôts de fer en grains de Lay-Saint-Christophe, de Chavigny et de Malzéville signalent la région centrale du bassin de Nancy.

Saint-Pancré, que nous avons précédemment décrit, mérite d'être considéré comme la localité typique à ce point de vue⁽¹⁾. Bleicher a fait à l'égard du fer fort des observations très intéressantes⁽²⁾. Le point principal est qu'il rattache la forme des gîtes aux phénomènes de la dénudation subaérienne. Seulement il n'y a pas suffisamment distingué plusieurs temps successifs et c'est inexactement qu'il attribue à la dénudation la production même des pisolithes contenues dans les gisements⁽³⁾.

L'examen de cette localité, rapproché de celui des points analogues dans le Cher et dans le canton de Berne, m'a montré qu'il s'agit très vraisemblablement de cavernes tapissées de résidus de dissolution des parois, mais remontant à une époque relativement très reculée. Pour la forme des cavités devenues sidérolithiques, on ne peut qu'être frappé de leur analogie avec les couloirs tracés par la pluie et les eaux de ruissellement à la surface et dans l'épaisseur de calcaires dans une foule de pays, entre autres dans le Jura méridional. Autour d'Artemare (Ain), par exemple, on en voit de toutes les dimensions et on trouve dans leur fond des argiles et des sables de décalcification. Si la ressemblance est moins intime en ce qui touche la composition, c'est que ces calcaires ne sont point ferrugineux. Mais il ne manque pas de

(1) On a sur cette localité un excellent travail de Jacquot, qui fut inspecteur général des mines.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXX, p. 346 et 598. 1900.

(3) *Bulletin de la Société belge de Géologie*, XIII, p. 189. 1900.

cavernes plus avancées que ces embryons du Val Romey, où le fer est bien visible, et même c'est un trait ordinaire des cavernes que la présence de l'oxyde de fer colorant un limon rouge sur lequel on a fait du reste bien des suppositions non vérifiées. De toutes parts, les puits naturels sont remplis d'argile rubéfiée dont la couleur rutilante les rend d'autant plus visibles sur les coupes qui les traversent.

On peut donc en toute assurance, et aussi à cause des vestiges organisés qu'on y rencontre, affirmer que les couloirs de Saint-Pancré et des localités analogues sont des cavernes.

Ce point est d'un haut intérêt, car, jusqu'ici au moins, nous ne connaissons qu'un agent capable de perforer les calcaires pour y ouvrir des couloirs et des puits : c'est l'eau chargée d'anhydrite carbonique ; c'est la pluie ou c'est la rivière ; c'est en tout cas le *régime continental*. Il faut donc que les points comme Saint-Pancré, où ces cavernes se trouvent, aient été exondés à l'époque du creusement de celles-ci, aient joui du régime continental ou subaérien.

On peut aller plus loin et reconnaître que cette époque de régime continental est certainement ancienne, car, en appliquant les notions obtenues plus haut à l'égard du fer oolithique, nous voyons qu'il faut laisser au phénomène le temps de se compléter par des travaux intimes correspondant à ceux de tout à l'heure. Il faut que les couches corrodées, s'étant affaissées sous la mer et ayant été recouvertes de sédiments convenablement épais, aient été le théâtre de circulations bathydriques⁽¹⁾. Alors les débris accumulés dans les perforations, calcaires encore, mais surtout argileux et sableux, ont livré passage à des dissolutions chaudes et plus ou moins compliquées. C'est ainsi qu'il s'est réalisé des concentrations autour de certains points et vraisemblablement des pisolithes calcaires qui ont été ensuite ferruginisées. C'est à cause de ces circonstances que Virlet d'Aoust a rencontré dans des poches sidérolithiques de Franche-Comté des pisolithes volumineuses au travers desquelles s'est conservée la structure des lits de limon où elles étaient empâtées.

Dans la région lorraine, le recouvrement du terrain bajocien dans lequel sont creusés les pertuis a été supprimé par la dénu-

(1) Voir *La Géologie générale*, 2^e édit., p. 88, 1 vol. in-8. Paris, 1909.

dation encore en cours et qui peut, comme l'a vu Bleicher, accumuler dans telle ou telle localité de vrais gîtes de fer par lavage. Mais en diverses régions, par exemple à Dun-le-Roi, dans le département du Cher, on voit d'épais sédiments tertiaires parfaitement réglés surmonter le jurassique corrodé. A Saint-Pancré, des couloirs souterrains réunissent parfois des poches fort distantes et dans le Gard (1) comme dans le Lancashire, aux environs d'Ulver-Stone, le minerai remplit des cheminées si profondes que pour les expliquer on a eu quelquefois recours (à l'exemple de Greppin et d'autres géologues suisses) à l'intervention de phénomènes geysériens. Si le calcaire grossier de la gare d'Ivry, à Paris, était recouvert de sédiments suffisamment épais, ses *puits naturels* se transformeraient sans aucun doute en gîtes sidérolithiques.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

En résumé, l'histoire géologique des minerais de fer oolithique de la Lorraine et de beaucoup d'autres pays qui sont construits comme elle, se signale par le nombre des réactions qui y ont successivement pris part. Elle contraste beaucoup à cet égard avec les suppositions qu'on avait crues légitimes à première vue et qui reportaient tous les détails de la production à l'époque même où l'on classe les assises auxquelles le minerai est subordonné. Ces assises étant qualifiées de toarciennes, parce qu'elles sont intercalées entre d'autres dites charmouthiennes et bajo-ciennes, on ne mettait pas en doute que la mer toarcienne n'ait présidé elle-même au dépôt des oolithes avec tous les détails de composition et de forme.

Au lieu de cette manière de voir si simple et qui dérive de l'idée que les profondeurs de la Terre sont le domaine du repos absolu et constituent, suivant le mot de Buffon, un bureau d'Archives où sont conservées sans altération des traces de tous les phénomènes accomplis successivement à la surface; au lieu de cette doctrine, nous sommes forcé de reconnaître que les couches du sol sont le théâtre d'une activité si grande et si incessante qu'on peut douter que, dans une assise toarcienne, par

(1) *Description géologique du Gard*, par Émilien DUMAS, p. 337.

exemple, il reste grand'chose des matériaux du début. Les matières ont changé de structure, elles ont réagi chimiquement les unes sur les autres. La couche considérée a cédé de sa substance aux fluides qui ont circulé à son contact; elle a parfois reçu de la même source de la substance nouvelle. Suivant le signe arithmétique des différences ainsi réalisées, elle a pu se gonfler ou se réduire; elle a pu se réduire jusqu'à disparaître. Et toute cette activité dérive, en dernière analyse, du foyer d'énergie que notre globe renferme dans son sein et qui est le résidu de l'énergie emmagasinée à l'origine dans la nébuleuse devenue la Terre. A cette activité propre, s'en joint d'ailleurs souvent une autre qui dérive du Soleil et c'est par le groupement indéfiniment varié de toutes ces causes complémentaires et concordantes (malgré leur première apparence de conflit) que notre globe parcourt les phases successives de la majestueuse évolution planétaire qui n'est qu'un exemplaire, à une échelle particulière, de l'évolution de toutes choses.

SUR LA SURFACE LIBRE
D'UNE
NAPPE AQUIFÈRE
SUR UNE
PRÉVISION DE DÉBIT DE SOURCE

(ZAGHOUAN)

PAR E. NOËL

Si la connaissance empirique des sources remonte à la plus haute antiquité, en revanche, leur étude rationnelle est assez récente. C'est ainsi qu'il y a encore quelques dizaines d'années, Belgrand affirmait, et avec raison dans certains cas, qu'il ne faut pas toucher aux sources ; et que ce n'est que depuis assez peu de temps que l'art du captage et les études en vue de captage se sont organisés en corps de doctrine.

Quant à l'étude systématique elle-même de la circulation de l'eau à travers le sol, en dehors de quelques notions empiriques et assez vagues fournies par l'ancienne géologie, elle remonte à encore moins d'années.

C'est que le problème est fort complexe, et fait intervenir plusieurs chapitres de la science qui semblent *a priori* n'avoir guère de points communs : la tectonique, la météorologie et, dans les questions de pressions et de débits, l'hydrodynamique elle-même.

Déjà avant l'année 1900, quelques travaux étaient apparus sur des questions spéciales, comme le débit des puits en terrains perméables, l'effet d'un serrement dans un captage. Mais ce n'est

qu'en 1903 et 1904 que les notes de M. Boussinesq, sur la théorie mathématique de la circulation des eaux en terrains perméables, ont permis d'appliquer le calcul à la prévision des débits d'une source dont on connaît le périmètre d'alimentation et le réservoir souterrain.

Des applications de cette théorie ont été faites par M. Ed. Maillet aux grandes sources de la craie utilisées aujourd'hui pour l'alimentation de Paris. La source du Zaghouan dont je m'occuperai est située sous un climat tout à fait différent du nôtre; cependant, si les conditions des infiltrations sont très dissemblables, les lois des circulations profondes sont les mêmes, et la méthode, ce me semble, pourrait présenter ici-même quelque intérêt.

Liste des principaux travaux les plus récents sur la question

BOUSSINESQ.

- 1° *Sur le débit en temps de sécheresse d'une source alimentée par une nappe d'eau d'infiltration* (C. R. Acad. Sc., t. CXXXVI, pp. 1511-1517. 1903);
- 2° *Sur un mode simple d'écoulement des nappes d'eau d'infiltration à lit horizontal, avec le bord vertical tout autour, lorsqu'une partie de ce bord est enlevée depuis la surface jusqu'au fond* (C. R. Acad. Sc., t. CXXXVII, p. 5. 1903);
- 3° *Sur la stabilité d'un certain mode d'écoulement d'une nappe d'infiltration* (Ibid., p. 101);
- 4° *Extension au cas où le fond est courbe du mode d'écoulement qui se conserve dans une nappe d'eau d'infiltration reposant sur un fond plat* (Ibid., p. 153);
- 5° *Application de la théorie générale de l'écoulement des nappes aqueuses infiltrées dans le sol aux fortes sources des terrains perméables, et en particulier à plusieurs de celles qui alimentent Paris* (C. R. Acad. Sc., t. CXXXVIII, p. 117. 1904);
- 6° *Équation générale du mouvement des nappes d'eau infiltrées dans le sol* (C. R. Acad. Sc., t. CXXXIX, p. 387. 1904);
- 7° *Équation de deuxième approximation pour l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et à faible pente* (Ibid., p. 417).
- 8° *Petites dénivellations d'une masse aqueuse infiltrée dans le sol à des profondeurs quelconques, avec ou sans écoulement au dehors* (Ibid., p. 441);
- 9° *Recherches théoriques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur le débit des sources* (Journ. de math. pures et appliquées, I. 1904).

DELEMER. — *Étude sur les crues de l'Ardèche (Ann. des ponts et chaussées, 2^e tr., pp. 130 à 216. 1904).*

DIENERT. — *De la minéralisation des eaux souterraines et des causes de sa variation (C. R. Acad. Sc., t. CXLII, p. 1113. 1906).*

HOULLIER (M.).

Sur les causes de l'appauvrissement des sources dans les régions de plaines (C. R. Acad. Sc., t. CXL, p. 382. 1905);

De l'influence des pluies estivales sur le débit des sources de plaines (C. R. Acad. Sc., t. CXXLI, p. 972. 1905).

DE LAUNAY. — *Sur l'emploi des pressions hydrostatiques dans les captages des sources thermales (C. R. Acad. Sc., t. CXXLI, p. 786. 1905).*

MAILLET (E.).

1^o *Sur la courbe des débits d'une source (C. R. Acad. Sc., t. CXXXVII, p. 676. 1903);*

2^o *Sur la prévision des débits des sources de la Vanne (C. R. Acad. Sc., t. CXXXVII, p. 947. 1903);*

3^o *Sur les décrues des rivières (C. R. Acad. Sc., t. CXXXVIII, p. 1030. 1904);*

4^o *Note sur la classification des sources en France et en Algérie d'après leur débit (Présentat. à l'Acad. Sc., t. CXL, p. 1126. 1905);*

5^o *Sur la loi hydrologique de Minard et Belgrand (C. R. Acad. Sc., t. CXLVII, p. 606. 1908);*

6^o *Mémoire sur le vidage des systèmes de réservoirs (Ann. des ponts et chaussées, 1^{er} fasc., p. 110-150. 1906);*

7^o *Essais d'hydraulique souterraine et fluviale (Paris, Hermann. 1905).*

I — L'équation de la surface libre d'un niveau d'eau

On sait que si, dans une nappe aquifère, on appelle ϕ la charge, somme de la cote d'un point et de la pression en ce point, l'écoulement a lieu normalement à la famille de surfaces $\phi = c^te$.

Le débit de l'unité d'aire parallèlement à l'axe des x est : $K \frac{d\phi}{dx}$ (loi de Hagen-Poiseuille). K est un coefficient de débit dépendant des « pertes de charge spécifiques » de la roche.

M. Boussinesq (1) en partant de cette donnée, supposant de plus le sol perméable homogène sur chaque verticale (K , et le

(1) *C. R. Acad. Sc., CXXXVI, p. 1511. 1903.*

coefficient μ d'imprégnation fonctions de x et y seulement), ainsi d'ailleurs que la profondeur H de la nappe au-dessous du plan horizontal xy de repère, a obtenu, pour régir l'ordonnée h de la surface libre souterraine, l'équation aux dérivées partielles suivante :

$$(1) \quad \mu \frac{dh}{dt} = \frac{d}{dx} \left[K(H+h) \frac{dh}{dx} \right] + \frac{d}{dy} \left[K(H+h) \frac{dh}{dy} \right].$$

M. Boussinesq a intégré cette équation dans deux cas particuliers.

Dans le cas d'une sécheresse, les dénivellations de la surface libre h deviennent négligeables par rapport à la hauteur du seuil H . L'équation prend alors la forme de celle du refroidissement d'une plaque plane. — L'expression de h est alors la solution fondamentale de Fourier $C U e^{-\alpha t}$ où C et α sont

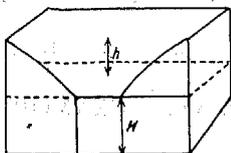


Fig. 1.

des constantes et U une fonction de x et y .

Dans le cas, au contraire, d'un seuil très bas ou d'une dénivellation de la surface libre très considérable, et en supposant de plus que « la surface libre garde d'invariables rapports avec ses ordonnées h ensemble décroissantes », il en a donné une autre solution faisant intervenir les intégrales eulériennes et elliptiques, et donnant en fonction du temps une variation de la forme $\frac{A}{1 + \alpha t}$.

Or, la plupart des cas de la pratique sont intermédiaires entre les deux précédents. Il importerait donc, pour arriver à des formules de prévision de débit, d'en obtenir non pas des solutions exactes dans des cas particuliers peu nombreux, mais des solutions approchées pouvant s'appliquer à la plupart des cas.

Supposons d'abord une *nappe homogène*, c'est-à-dire μ et K constants dans toute son étendue, et posons $\frac{\mu}{K} = m$. L'équation (1) devient :

$$(2) \quad m \frac{dh}{dt} = (H+h) \left(\frac{d^2h}{dx^2} + \frac{d^2h}{dy^2} \right) + \left(\frac{dh}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dh}{dy} \right)^2.$$

1° On peut encore citer un cas d'intégration : c'est celui où la surface libre est un plan :

$$h = ax + by + c,$$

d'où $\frac{da}{dt} = \frac{db}{dt} = 0$ $m \frac{dc}{dt} = a^2 + b^2$

et $h = ax + by + \frac{a^2 + b^2}{m} t.$

Ce plan se déplace donc d'un mouvement uniforme parallèlement à lui-même.

2° On peut chercher à satisfaire à l'équation au moyen d'une fonction entière de t . Posons :

$$h = v_0(x,y) + v_1(x,y)t + v_2(x,y)t^2 + \dots$$

Substituons dans l'équation (2), il vient :

$$m [v_1(x,y) + 2v_2(x,y)t + \dots] = [H + v_0(x,y) + v_1(x,y)t + \dots] \left[\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2} + \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2} \right) t + \dots \right] \left[\frac{dv_0}{dx} + \frac{dv_1}{dx}t + \frac{dv_2}{dx}t^2 + \dots \right]^2 + \left[\frac{dv_0}{dy} + \frac{dv_1}{dy}t + \dots \right]^2.$$

On en déduit en identifiant :

$$mv_1(x,y) = [H + v_0(x,y)] \left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2} \right) + \left(\frac{dv_0}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dv_0}{dy} \right)^2.$$

$$2mv_2(x,y) = (H + v_0) \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2} \right) + v_1 \left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2} \right) + 2 \left(\frac{dv_0}{dx} \frac{dv_1}{dx} + \frac{dv_0}{dy} \frac{dv_1}{dy} \right).$$

$$3mv_3(x,y) = (H + v_0) \left(\frac{d^2v_2}{dx^2} + \frac{d^2v_2}{dy^2} \right) + v_1 \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2} \right) + v_2 \left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2} \right) + 2 \left(\frac{dv_0}{dx} \frac{dv_2}{dx} + \frac{dv_0}{dy} \frac{dv_2}{dy} \right) + \left(\frac{dv_1}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dv_1}{dy} \right)^2 \text{ etc.}$$

Il est facile d'écrire le terme général. On voit que v_0 étant donné, les termes suivants s'en déduisent par des opérations ne comportant que des différentiations et non des intégrations, si l'on pose :

$$v_0 = u_1 + u_2 + \dots + u_p,$$

les u étant des fonctions arbitraires (solutions simples), on aura :

$$v_n = u_{n_1} + u_{n_2} + \dots + u_{n_r}$$

(u_{n_i} correspondant à u_i).

On voit que, si l'on suppose v_0 linéaire, v_1 est constant et tous les autres termes sont nuls.

Si l'on prend pour v_0 une fonction du second degré, c'est-à-dire si l'on admet qu'au temps 0 la surface libre est un parabolôïde ayant son axe vertical, tous les coefficients v sont aussi du second degré : la surface libre reste donc un parabolôïde qui se déforme en se déplaçant avec le temps. Considérons un peu ce cas et soit :

$$\begin{aligned} v_0(x,y) &= Ax^2 + 2Bny + Cy^2 + 2Dx + 2Ey + F. \\ \frac{dv_0}{dx} &= 2(Ax + By + D) \quad \frac{dv_0}{dy} = 2(Bx + Cy + E); \\ \frac{d^2v_0}{dx^2} &= 2A; \quad \frac{d^2v_0}{dy^2} = 2C. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} mv_1(x,y) &= 2(A+C)(Ax^2 + 2Bny + Cy^2 + 2Dx + 2Ey \\ &\quad + F + H) + 4(Ax + By + D)^2 + 4(Bx + Cy + E)^2 \\ &= (6A^2 + 2AC + 4B^2)x^2 + 12B(A+C)xy + (6C^2 \\ &\quad + 2CA + 4B^2)y^2 + (12AD + 4CD + 8BE)x + (12CE \\ &\quad + 4AE + 8BD)y + 2(A+C)(F+H) + 4D^2 + 4E^2, \\ &\text{etc.....} \end{aligned}$$

Si, par exemple, on avait $A+C=0$ et $B=0$ parabolôïde hyperbolique équilatère, on aurait :

$$v_1(x,y) = \frac{1}{m} 4A^2(x^2 + y^2) + 8ADx - 8AEy + 4D^2 + 4E^2.$$

Si l'on prenait pour v_0 un polynôme en xy de degré p : $\frac{d^2v_0}{dx^2}$ et $\frac{d^2v_0}{dy^2}$ seraient de degré $p-2$, donc v_1 de degré $p+p-2 = 2p-2$. On en déduit que v_2 serait de degré $3p-4$ et v_3 de degré $4p-6$. Par récurrence on vérifierait que v_r serait de degré $(r+1)p-2r$.

Le cas du parabolôïde offre une certaine importance en raison de la fréquence admise des nappes d'écoulement à profil parabolique.

Lorsque t augmente indéfiniment, on doit prendre dans la série un nombre de termes de plus en plus grand — on peut alors admettre que la partie infinie de cette série tende vers celle de

$Ce^{-\alpha t}$ (1). Dans le développement de cette dernière fonction on a :

$$\frac{u_{n+1}}{u_n} = -\frac{\alpha t}{n+1}.$$

Donc pour n assez grand, on pourra poser, v_{n+1} et v_n étant les fonctions de x et y de la suite précédente :

$$\frac{v_{n+1}}{v_n} = -\frac{\alpha}{n+1} \quad \text{d'où :} \quad \alpha = -(n+1) \left(\frac{v_{n+1}}{v_n} \right).$$

3° On sait, d'après le premier cas de M. Boussinesq, qu'en périodes d'épuisement, c'est-à-dire avec h très petit et t très grand, que $h = C U e^{-\alpha t}$, α étant une constante.

On est donc amené à poser :

$$(4) \quad h = v_0(x,y) + v_1(x,y)e^{-\alpha t} + v_2(x,y)e^{-2\alpha t} + \dots$$

En substituant dans l'équation (2), on obtient la suite d'équations :

$$[H + v_0(x,y)] \left(\frac{d^2 v_0}{dx^2} + \frac{d^2 v_0}{dy^2} \right) + \left(\frac{dv_0}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dv_0}{dy} \right)^2 = 0;$$

ou :

$$\frac{d}{dx} (H + v_0) \frac{dv_0}{dx} + \frac{d}{dy} (H + v_0) \frac{dv_0}{dy} = 0;$$

et :

$$-m\alpha v_1(x,y) = \left(\frac{d^2 v_0}{dx^2} + \frac{d^2 v_0}{dy^2} \right) v_1(x,y) + (H + v_0) \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right)$$

$$+ 2 \left(\frac{dv_0}{dx} \frac{dv_1}{dx} + \frac{dv_0}{dy} \frac{dv_1}{dy} \right)$$

$$-2m\alpha v_2(x,y) = \left(\frac{d^2 v_0}{dx^2} + \frac{d^2 v_0}{dy^2} \right) v_2(x,y) + \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right) v_1(x,y).$$

$$(5) \quad + (H + v_0) \left(\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2} \right) + \left(\frac{dv_1}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dv_1}{dy} \right)^2$$

$$+ 2 \left(\frac{dv_0}{dx} \frac{dv_2}{dx} + \frac{dv_0}{dy} \frac{dv_2}{dy} \right)$$

$$-3m\alpha v_3(x,y) = \left(\frac{d^2 v_0}{dx^2} + \frac{d^2 v_0}{dy^2} \right) v_3(x,y) + \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right) v_2 + \left(\frac{d^2 v_2}{dx^2} \right)$$

$$+ \frac{d^2 v_2}{dy^2} v_1 + \left(\frac{d^2 v_3}{dx^2} + \frac{d^2 v_3}{dy^2} \right) (H + v_0) + 2 \left(\frac{dv_0}{dx} \frac{dv_3}{dx} + \frac{dv_0}{dy} \frac{dv_3}{dy} \right)$$

$$+ 2 \left(\frac{dv_1}{dy} \frac{dv_3}{dy} + \frac{dv_1}{dx} \frac{dv_3}{dx} \right), \text{ etc...}$$

(1) Voir p. 100.

L'équation donnant le terme général v_p est :

$$\left(p m \alpha + \frac{d^2 v_0}{dx^2} + \frac{d^2 v_0}{dy^2} \right) v_p(x, y) + 2 \left(\frac{dv_0}{dx} \frac{dv_p}{dx} + \frac{dv_0}{dy} \frac{dv_p}{dy} \right) + (H + v_0) \left[\frac{d^2 v_p}{dx^2} + \frac{d^2 v_p}{dy^2} \right] + w_p(x, y) = 0,$$

en désignant par w_p l'ensemble des termes indépendants de v_p introduits par les coefficients précédents.

Les équations précédentes se simplifient beaucoup dans le cas où pour t infini, le réservoir s'étant épuisé, la surface libre est un plan horizontal : alors $h = 0$ et : $v_0(x, y) \equiv 0$.

Alors :

$$\frac{dv_0}{dx} = \frac{dv_0}{dy} = \frac{d^2 v_0}{dx^2} = \frac{d^2 v_0}{dy^2} = 0,$$

et les équations deviennent :

$$(5) \quad \begin{cases} m \alpha v_1 + H \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right) = 0, \\ 2 m \alpha v_2 + H \left(\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2} \right) + \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right) v_1 + \left(\frac{dv_1}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dv_1}{dy} \right)^2 = 0, \\ 3 m \alpha v_3 + H \left(\frac{d^2 v_3}{dx^2} + \frac{d^2 v_3}{dy^2} \right) + \left(\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2} \right) v_1 + \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right) v_2 + 2 \left(\frac{dv_1}{dx} \frac{dv_2}{dx} + \frac{dv_1}{dy} \frac{dv_2}{dy} \right) = 0, \quad \text{etc...} \end{cases}$$

Les coefficients des puissances de $e^{-\alpha t}$ sont donc les fonctions satisfaisant à ce système d'équations aux dérivées partielles.

Considérons d'abord la première :

$$(5)_1 \quad m \alpha v_1 + H \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right) = 0.$$

On peut y satisfaire au moyen d'une série indéfinie dans les deux sens :

$$v_1(x, y) = \dots + A_{-2} + A_{-1}(x, y) + A_0(x, y) + A_1(x, y) + A_2 + \dots$$

Substituant dans l'équation 5₁, on peut écrire pour les termes de la partie descendante les équations :

$$\frac{d^2 A_{-1}}{dx^2} + \frac{d^2 A_{-1}}{dy^2} + \frac{m \alpha}{H} A_0 = 0,$$

$$\frac{d^2 A_{-2}}{dx^2} + \frac{d^2 A_{-2}}{dy^2} + \frac{m\alpha}{H} A_{-1} = 0,$$

et pour ceux de la partie ascendante, les relations :

$$\begin{aligned} \frac{d^2 A_0}{dx^2} + \frac{d^2 A_0}{dy^2} + \frac{m\alpha}{H} A_1 = 0 & \quad \text{d'où : } A_1 = -\frac{H}{m\alpha} \left(\frac{d^2 A_0}{dx^2} + \frac{d^2 A_0}{dy^2} \right) \\ \frac{d^2 A_1}{dx^2} + \frac{d^2 A_1}{dy^2} + \frac{m\alpha}{H} A_2 = 0 & \quad \text{d'où : } A_2 = -\frac{H}{m\alpha} \left(\frac{d^2 A_1}{dx^2} + \frac{d^2 A_1}{dy^2} \right) \\ \text{etc....} \end{aligned}$$

On obtient donc la partie ascendante de la somme à partir de A_0 , par une suite de différentiations, d'où :

$$(6) \quad \begin{cases} A_2 = \frac{H^2}{m^2 \alpha^2} \left[\frac{d^4 A_0}{dx^4} + 2 \frac{d^4 A_0}{dx^2 dy^2} + \frac{d^4 A_0}{dy^4} \right] \\ A_3 = -\frac{H^3}{m^3 \alpha^3} \left[\frac{d^6 A_0}{dx^6} + 3 \frac{d^6 A_0}{dx^4 dy^2} + 3 \frac{d^6 A_0}{dx^2 dy^4} + \frac{d^6 A_0}{dy^6} \right], \text{ etc...} \end{cases}$$

On aura des solutions des équations de la suite descendante en posant, par exemple :

$$A_0 = \rho(\beta x + \gamma y) + \sigma(\beta_1 x + \gamma_1 y) + \dots$$

A_{-1} sera alors de la forme :

$$\begin{aligned} \text{Si} \quad s &= \beta x + \gamma y & s_1 &= \beta_1 x + \gamma_1 y \\ A_{-1}(x, y) &= f(\beta x + \gamma y) + \varphi(\beta_1 x + \gamma_1 y) + \dots = f(s) + \varphi(s_1). \\ \frac{dA_{-1}}{dx} &= \beta f'(s) + \beta_1 \varphi'(s_1) & \frac{dA_{-1}}{dy} &= \gamma f'(s) + \gamma_1 \varphi'(s_1) \\ \frac{d^2 A_{-1}}{dx^2} &= \beta^2 f''(s^2) + \beta_1^2 \varphi''(s_1^2) & \frac{d^2 A_{-1}}{dy^2} &= \gamma^2 f''(s^2) + \gamma_1^2 \varphi''(s_1^2) \end{aligned}$$

d'où :

$$-\frac{m\alpha}{H} [\rho(s) + \sigma(s_1)] = (\beta^2 + \gamma^2) f''(s^2) + (\beta_1^2 + \gamma_1^2) \varphi''(s_1^2),$$

d'où :

$$\begin{aligned} f''(s^2) &= \frac{-m\alpha}{(\beta^2 + \gamma^2) H} \rho(s) & \varphi''(s_1^2) &= \frac{-m\alpha}{(\beta_1^2 + \gamma_1^2) H} \sigma(s_1). \\ A_{-1} &= -\frac{m\alpha}{H} \left[\frac{\int \int \rho(s) ds^2}{\beta^2 + \gamma^2} + \frac{\int \int \sigma(s_1) ds_1^2}{\beta_1^2 + \gamma_1^2} \right]. \end{aligned}$$

On aura A_{-2} en remplaçant dans cette formule les fonctions ϱ et σ par f et φ , d'où :

$$(7) \quad A_{-2} = \left(\frac{m\alpha}{H}\right)^2 \left\{ \frac{\int_{(4)} \varrho(s) ds^4}{(\beta^2 + \gamma^2)^2} + \frac{\int_{(4)} \sigma(s_1) ds_1^4}{(\beta_1^2 + \gamma_1^2)^2} + \dots \right\}$$

et ainsi de suite.

Le terme général A_{-p} est donc de la forme :

$$A_{-p} = F_p(s) + \Phi_p(s_1) + \dots$$

s et s_1 étant des fonctions linéaires de x et y .

Il est facile de voir que le terme général A_p de la partie ascendante est de même forme.

Les fonctions ϱ , σ , etc., sont arbitraires, la seule condition à remplir pour elles est que la série des A soit convergente dans les deux sens. En fin de compte $v_1(x, y)$ est de la forme :

$$v_1(x, y) = V(s) + V_1(s_1) + \dots$$

Considérons maintenant la deuxième des équations (5)' :

$$(5)'_2 \quad 2m\alpha v_2 + H \left(\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2} \right) + \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right) v_1 \\ + \left(\frac{dv_1}{dx} \right)^2 + \left(\frac{dv_1}{dy} \right)^2 = 0.$$

Si on prend simplement une seule arbitraire pour Λ_0 , d'où résulte :

$$v_1(x, y) = V(s), \quad \text{d'où :} \quad \frac{dv_1}{dx} = \beta V's \quad \frac{dv_1}{dy} = \gamma V's,$$

il vient :

$$(5)'_2 \quad 2m\alpha v_2 + H \left(\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2} \right) + (\beta^2 + \gamma^2) V''_2 V \\ + (\beta^2 + \gamma^2) V'^2 = 0.$$

Cette équation est donc encore de la forme :

$$2m\alpha v_2 + H \left(\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2} \right) + f(s) = 0.$$

Mais en ne prenant qu'une seule quantité s , on n'a pas ainsi l'intégrale générale de l'équation.

On en aura une plus générale en prenant pour A_0 une série de Fourier ou une fonction de la forme :

$$\Lambda_0 = \Sigma (a_j e^{\beta_j x_j + \gamma_j y}).$$

La fonction v_1 se trouve être alors de la même forme, par suite aussi le terme constant de l'équation en v_2 . Cette équation devient donc :

$$(5_2)' \quad 2 m \alpha v_2 + H \left(\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2} \right) + \Sigma a'_j e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} = 0.$$

On obtiendra v_2 de manière analogue à v_1 en posant :

$$v_2 = \dots B_{-2} + B_{-1} + B_0 + B_1 + B_2 + \dots$$

d'où :

$$2 m \alpha [\dots + B_{-2} + B_{-1} + B_0 + B_1 + B_2 + \dots] + H \left[\dots \frac{d^2 B_{-2}}{dx^2} + \frac{d^2 B_{-2}}{dy^2} + \frac{d^2 B_{-1}}{dx^2} + \frac{d^2 B_{-1}}{dy^2} + \frac{d^2 B_0}{dx^2} + \frac{d^2 B_0}{dy^2} + \dots \right] + \Sigma a'_j e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} = 0.$$

Le développement est même plus simple à obtenir que celui de v_1 , car on peut borner la série à sa partie ascendante ou à sa partie descendante suivant les valeurs des coefficients β' et γ' .

On posera par exemple : B

$$B_{-1} = B_{-2} \dots = B_{-p} = 0,$$

et

$$2 m \alpha B_0 + \Sigma a'_j e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} = 0,$$

d'où

$$B_0 = - \frac{1}{2 m \alpha} \Sigma a'_j e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} = - \frac{1}{2 m \alpha} [\varrho_2(s) + \sigma_2(s_1) + \dots]$$

pour revenir aux notations de v_1 ,

$$2 m \alpha B_1 + H \left(\frac{d^2 B_1}{dx^2} + \frac{d^2 B_1}{dy^2} \right) = 0;$$

$$(8)' \quad \left\{ \begin{aligned} B_1 &= + \frac{H}{(2 m \alpha)^2} \Sigma a'_j (\beta'^2 + \gamma'^2) e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} \\ &= \frac{H}{4 m^2 \alpha^2} \cdot [(\beta'^2 + \gamma'^2) \varrho_2''(s) + \dots] \\ B_2 &= - \frac{H}{2 m \alpha} \left(\frac{d^2 B_1}{dx^2} + \frac{d^2 B_1}{dy^2} \right) \dots \text{etc} \dots \end{aligned} \right.$$

Ces opérations ne comportent qu'une suite de différenciations.
Si, au contraire, on prenait la partie ascendante, on aurait :

$$(8)'' \left\{ \begin{array}{l} 2 m \alpha B_0 + H \left(\frac{d^2 B_{-1}}{dx^2} + \frac{d^2 B_{-1}}{dy^2} \right) = 0, \\ \text{alors :} \\ H \left(\frac{d^2 B_0}{dx^2} + \frac{d^2 B_0}{dy^2} \right) + \sum a'_j e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} = 0. \end{array} \right.$$

De la deuxième équation on déduit :

$$B_0 = -\frac{1}{H} \sum \frac{a'_j}{\beta_j'^2 + \gamma_j'^2} e^{\beta'_j x + \gamma'_j y}$$

d'où :

$$B_1 = \frac{2 m \alpha}{H^2} \sum \frac{a'_j}{(\beta_j'^2 + \gamma_j'^2)^2} e^{\beta'_j x + \gamma'_j y}$$

et ainsi de suite.

Le développement ascendant (8)'' s'appliquera au cas où H sera grand, le développement descendant (8)' au cas où H sera petit.

v_2 étant calculé, les opérations donnant le terme tout connu de v_3 fourniront encore une fonction de même forme et l'on pourra poser :

$$(5)_3 \quad 3 m \alpha v_3 + H \left(\frac{d^2 v_3}{dx^2} + \frac{d^2 v_3}{dy^2} \right) + \sum a''_j e^{\beta''_j x + \gamma''_j y} = 0$$

d'où pour v_3 encore une fonction de même forme.

On peut donc indiquer la propriété suivante :

L'équation indéfinie de la surface libre est intégrable dans le cas général par une série à triple entrée de la forme

$$h = \sum C_j e^{-p z t + \beta_j x + \gamma_j y}$$

où p entier, α constant, β et γ des constantes arbitraires.

Les calculs précédents donnent un moyen d'obtenir les termes en x et y correspondant aux différentes puissances de $e^{\alpha t}$.

Cas particuliers. — Quelques cas particuliers sont à envisager comme offrant des formules relativement maniables.

Soit l'équation de v_1 :

$$m \alpha v_1 + H \left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2} \right) = 0$$

et prenons $v_1 = f(\beta x + \gamma y)$ seulement,

il vient : $m \alpha f(s) + H (\beta^2 + \gamma^2) f''(s) = 0,$

f est donc solution d'une équation différentielle linéaire à coefficients constants. On a donc :

$$(9) \quad v_1 = f(s) = a_1 \cos \sqrt{\frac{m \alpha}{H (\beta^2 + \gamma^2)}} (\beta x + \gamma y) \\ + b_1 \sin \sqrt{\frac{m \alpha}{H (\beta^2 + \gamma^2)}} (\beta x + \gamma y)$$

$$v_1 = a_1 \cos ks + b_1 \sin ks, \quad \text{ou encore : } k = \sqrt{\frac{m \alpha}{H (\beta^2 + \gamma^2)}} \\ v_1 = A_1 e^{k s} + B_1 e^{-k s}.$$

L'indétermination des coefficients β et γ permettrait de prendre comme on l'a vu plus haut :

$$v_1 = \Sigma (A_j e^{k_j s_j} + B_j e^{-k_j s_j})$$

mais limitons-nous au premier terme. On en déduit :

$$\frac{dv_1}{dx} = \beta k i A_1 e^{k s} - \beta k i B_1 e^{-k s} \\ \frac{d^2 v_1}{dx^2} = -\beta^2 k^2 [A_1 e^{k s} + B_1 e^{-k s}]$$

expressions analogues pour les dérivées par rapport à y . Substituons dans l'équation de v_2 , il vient :

$$2 m \alpha v_2 + H \left[\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2} \right] - (\beta^2 + \gamma^2) k^2 (A_1^2 e^{2 k s} + B_1^2 e^{-2 k s}) = 0.$$

On peut donc poser :

$$v_2 = A_2 e^{2 k s} + B_2 e^{-2 k s},$$

d'où :

$$[2 m \alpha - 4 k^2 H (\beta^2 + \gamma^2)] (A_2 e^{2 k s} + B_2 e^{-2 k s}) \\ - 2 (\beta^2 + \gamma^2) k^2 (A_1^2 e^{2 k s} + B_1^2 e^{-2 k s}) = 0. \\ [2 m \alpha - 4 k^2 (\beta^2 + \gamma^2) H] A_2 = 2 (\beta^2 + \gamma^2) k^2 A_1^2,$$

d'où :

$$A_2 = \frac{2(\beta^2 + \gamma^2)k^2 A_1^2}{2m\alpha - 4k^2(\beta^2 + \gamma^2)H} = \frac{2(\beta^2 + \gamma^2)k^2 A_1^2}{-2k^2(\beta^2 + \gamma^2)H} = -\frac{A_1^2}{H},$$

d'où :

$$v_2 = -\frac{A_1^2 e^{2his} + B_1^2 e^{-2his}}{H}.$$

L'équation donnant v_3 deviendra alors :

$$\begin{aligned} 3m\alpha v_3 + H \left(\frac{d^2 v_3}{dx^2} + \frac{d^2 v_3}{dy^2} \right) + \frac{4k^2(\beta^2 + \gamma^2)}{H} (A_1^2 e^{2his} \\ + B_1^2 e^{-2his}) (A_1 e^{his} + B_1 e^{-his}) \\ + \frac{k^2(\beta^2 + \gamma^2)}{H} (A_1 e^{his} + B_1 e^{-his}) (A_1^2 e^{2his} + B_1^2 e^{-2his}) \\ + \frac{4k^2(\beta^2 + \gamma^2)}{H} (A_1 e^{his} - B_1 e^{-his}) (A_1^2 e^{2his} - B_1^2 e^{-2his}) = 0, \end{aligned}$$

ou :

$$\begin{aligned} 3m\alpha v_3 + H \left(\frac{d^2 v_3}{dx^2} + \frac{d^2 v_3}{dy^2} \right) + 7(A_1^3 e^{3his} + B_1^3 e^{-3his}) \frac{m\alpha}{H^2} \\ + A_1 B_1 (A_1 e^{his} + B_1 e^{-his}) \frac{m\alpha}{H^2} = 0. \end{aligned}$$

Posons alors :

$$v_3 = A_3 e^{his} + B_3 e^{-his} + A_3' e^{3his} + B_3' e^{-3his},$$

d'où :

$$\begin{aligned} [3m\alpha - k^2(\beta^2 + \gamma^2)H] (A_3 e^{his} + B_3 e^{-his}) + [3m\alpha - 9k^2(\beta^2 \\ + \gamma^2)H] (A_3' e^{3his} + B_3' e^{-3his}) + 9 \frac{(A_1^3 e^{3his} + B_1^3 e^{-3his})}{H^2} m\alpha \\ + \frac{A_1 B_1 (A_1 e^{his} + B_1 e^{-his})}{H^2} m\alpha = 0, \end{aligned}$$

d'où :

$$\begin{aligned} A_3 = -\frac{A_1^2 B_1}{3m\alpha - k^2(\beta^2 + \gamma^2)H} = -\frac{A_1^2 B_1}{2H^2} \quad B_3 = -\frac{A_1 B_1^2}{2H^2} \\ A_3' = \frac{3A_1^3}{2H^2} \quad B_3' = \frac{3B_1^3}{2H^2}, \end{aligned}$$

donc :

$$v_3 = \frac{3}{2H^2} [A_1^3 e^{3his} + B_1^3 e^{-3his}] - \frac{A_1 B_1}{2H^2} [A_1 e^{his} + B_1 e^{-his}]$$

et ainsi de suite.

On peut d'ailleurs encore ajouter à la valeur de v_2 précédente, une solution quelconque de l'équation :

$$2 m \alpha w_2 + H \left(\frac{d^2 w_2}{dx^2} + \frac{d^2 w_2}{dy^2} \right) = 0,$$

soit :
$$w_2 = A'_2 e^{k_2 i s} + B'_2 e^{-k_2 i s}$$

avec :
$$k_2 = \pm \sqrt{\frac{2 m \alpha}{H}} = k \sqrt{2} k.$$

A'_2 et B'_2 sont alors indépendants de A_1 et B_1 . Mais alors on a dans l'expression de v_3 des termes en $e^{k(1+\sqrt{2})i s}$, etc...

De même à l'expression de v_3 , on peut ajouter l'une des solutions de l'équation :

$$3 m \alpha w_3 + H \left(\frac{d^2 w_3}{dx^2} + \frac{d^2 w_3}{dy^2} \right) = 0,$$

$$w_3 = A''_3 e^{k \sqrt{3} i s} + B''_3 e^{-k \sqrt{3} i s}.$$

On déterminera les autres coefficients comme plus haut.

En fin de compte, on a dans ce cas particulier :

$$(10) \quad h(x_1, y_1, t) = (A_1 e^{h_1 s} + B_1 e^{-h_1 s}) e^{-a_1 t} - \frac{A_1^2 e^{2 h_1 s} + B_1^2 e^{-2 h_1 s}}{H} e^{-2 a_1 t} + \frac{3(A_1^3 e^{3 h_1 s} + B_1^3 e^{-3 h_1 s}) - A_1 B_1 (A_1 e^{h_1 s} + B_1 e^{-h_1 s})}{2 H^2} e^{-3 a_1 t} + \dots$$

ou en remplaçant les exponentielles par des sinus et cosinus :

$$(10)' \quad \begin{aligned} A_1 e^{h_1 s} + B_1 e^{-h_1 s} &= a_1 \cos ks + b_1 \sin ks. \\ A_1 &= \frac{a_1 - b_1 i}{2} & B_1 &= \frac{a_1 + b_1 i}{2}. \end{aligned}$$

$$(10)' \quad \begin{aligned} h(x_1, y_1, t) &= (a_1 \cos ks + b_1 \sin ks) e^{-a_1 t} \\ &\quad - \frac{(a_1^2 - b_1^2) \cos 2 ks - 2 a_1 b_1 \sin 2 ks}{2 H} e^{-2 a_1 t} \\ &\quad + e^{-3 a_1 t} \left[\frac{3(a_1^3 - 3 a_1 b_1^2) \cos 3 ks + (-3 b_1^3 + b_1^3) \sin 3 ks}{H^2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{8} \left(\frac{a_1^2 + b_1^2}{H^2} \right) (a_1 \cos ks + b_1 \sin ks) \right] + \dots \end{aligned}$$

Remarque. — Dans les calculs précédents, j'ai supposé que α est réel; mais on peut aussi prendre dans la relation (4) α ima-

ginaire, on aura h réel comme somme de deux séries à termes complexes conjugués :

$$(11) \begin{cases} h = \lambda(x, y, t, i) + \lambda(x, y, t, -i), \\ \text{ou :} \\ h = \frac{1}{i} [\lambda(i) - \lambda(-i)]. \end{cases}$$

De telles expressions satisferont aussi à l'équation indéfinie (1) si les séries sont convergentes. Le terme général est alors de la forme :

$$C_j (a_j \cos p \beta t + b_j \sin p \beta t) e^{-p \alpha' t + \beta_j x + \gamma_j y}.$$

$$\text{Si :} \quad \alpha = \alpha' + \beta t.$$

J'examinerai plus tard ce cas, qui n'intervient pas dans ce qui suit. Il peut permettre d'étudier peut-être l'influence sur une source d'ondes périodiques, comme par exemple celles des vagues annuelles d'infiltration lointaine dans une nappe captive sur une source thermale; ou encore de déceler la présence d'actions momentanées sur cette source.

On peut encore dire que l'application à un diagramme de débit de la théorie précédente revient à une « analyse harmonique » — dont les périodes (au moins dans le cas suivant) seraient imaginaires. Une surface d'infiltration peu différente d'un plan, ou peu courbée (h petit, où z distance à un plan choisi comme repère, dans le cas où ce plan serait incliné et où, par un changement de coordonnées, on pourrait encore le ramener au premier cas de M. Boussinesq) — une telle surface correspond à une exponentielle fondamentale très importante, et à des harmoniques imaginaires 2, 3, etc. — nuls ou négligeables. Quand la courbure et l'irrégularité de la surface libre deviennent notables, les « harmoniques » 2 et 3 prennent rapidement de l'importance.

Les variations annuelles de ces harmoniques en période d'épuisement pourraient peut-être même, si l'on avait des évaluations assez précises des débits, fournir des renseignements sur les modifications de forme de la surface libre interne.

II — Application à la recherche des formules de prévision de débit des sources

L'examen géologique du bassin et du réservoir d'alimentation de la source donnera des indications sur l'étendue de la surface libre, son élévation probable au-dessus du seuil, la largeur de ce seuil, la profondeur de la nappe, l'étendue et la forme du contour libre et des contours parois, en même temps que sur le coefficient d'imprégnation μ et les pertes de charge spécifiques moyennes de la roche perméable.

J'examinerai plus tard comment on pourrait tenir compte de ces données, et comment on pourrait en déduire *a priori* des renseignements sur les ordres de grandeur des fonctions v_1 , v_2 , etc..., qui déterminent la convergence et la rapidité de la série, et réciproquement comment on pourrait tirer de la formule du débit en fonction du temps des déductions au sujet de l'imprégnation et des pertes de charge de la roche.

Pratiquement, pour obtenir une prévision il suffit d'appliquer la méthode des coefficients indéterminés, laquelle indiquera de plus jusqu'à quelle puissance de $e^{-\alpha t}$ il faut aller. On posera donc, si l'on appelle Q ce débit au temps t :

$$(12) \quad Q = U_1 e^{-\alpha t} + U_2 e^{-2\alpha t} + U_3 e^{-3\alpha t} + \dots$$

Les quantités U dépendront de la nature et des dimensions de l'« appareil interne » et de la hauteur d'infiltration.

Une sorte de vérification expérimentale de cette théorie semble résulter de ce fait que : si l'on détermine d'abord une valeur de α en faisant passer une exponentielle par deux points d'un graphique de débit de source, comme on le verra plus loin, toute combinaison analogue à la formule (12) présente une courbe dont l'allure est très voisine de celle du débit de la source, et cela pour de grandes variations des coefficients supérieurs U_2 et U_3 .

Influence des infiltrations successives. — Admettons un instant avec M. Boussinesq que l'eau infiltrée dans une période donnée de pluie soit arrivée tout entière au temps τ_0 et produise une surélévation h_0 de la surface libre, alors :

$$h_0 = u_{(1,0)} + u_{(2,0)} + \dots$$

d'où résulte un débit partiel :

$$q_\tau = k_1 u_{(1,0)} + k_2 u_{(2,0)} + \dots$$

Au bout du temps τ , ce débit sera devenu :

$$q_\tau = k_1 u_{(1,0)} e^{-\alpha\tau} + k_2 u_{(2,0)} e^{-2\alpha\tau} + \dots$$

C'est le débit que nous avons constaté, additionné d'ailleurs des débits partiels provenant de toutes les autres infiltrations qui ont eu lieu à des instants $\tau_0 \dots \tau_1 \dots$, etc. On a donc :

$$Q = \sum k_1 (u_{1,j}) e^{-\alpha\tau_j} + \sum k_2 (u_{2,j}) e^{-2\alpha\tau_j} + \dots$$

Soient U_1, U_2 les coefficients calculés, on a donc (en admettant que les quantités k restent les mêmes pour les débits partiels successifs) :

$$U_1 = \sum k_1 u_{1,j} e^{-\alpha\tau_j}, \quad U_2 = \sum k_2 u_{2,j} e^{-2\alpha\tau_j}, \text{ etc...}$$

Nous appellerons les quantités $k_1 u_{1,j} = v_{1,j}$, $k_2 u_{2,j} = v_{2,j}$, etc., coefficients initiaux relatifs à l'infiltration partielle terminée à l'instant τ_j .

Si l'on suppose par exemple concentrées au moment du maximum (ce qui n'est pas vrai, surtout pour la France, mais l'est avec quelque approximation pour les pays à hiver humide et à été très sec comme le nord de l'Afrique) les infiltrations principales donnant naissance à ce maximum, et soit τ l'intervalle de temps entre le maximum et l'instant 0 où on a calculé les coefficients U_i on a :

$$v_1 = U_1 e^{\alpha\tau} \quad v_2 = U_2 e^{2\alpha\tau}, \text{ etc.}$$

On voit donc que le graphique d'une infiltration partielle se rapproche d'autant plus d'une exponentielle simple que cette infiltration a eu lieu à une époque plus reculée.

Si l'on admettait que les coefficients initiaux d'une infiltration quelconque soient proportionnels à des nombres constants, l'atténuation produite par le temps se fera d'abord sentir sur les termes supérieurs, et ne gagnera que peu à peu le premier terme.

On peut remarquer qu'un débit quelconque peut aussi se décomposer en une somme de débits exponentiels. Le fait analy-

tique est comparable à l'« analyse harmonique » des fonctions ; mais ici les périodes sont imaginaires pures.

Les considérations précédentes montrent en outre que les coefficients U d'une formule calculée à un instant quelconque et les coefficients initiaux définis plus haut sont de mêmes signes. Si d'une année à l'autre les signes de certains ont changé, c'est qu'il y a une modification dans les coefficients initiaux eux-mêmes, c'est-à-dire dans la répartition en surface des infiltrations, ou même, dans le cas d'une source en relation avec d'autres ou avec une nappe captive, dans les « pertes » de la source elles-mêmes.

III — Sur la prévision des débits des sources du Zaghouan

Ayant eu en mains, au cours d'une mission en Tunisie, grâce à l'obligeance du service des eaux et de l'arrondissement de Tunisville, non pas le tableau des mesures exactes des débits des sources du Zaghouan près de Tunis, qui ne sont pas relevées, mais les nombres fournis chaque semaine au service du contrôle par la compagnie concessionnaire — au moyen desquels il est possible de reconstituer un graphique annuel approximatif de débit, j'ai essayé d'appliquer les principes précédents à la prévision et à la discussion des débits de ces sources.

On sait que ce massif est formé d'une grande masse de calcaire jurassique limitée de toutes parts par des terrains imperméables formant une ceinture latérale étanche (néocomien au N. W., éocène au S. E.). Ce massif est dans la profondeur en relation par continuité, au moins au N. W., avec une nappe captive attestée par l'existence de sources thermales. La résistance opposée par la roche à la descente des eaux en profondeur est suffisante pour maintenir une surface libre élevée à l'intérieur du massif. Cette nappe libre donne naissance à des sources en des points bas de la ceinture. La surface libre est inclinée assez régulièrement vers le Nord, où se trouvent deux sources importantes drainant la plus grande partie des eaux du massif et captées

aujourd'hui pour l'alimentation de Tunis. Ce sont *Aïn-Ayed* et la *Source de la Nymphée* (fig. 2).

Des débits de la première je ne m'occuperai pas, car elle sert, en outre, aux besoins locaux (ville et jardins de Zaghouan), et

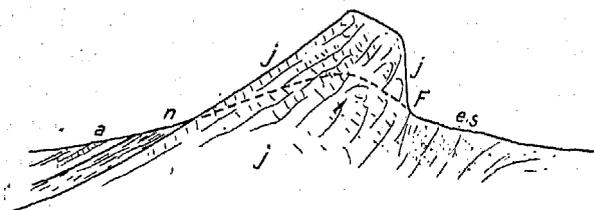


Fig. 2.

F faille du Zaghouan.
 j calcaires jurassiques.
 n néocmien.
 a aptien.
 e.s. éocène supérieur.
 ——— surface libre.

les nombres d'exploitation ne représentent que de trop loin le débit réel de cette source. Les nombres relatifs à la deuxième offrent, au contraire, une certitude plus grande. Ils ne représentent d'ailleurs le débit de la source que dans les périodes de fermeture complète des décharges, alors que l'eau est envoyée en totalité dans la conduite de Tunis, soit le plus souvent au voisinage des étiages. Ces nombres ne variant d'ailleurs pas toujours du jour au lendemain, montrent que les lectures effectives n'ont lieu que quand les circonstances météorologiques font prévoir un changement de débit. Le graphique anguleux obtenu en portant

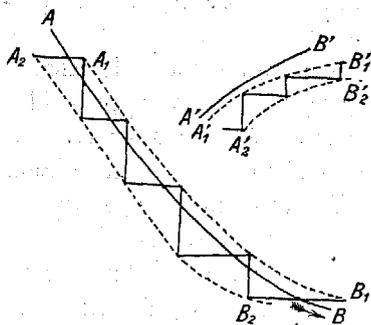


Fig. 3.

AB branche descendante.
 A'B' branche ascendante.

en abscisses, les jours et, en ordonnées, ces nombres, se trouve au-dessous de la courbe réelle de débit aux périodes ascendantes, et aux périodes descendantes qui nous occupent; il empiète plus ou moins sur la courbe réelle. Les angles rentrants sont à l'intérieur et les angles sortants à l'extérieur. En réunissant donc par un trait les angles saillants et les rentrants, on obtient deux courbes com-

prenant entre elles la courbe réelle (fig. 3). Quoi qu'il en soit,

ce mode de contrôle est très suffisant en tant qu'opération industrielle et administrative ; je n'ai donné tous ces détails qu'à titre de discussion purement scientifique sur la valeur des nombres utilisés.

Si, en outre, on considère séparément l'allure de ces deux courbes, on y constate encore des irrégularités qui, par exemple en périodes de sécheresse, ne s'expliquent pas par des infiltrations. Elles peuvent tenir ou à des erreurs par suite de trop grande hâte des lectures par le gardien, ou à des variations réelles de débit provenant de *variations dans le coefficient d'imprégnation* des tranches successives de roche occupées ou évacuées pendant le remplissage ou l'épuisement du réservoir d'alimentation. Or, les calcaires du Zaghouan sont par excellence des roches perméables en grand (grottes du Poste Optique, puits naturels débouchant dans le grand escarpement au-dessus de la « Faille », etc.). On sait que la présence d'une large cavité à la surface libre même produit, quand elle se vide, un palier de la courbe de débit, tandis que celle de fissures étroites ou peu nombreuses augmente l'inclinaison de cette courbe. Il en est ainsi par exemple dans le graphique de 1909 dont je donne une partie [fig. 4] (1).

On ne peut donc représenter par le calcul qu'une courbe moyenne donnant la valeur du débit, abstraction faite de ces variations instantanées. L'installation d'appareils de contrôle, sur les griffons mêmes et toutes les décharges, permettrait l'étude de ces variations instantanées, mais ne conduirait peut-être pas à une prévision beaucoup plus précise à quelque distance, en raison même de ces variations.

Je m'étais d'abord adressé à des fonctions algébriques donnant soit le débit en fonction du temps, soit le temps en fonction du débit. Aucune ne rend compte de l'allure des phénomènes surtout quand on s'éloigne du maximum, et c'est précisément là qu'apparaît l'utilité d'une telle formule.

Une exponentielle simple rend mieux compte des faits, surtout loin du maximum. Dans l'intervalle, elle offre un graphique trop peu courbé : la courbe réelle est nettement déprimée par rapport

(1) Une étude plus récente sur les infiltrations du massif m'a montré qu'en réalité ce graphique est plus exact qu'il ne semble ici. Les irrégularités précédentes sont plutôt dues à des actions rapprochées sur la source.

à elle. Le graphique brut de 1907 offre dans le courant de l'été, pendant près de 90 jours, une dépression constante correspondant à la non-indication de 800 à 900 m³/jour. Si l'on fait abstraction de ce déficit constant, on arrive à une courbe très voisine d'une exponentielle simple. Telle est d'ailleurs aussi la formule qu'on obtient en partant de points pris ailleurs que dans cette partie déprimée.

Pour l'année 1908, dont les déterminations sont plus nombreuses et plus certaines et surtout qui a présenté une longue période sans aucune pluie de mai à octobre, j'avais choisi une formule analogue à celle de M. E. Maillet pour les sources de la Vanne (1) :

$$\log. Q + \alpha t = \beta.$$

Avec soit $\beta = C^{ta}$, soit $\beta =$ fonction de Q ou de t .

L'unité de temps était le jour; l'origine étant fixée au 13 janvier 1907, on a pris comme points de départ les données suivantes :

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,002111 & \beta &= 5,1026 + v. & v &= \frac{5,75 \left(\frac{Q}{1000} - a \right) \left(\frac{Q}{1000} - b \right) 10^{-3}}{\left(\frac{Q}{1000} - 8,5 \right)^2 + 1,09} \\ a &= 11,15 & b &= 6,85. \end{aligned}$$

Q	t	v
11150	500	0
9500	530	-0,014 ou -0,012
8500	550	-0,026
6850	600	0 ou négl.
5870	650	<i>id.</i> puis $v = 0,093$ et au delà.

Cette formule, pour des valeurs petites de Q , donne pour v des valeurs petites et presque constantes; donc, la courbe se rapproche en période d'épuisement d'une exponentielle.

La fraction rationnelle v a pour rayon de convergence $Q = 8500$, soit une valeur du tableau précédent. Ceci explique le peu de rapidité du développement de v en fonction de Q pour les autres

(1) E. MAILLET, *Sur la courbe des débits d'une source (C. R. Acad. Sc., CXXXVII, p. 676. 1903); Sur la prévision des débits des sources de la Vanne (id., p. 947).*

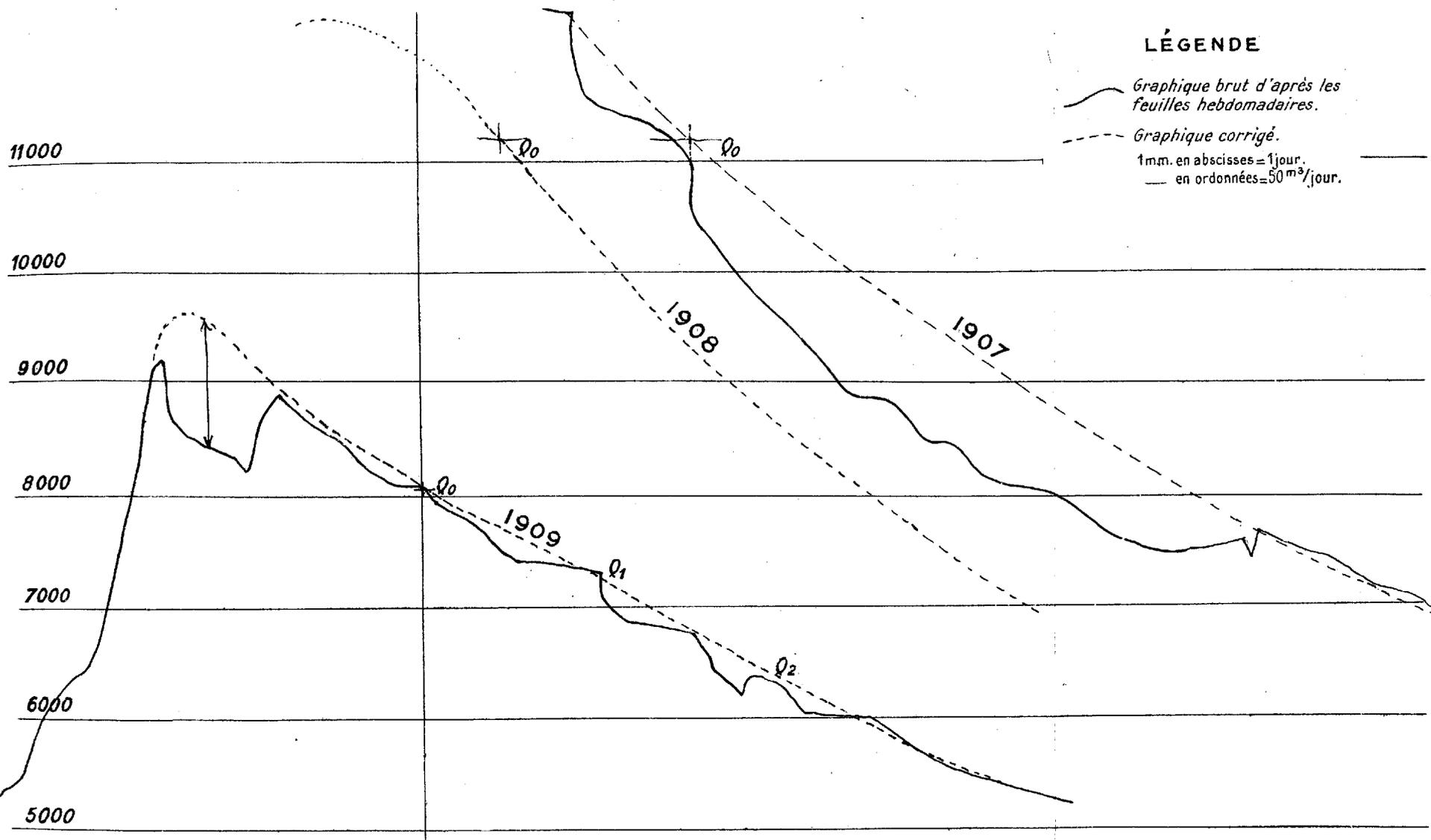


Fig. 4.

valeurs, par suite, la difficulté où l'on est de le représenter par une fonction entière de peu de termes.

Pour l'année 1907, on obtient en partant des données :

t	t (rapporté à 1908) pour comparaison	Q (1907)	Q (1908) pour comparaison
130	500	11150	11150
234	604	7650	6650

On en déduit $\alpha = 0,00157$ (dans le système décimal et en prenant le jour pour unité).

Une deuxième exponentielle calculée par excès a donné :

$$\alpha = 0,001635, \quad \text{et } \beta \text{ (rapporté à 1908) : } \beta = 4,870.$$

Pour 1909, malgré un déversement de 700 à 800 m³ au voisinage du maximum, les débits relatifs à la période descendante suivante, qui ont été confirmés par la Compagnie des eaux, offrent une certitude relative. Pour $Q = 8500$, on a (courbe corrigée) $t = 869$ (même origine), soit 311 jours après le même débit de 1908. On a donc eu cette année de faibles débits bien plus tôt : 55 jours plus tôt qu'en 1908. On est donc parti des données suivantes :

t (1909)	T (1908)	Q	
859	548	8930	
880	569	8070	d'où : $\alpha = 0,002096$

presque le même qu'en 1908. Les deux graphiques sont d'ailleurs assez semblables, bien que celui de 1909 soit au-dessous de celui de 1908.

Mais les exponentielles simples ne pouvaient constituer qu'une première approximation, et, d'autre part, la correction v_2 , calculée pour 1908 seulement, ne semblait pas devoir s'appliquer aux autres années, du moins sous la forme d'une fraction rationnelle semblable. C'est alors que je me suis adressé à une série exponentielle.

On a posé : $\alpha = 0,0015,$
 et : $Q = U_1 10^{-\alpha t} + U_2 10^{-2\alpha t} + U_3 10^{-3\alpha t}.$

Pour 1907 et 1908, j'ai calculé les coefficients U pour les va-

leurs : $t=0$, et $Q=11150$. J'ai fait varier t de 60 en 60 jours à partir de cette valeur et posé :

$$Z=10^{-60\alpha}=0,81282.$$

Les coefficients U sont alors donnés par les équations :

$$\begin{aligned} q_0 &= U_1 + U_2 + U_3 \\ q_1 &= q_{(t+60)} = U_1 Z + U_2 Z^2 + U_3 Z^3 \\ q_2 &= U_1 Z^2 + U_2 Z^3 + U_3 Z^4 \end{aligned}$$

Une quatrième équation peut même servir à déterminer Z , par suite α . Il est préférable de procéder par approximations successives. C'est de cette façon que j'ai remarqué que les valeurs les plus commodes de α , celles qui rapprochent le plus la fonction d'une exponentielle simple, sont : $\alpha=0,0015$ ou $\alpha=0,0016$.

Les données initiales ont donc été, ainsi que les coefficients :

	q_0	q_1	q_2	U_1	U_2	U_3	$\alpha=0,0015$
1907	11150	8800	7300	10905	165	80	
1908	11150	8100	6260	9235	-2931	4846	

Pour 1909, on ne pouvait, par suite de la moindre valeur du maximum, prendre comme débit initial 11150. On a dû prendre : $q_0=8100$, $q_1=7250$ (après 30 jours, soit correspondant à $Z^{\frac{1}{2}}$),
 $q_2=6450$,

d'où :

$$1909 \quad U_1=8412 \quad U_2=-1583 \quad U_3=1271$$

La comparaison de ces trois années résulte de celle des formules de débit. D'abord le graphique de 1907 diffère peu de celui d'une exponentielle simple. Il n'en est pas de même de celui de 1908 qui présente toujours, de quelque valeur que l'on parte, un terme du troisième ordre positif et considérable (avec $\alpha=0,0015$ ou $\alpha=0,0016$, d'ailleurs).

La différence d'allure ressort aussi de la détermination approchée des coefficients initiaux : $u_m=10^{m\alpha}U_m$, τ étant l'intervalle de temps écoulé depuis le maximum précédent. On a ainsi les nombres suivants, qui ne sont d'ailleurs qu'approximatifs :

	τ	u_1	u_2	u_3
1907	70 j.	13890	267	165
1908	35 j. ?	10422	-3733	6964
1909	45 j. (8 100)	9826	-2160	2026

Si, de plus, on considère non les coefficients initiaux, mais leurs valeurs relatives, soit pour le premier les rapports : $\frac{u_1}{u_1 + u_2 + u_3}$ on trouve pour :

	1907	1908	1909
$\frac{u_1}{u_1 + u_2 + u_3}$	0,97	0,765	1,01

On remarque que ce rapport est notablement moindre pour 1908 que pour 1907 et 1909.

La présence d'un élément du troisième ordre important en 1908 ne semble guère être contestable, malgré l'incertitude affectant toujours les données qui ont servi au calcul. En 1909 aussi, cet « harmonique » apparaît. Quelles interprétations ce fait comporterait-il ?

Il semblerait qu'en 1907 et en 1908, la forme de la surface libre interne ait été différente. En 1907, elle est très voisine d'un plan, puisque le graphique de débit est presque une exponentielle, et plus voisin d'une droite qu'en 1908. En cette année et en 1909, il semble qu'elle ait subi une surélévation locale qui aurait donné naissance aux termes supérieurs. Ce fait peut s'expliquer par la présence du « couloir de la Nymphée » directement au-dessus de la source, et par les chutes considérables et brusques de pluie un peu après le 20 mars 1908 (plus de 180 millimètres en quinze jours). La période du maximum est malheureusement celle des pertes et des déversements non contrôlés, par suite celle où l'incertitude des mesures est la plus grande; cependant, il semble que le maximum ait eu une forme *plus arrondie et moins saillante* qu'en 1907, peu en rapport avec la brusquerie de la montée qui l'a précédé. Par contre, en 1907, pendant l'hiver, beaucoup de neige était tombée sur la montagne; cette neige, par sa fusion, a donné naissance à une infiltration abondante et surtout locale. Cette infiltration s'est produite autant dans les fissures des parties hautes de la roche que dans les ravins. On aurait donc eu en 1907 une infiltration répartie sur la surface libre d'une façon plus uniforme qu'en 1908; de là une surface libre en épuisement plus plane, par suite un graphique de débit plus voisin d'une exponentielle. En 1908, au contraire, l'alimentation au mois d'avril a eu lieu d'abord par

le couloir de la Nymphée, puis par des déversements progressifs et peu réguliers de cours d'eau souterrains provenant de parties basses parfois éloignées du griffon de la source.

Une autre cause peut aussi être envisagée. Si l'on ouvrait une communication entre la nappe libre et une nappe ou un réservoir absorbants; autrement dit, si la nappe avait des pertes locales nouvellement produites et à quelque distance de la source, il se produirait en cet endroit une dépression de la surface libre. La portion de cette surface alimentant la source deviendrait plus étroite et offrirait des pentes plus accentuées; d'où, dans la formule du débit, la présence d'un terme négatif (déficit) et d'un autre terme d'ordre supérieur — soit ce que nous trouvons précisément dans la formule de 1908.

Or, en 1909, le maximum qu'on aurait été en droit d'attendre d'après les chutes de pluie de l'hiver n'a pas été atteint. Ce maximum, déterminé au moyen du graphique corrigé d'un déversement journalier de près de 1.000 m³, ne dépasse pas 9.600 à 9.700 m³ par jour. La différence est même notable. J'ai fait, à ce propos, le calcul approximatif suivant :

Si l'on suppose que le débit dû aux eaux précédemment infiltrées soit au 1^{er} mars 1908 de 4.648 m³/jour (en réalité il varie, mais lentement), le total relatif aux 50 jours qui ont suivi a été de 232.400 m³. Le total offert par les feuilles hebdomadaires pour la même période a été de 429.162. La quantité due à l'infiltration a donc été de 196.762 pour une chute de pluie dans le même temps de 190,7 millimètres à Zaghouan-ville, cause reconnue de l'infiltration.

En 1909, dans la période correspondante d'hivernage, répartie de la même manière autour du maximum, le débit restant était d'environ 5.101, d'où en 50 jours: 255.050 pour un total de 322.156 — restent donc dus aux infiltrations: 67.106 pour une chute totale de pluie de 111,5 millimètres.

Si rien n'a été changé dans l'appareil interne, le rapport de ces quantités d'eau aux chutes de pluie est très près d'être proportionnel aux coefficients d'infiltration. On aurait donc pour ces rapports :

$$\text{pour 1908 } \frac{196}{190} = 1,03 \quad \text{et pour 1909 } \frac{67}{111} = 0,604$$

Ces nombres ont donc varié comme de 1 à 0,6.

On sait combien sont variables les coefficients d'infiltration sous des influences multiples : température, vitesse du vent, humidité de l'air, insolation, hauteur même de chaque chute de pluie. Or les nombres précédents sont relatifs à la *même montagne* et à la *même époque de l'année* ; les chutes d'eau surtout diffèrent. J'avoue que le coefficient d'infiltration d'une pluie aussi copieuse que celle de fin mars 1908, dans des calcaires cariés sans humus, doit être supérieur à celui de petites pluies ou de pluies moyennes. Mais est-ce dans la proportion de 0,6 à 1 ? Pour conclure avec certitude, il importerait d'avoir des données directes et précises sur les coefficients d'infiltration.

Certaines publications, étrangères il est vrai aux questions techniques, ont prétendu que « les débits de cette source ont été constamment en diminuant ». D'autre part, le déplacement vers le sud du « Temple des Eaux » du griffon principal, au moins à partir de l'époque romaine — et antérieurement aux opérations de dégagement de 1883 — semble indéniable, ainsi que l'existence de venues d'hiver accidentelles dans un thalweg voisin à une cote peu inférieure à l'altitude moyenne du griffon capté.

Quoi qu'il en soit, les déterminations ne sont ni assez précises ni échelonnées sur une période suffisante pour permettre de conclure.

Méthode applicable pour la prévision. — On construit le graphique des débits à partir du maximum de l'année (de mars à mai, suivant l'époque de la fin des grandes pluies) pendant 30 à 50 jours, comme on l'a fait plus haut.

Cette détermination donne l'exponentielle simple fondamentale. Une prévision plus exacte s'obtiendra par une formule à trois termes :

$$q = U_1 10^{-\alpha t} + U_2 10^{-2\alpha t} + U_3 10^{-3\alpha t}$$

La détermination de ces coefficients nécessite une période plus longue. On pourra supposer, provisoirement, que les coefficients initiaux de l'année en cours sont proportionnels à ceux de l'année précédente. Ainsi, en se fondant sur le peu de différence entre les coefficients de 1908 et 1909, on pourra prendre comme coeffi-

cients initiaux pour 1910 les nombres : $9000a$, $-2300a$ et $3000a$, d'où, pour une époque de τ jours après ce maximum (sans infiltrations toutefois pendant cette période):

$$q_0 = [9000 10^{-\alpha t} - 2300 10^{-2\alpha t} + 3000 10^{-3\alpha t}] a,$$

d'où l'on déduit le rapport a et les coefficients U_1 , U_2 , U_3 , de la formule.

L'application de cette formule provisoire pendant quelques semaines indiquera s'il y a des modifications à faire à ces coefficients; d'où, quand les mesures seront plus certaines et plus précises, des renseignements sur la répartition des infiltrations et les pertes possibles, comme on l'a vu plus haut.

D'ailleurs, comme on peut s'en convaincre en calculant les différentielles des coefficients, à de faibles variations de débits peuvent correspondre des variations considérables de ces coefficients; par suite, α étant choisi une fois pour toutes (0,0015 ou 0,0016), des différences notables dans les coefficients ne donnent que de faibles erreurs sur les débits (en supposant toutefois que $q_0 = \Sigma U$), qui vont encore en se réduisant à mesure que l'on s'éloigne du maximum.

C'est ce qui me semble constituer le principal intérêt pratique de cette méthode.

Dans le cas du calcul du troisième terme au moyen de trois valeurs de q mesurées à des intervalles de temps égaux θ (ici $\theta = 60$ j.), on pourra utiliser les formules suivantes :

$$q_0 \text{ débit au temps } 0, \quad q_1 \text{ au temps } \theta, \quad q_2 \text{ au temps } 2\theta,$$

$$Z = 10^{-\alpha\theta} \qquad \qquad \qquad Z^2 = 10^{-2\alpha\theta}$$

α étant donné, on aura :

$$\log Z^{-1} = \alpha \theta, \quad \text{d'où : } Z \text{ et } Z^2 \quad Z^{-1} \text{ et } Z^{-2}$$

alors :

$$u_3 = \frac{q_0 - q_1 Z^{-1}}{Z(1-Z)^2} - \frac{q_0 - q_2 Z^{-2}}{Z(1-Z)(1+Z)} = \lambda_3 - \mu_3$$

$$u_2 = -(1+Z)u_3 + \frac{q_0 - q_1 Z^{-1}}{(1-Z)}$$

$$u_1 = q_0 - u_2 - u_3$$

Valeurs de α pour lesquelles u_3 est minimum. — Les coeffi-

cients u étant fonctions de α seul, on doit avoir $\frac{du_3}{d\alpha} = 0$. Or, on a, outre les équations de définition des u (M étant le module des logarithmes népériens), si l'on pose $\alpha\theta = \beta$, $\theta d\alpha = d\beta$:

$$\begin{aligned}
 du_1 + du_2 + du_3 &= 0 \\
 10^{-\beta} du_1 + 10^{-2\beta} du_2 + 10^{-3\beta} du_3 - \frac{d\beta}{M} (g_1 + u_2 10^{-2\beta} \\
 &\quad + 2 u_3 10^{-3\beta}) = 0 \\
 10^{-2\beta} du_2 + 10^{-4\beta} du_2 + 10^{-6\beta} du_3 - 2 \frac{d\beta}{M} (g_2 + u_2 10^{-4\beta} \\
 &\quad + 2 u_3 10^{-6\beta}) = 0
 \end{aligned}$$

Si $du_3 = 0$, on a un système de trois équations linéaires et homogènes en $\frac{du_1}{d\beta}$ et $\frac{du_2}{d\beta}$ qui doivent admettre des solutions non toutes nulles, il faut donc que :

$$\begin{aligned}
 2(10^{-\beta} - 10^{-2\beta})(g_2 + 10^{-4\beta} u_2 + 2 \cdot 10^{-6\beta} u_3) - (10^{-2\beta} - 10^{-4\beta}) \\
 (g_1 + 10^{-2\beta} u_2 + 2 10^{-3\beta} u_3) = 0
 \end{aligned}$$

ou en remplaçant $10^{-\beta}$ par x :

$$\begin{aligned}
 2(x - x^2)(g_2 + u_2 x^4 + 2 u_3 x^6) - (x^2 - x^4) \\
 (g_1 + u_2 x^2 + 2 u_3 x^3) = 0
 \end{aligned}$$

ou comme $x \neq 0$ et $x \neq 1$:

$$2(g_2 + u_2 x^4 + 2 u_3 x^6) - x(1 + x)(g_1 + u_2 x^2 + 2 u_3 x^3) = 0$$

Telle est la quatrième équation à laquelle il faut satisfaire, en outre des relations de définition des coefficients $u_1 u_2 u_3$.

Je donne à l'appui les valeurs de $u_1 u_2 u_3$ pour 1908 calculées en faisant successivement $\alpha = 0,0014, 0,0016$ et $0,0017$

α	u_1	u_2	u_3
0,0014	13874	-15147	12423
0,0016	2159	+ 636,3	8355
0,0017	13597	-11012	8565

Ce tableau montre encore une fois la valeur considérable de l'élément d'ordre 3 pour cette année 1908, si l'on choisit un exposant α voisin de celui de 1907. Mais si l'on calcule l'exposant α

qui pour 1908 donne la série la plus convergente, c'est-à-dire la formule qui se rapproche le plus d'une exponentielle, on trouve :

α	U_1	U_2	U_3
0,0018	?	?	17116
0,0022	13750	— 7020	4420
0,0023	.	.	2319
0,0024	12004	— 1382	528
0,002433	11777	— 588	40
0,0025	11413	778	— 1041

Le coefficient α qui pour 1908 correspond à celui de 1907 est donc voisin de 0,00243, soit beaucoup plus grand. On doit de plus remarquer que la formule renferme toujours au moins un terme négatif, ce qui n'a pas lieu en 1907. On peut encore remarquer que les coefficients des termes supérieurs sont toujours plus grands que ceux de 1907. Ces résultats confirment donc encore la manière de voir précédente.

Coefficients de tarissement. — Si l'on appelle avec M. Boussinesq coefficient de tarissement le coefficient changé de signe de t dans l'exponentielle simple ($Ae^{-\alpha t}$) qui représente le débit de la source quand l'épuisement est suffisant pour permettre de négliger les dénivellations de la surface libre par rapport à la hauteur du seuil, on voit que ces coefficients ne seraient pas les mêmes pour 1908 et 1909 que pour 1907. En effet, comme on l'a vu (p. 119) par les exponentielles qui, sauf correction momentanée, représentent le débit immédiatement avant les infiltrations d'automne, on a (M étant le module des logarithmes népériens) :

en 1907	$M\alpha = 0,0016$	$\alpha = 0,00368$
en 1908 et 1909	$M\alpha = 0,0021$	$\alpha = 0,00483$

La différence est notable et varie presque *comme de 3 à 4*. On pourrait en conclure, en appliquant les résultats relatifs aux relations de α avec la largeur de la nappe, la hauteur de la ligne de faite et celle du seuil, que, dans l'intervalle, le périmètre d'alimentation propre de la source a diminué, ou que son seuil s'est abaissé.

L'abaissement du seuil peut résulter de pertes au captage, la diminution du périmètre d'alimentation propre à la source peut

n'être qu'apparente et provenir de l'influence plus grande du couloir de la Nymphée (voir p. 121), ou peut résulter d'un élargissement de la communication de la nappe libre avec la nappe captive. La durée limitée des observations et leur peu de précision, bien que celles des périodes d'épuisement soient meilleures que les autres, ne permettent pas, dès aujourd'hui, de choisir entre ces diverses hypothèses.

On peut en outre remarquer combien ces valeurs sont élevées par rapport, par exemple, aux nombres trouvés par M. E. Maillet pour les sources des environs de Paris (seule la source de Cérilly [Vanne] a un coefficient égal à celui de 1907). Cette différence me semble tenir à la nature particulièrement caverneuse et perméable en grand de la roche, et à l'altitude moyenne relativement considérable du sol au-dessus des sources. (Le Poste Optique est à près de 700 mètres au-dessus du griffon et le Grand-Pic à près de 1.000 mètres, et la ligne de faite de la surface libre par endroits à plus de 150 mètres.)

LES CONIDIOSPORÉS

par M. Paul VUILLEMIN

INTRODUCTION

La classification des Champignons est parvenue à une grande perfection depuis la découverte des phénomènes sexuels qui tiennent sous leur dépendance les organes reproducteurs appelés fructifications supérieures.

A côté des espèces ordonnées d'après leur forme parfaite, il reste une foule de Champignons hors cadre, connus seulement sous les formes dites imparfaites. Il importe de les distinguer, de les déterminer, de préciser leurs relations de parenté, car ce sont souvent les plus importants comme agents de fermentations ou de maladies des plantes, des animaux et de l'homme.

A défaut de fructifications supérieures primant les autres caractères, nous ne pouvons les classer que d'une façon imparfaite. C'est comme si nous ignorions les métamorphoses des Insectes et qu'il nous faille classer les Chenilles et autres larves. Nous pourrions bien séparer les larves des Papillons de celles des Coléoptères, et, d'après des caractères liés au régime herbivore ou carnassier, constituer des groupements assez analogues aux familles naturelles fondées sur la comparaison des Insectes ailés. Néanmoins, ces classements garderaient un caractère provisoire, parce que nous savons que toute larve vient d'un Insecte adulte et que, sauf accident, elle fera retour à la forme sexuée.

Nous n'avons pas la même certitude en ce qui concerne les

Champignons imparfaits. Ils se propagent indéfiniment au moyen de spores isolées ou faisant partie de fructifications accessoires plus ou moins compliquées. On peut hésiter à considérer l'absence de forme parfaite comme primitive, ou, si elle est secondaire, comme définitive; mais ne possédant pas le moyen d'en provoquer à coup sûr l'apparition, il faut bien nous en passer.

Les caractères dont nous disposons n'ont pas la valeur absolue attribuée à ceux qui sont liés à la sexualité. Nous ne sommes pas en droit de leur assigner des rangs dans une hiérarchie répondant aux affinités sur lesquelles reposent les systèmes dits naturels. Leur choix pourtant n'est pas livré au hasard ou au caprice.

Lorsque la fructification accessoire forme des conceptacles creux (*Sphaeropsidales*) ou des réceptacles étalés (*Melanconiales*), tapissés de filaments sporifères serrés à la manière d'un hyménium, nous avons tout lieu d'y voir un indice d'affinité avec les Ascomycètes, d'autant plus que la structure du thalle, les modifications spéciales en rapport avec le parasitisme, rattachent souvent le Champignon qui en est pourvu à des ordres, à des familles de cette classe. Nous les laisserons dans le groupe des Deutéromycètes de M. Saccardo, les considérant comme des types dégradés de Champignons définis par les fructifications supérieures.

Les remarques qui vont suivre s'appliquent plus particulièrement aux *Hyphales*, dont les fructifications accessoires sont réduites aux spores isolées ou groupées sur des filaments isolés ou fasciculés, dont les affinités ne ressortent pas d'un ensemble suffisant de caractères directement comparables à ceux des espèces rangées dans la classification générale des Champignons.

Le système actuellement en vogue divise les *Hyphales* en quatre ordres : Mucédinées, Dématiées, Stilbellacées⁽¹⁾ et Tuberculariacées. Les deux premiers ordres réunissent toutes les espèces dont les spores sont portées sur des filaments disséminés, hyalins (Mucédinées) ou fuligineux (Dématiées). Les Stilbellacées sont caractérisées par des sporophores réunis en bouquet (*coremium*), les Tuberculariacées par des sporophores groupés en coussinet (*sporodochium*). Basé sur les apparences les plus superficielles,

(1) Le nom de *Stilbellacées* doit être substitué à celui de *Stilbacées*, depuis que M. JUEL a démontré que le type du genre *Stilbum* est un *Basidiomycète* et que le nom de *Silbella* est donné aux anciens *Stilbum* laissés dans les *Hyphales*.

ce sectionnement permet de mettre sans grand effort des étiquettes sur la plupart des formes qui se présentent.

Malgré sa simplicité et son emploi commode, ce classement empirique est insuffisant dans la pratique. Une même espèce offre successivement des états rapportés à plusieurs familles. Ou bien, selon les conditions du milieu alimentaire, elle donne, soit le type Mucédinée, soit le type Stilbellacée, soit le type Tuberculariacée. Tel parasite redouté sous sa forme de Mucédinée défiera la sagacité des praticiens et sera considéré comme une espèce inoffensive, lorsqu'il revêt le masque d'une famille différente. Il est donc indispensable, au point de vue purement utilitaire, comme au point de vue philosophique, de chercher des points d'appui solides. Nous en trouverons dans un examen morphologique attentif.

Analysons une fructification accessoire indépendante de la sexualité, isolant des organes capables de multiplier le Champignon à la façon d'une bouture ou d'un propagule. L'élément multiplicateur, généralement réduit à une cellule, est la spore, au sens vulgaire et très large du mot.

Toutes les spores accessoires n'ont pas la même origine prochaine. Le nom de conidies sera réservé aux spores distinctes de l'appareil végétatif dès leur première apparition. Nous en séparons les thallospores et les hémispores. Les thallospores ont d'abord fait partie de l'appareil végétatif ou thalle; elles s'adaptent aux fonctions disséminatrices et conservatrices d'une façon secondaire et parfois incomplète. Elles comprennent les blastospores, les arthrospores et certaines chlamydo-spores. Les blastospores sont des globules arrondis, analogues aux levures, nés par bourgeonnement (βλάστη, bourgeon) du sommet ou du pourtour de filaments tantôt longs, tantôt réduits eux-mêmes à des globules. Leur séparation, qui les rend aptes à multiplier et à disperser le Champignon à la façon des spores, n'arrête pas nécessairement leur activité végétative.

Les arthrospores sont des fragments provenant de la désarticulation des filaments végétatifs. Coupés carrément à l'origine, ces tronçons peuvent s'arrondir et épaissir leurs parois. On peut voir une variété d'arthrospores dans les chlamydo-spores, terminales ou intercalaires, qui, sans s'isoler, se distinguent des éléments actifs par un phénomène d'enkystement et d'accumulation de

réserves nutritives. Leur formation épuise le filament délicat auquel elles survivent.

Les hémisporés s'opposent d'abord au thalle, mais moins complètement que les conidies. Demeurées en place, elles poursuivent leur végétation et finissent par se morceler en spores fonctionnelles ou deutéroconidies.

On peut supposer que les thallosporés et les hémisporés rappellent les étapes phylogénétiques qui ont abouti à l'opposition complète de l'organe reproducteur accessoire au thalle dont il dérive, opposition réalisée dans la conidie.

En laissant de côté toute hypothèse, nous distinguons dans les spores accessoires trois degrés de différenciation permettant de diviser les Hyphales en trois classes : I. Classe des Thallosporés, subdivisée en Blastomycètes et Arthromycètes ; II. Classe des Hémisporés ; III. Classe des Conidiosporés. Nous nous occupons ici de cette dernière.

PREMIÈRE PARTIE

Définition et division des Conidiosporés

I — LA CLASSE DES CONIDIOSPORÉS

La conidie vraie, distinguée des thallosporés et des hémisporés, est un élément d'une grande fixité, ne le cédant en rien, par la constance de ses caractères, aux spores des fructifications liées à la sexualité. C'est habituellement une cellule typique avec un noyau, une membrane dont l'épaisseur et l'ornementation sont régulières dans chaque espèce. La forme et les dimensions des conidies varient dans des limites restreintes, abstraction faite d'un dimorphisme assez fréquent. Dans ce dernier cas, on basera la classification sur le type le plus compliqué d'appareil conidien.

Chez quelques espèces telles que l'*Aspergillus glaucus*, la conidie renferme plusieurs noyaux. Les filaments de divers ordres sont également plurinucléés. Il s'agit alors d'une modification secondaire de la structure cellulaire ou apocytie.

Souvent les conidies, au lieu de rester simples, sont cloisonnées. Des conidies simples ou amérosporées, M. Saccardo distingue les conidies didymosporées, munies d'une cloison trans-

versale, phragmosporées, qui en ont plusieurs, scolécosporées, qui en ont beaucoup, dictyosporées, qui sont cloisonnées dans plusieurs directions. A cet égard, les conidies ne se distinguent pas des ascospores. Nous notons même la coexistence d'ascospores et de conidies didymosporées chez le *Didymosphæria brunneoïa* Niessl; phragmosporées chez le *Gibberella pulicaris* (Fr.) Sacc.; le *Pseudovalsa Betulæ* (Schum.) Schr., dictyosporées chez le *Pleospora herbarum* (Pers.) Rab., etc. Nous en concluons que le cloisonnement des spores est indépendant de la dignité de la fructification; c'est l'indice d'une reprise anticipée de la végétation ayant l'isolement des spores. Ce caractère est d'une grande fixité dans l'espèce, puisqu'il intéresse des spores différentes par leur origine; mais c'est un caractère secondaire de l'organe reproducteur; sa dignité systématique est subordonnée à celle de la fructification en général, de l'appareil conidien en particulier.

Comme toutes les spores, les conidies offrent une grande variété de coloration qui siège notamment dans la membrane. La couleur des spores a joué un grand rôle dans la classification des Champignons. Ce rôle est d'autant plus important qu'on s'adresse à des groupes plus pauvres en caractères importants et facilement utilisables. On en tire à peine des caractères de genre chez les Basidiomycètes, de tribu chez les Sphærospidales et les Melanconiales. C'est seulement chez les Hyphales qu'on a voulu y trouver des caractères de famille. Ce caractère qui, dans tous les cas, n'a qu'une valeur de circonstance, doit rester subordonné à ceux de l'appareil conidien.

Il faut tenir compte aussi du nombre de conidies qui naissent en un même point à l'extrémité des axes ou des rameaux, soit simultanément, soit successivement. Quand le filament n'est pas épuisé par la production d'une seule conidie, diverses éventualités peuvent se réaliser. Dans les cas extrêmes, ou bien les conidies se dispersent au fur et à mesure de leur formation, en sorte que chaque filament en porte une seule, ou bien elles naissent régulièrement en progression basipète et forment des cha-pelets plus ou moins longs, plus ou moins persistants. Entre ces deux extrêmes, on trouve des conidies maintenues en amas par une substance agglutinante. Ces caractères fournissent de bonnes distinctions qui ne dépassent pas la valeur générique.

II — DIVISION DE LA CLASSE DES CONIDIOSPORÉS EN QUATRE ORDRES

La conidie vraie qui caractérise la classe est, tantôt isolée sur le thalle ou appareil végétatif, tantôt portée sur un appareil conidien différencié de bonne heure et préparant sa formation. La première condition est réalisée dans l'ordre inférieur de la classe, ordre des *Sporotrichés*, où il n'existe que des spores (σπορά) et des filaments (θήκη), sans aucun intermédiaire entre l'appareil végétatif et la conidie.

Quand il existe un appareil conidien, les spores sont portées sur un axe simple ou diversement ramifié, se distinguant du thalle comme une hampe florale ou un axe d'inflorescence se distingue des tiges feuillées, c'est-à-dire par sa direction, sa consistance, sa couleur, son mode de ramification. Les filaments spécialisés comme support des conidies forment le sporophore.

On a maintes fois utilisé la diversité d'aspect des sporophores dans la classification des Hyphales. Mais souvent l'appareil conidien n'a pas été mieux distingué de l'appareil végétatif que la conidie ne l'a été des thallospores. On a surtout apprécié le degré de complication des sporophores, simples ou ramifiés en grappe, en verticilles, etc., leur forme cylindro-conique ou renflée au sommet ou aux nœuds. Mais on a négligé des caractères beaucoup plus fixes, marquant divers degrés de différenciation morphologique.

Que le sporophore soit simple ou ramifié, l'axe qui sert de support immédiat à la conidie, c'est-à-dire le sporophore tout entier dans le premier cas, le rameau de l'ordre le plus élevé dans le second, présente chez un grand nombre d'espèces, une structure particulière qui l'oppose aux filaments végétatifs et même aux branches précédentes du sporophore, plus complètement que celui-ci ne s'oppose au thalle. Cet élément, isolé à sa base par une cloison, a la forme d'une bouteille avec un ventre plus ou moins renflé et un col plus ou moins effilé. On l'a bien souvent décrit dans les diagnoses de genres et d'espèces sans songer à lui assigner la place qu'il mérite dans la classification. Jusqu'en ces derniers temps, les auteurs, jugeant superflu de créer pour lui un néologisme, lui appliquaient les noms de baside ou de stérigmate, dénaturant ainsi le sens si précis que ces

termes ont pris dans la description des Basidiomycètes et créant les plus regrettables confusions. J'ai désigné (1) l'élément différencié en forme de bouteille qui porte les conidies, sous le nom de phialide (φιάλη, *phiala*, fiole ou flacon). Le sporophore terminé par des phialides devient un phialophore.

Les espèces dont le sporophore est dépourvu de phialides constituent l'ordre des *Sporophorés*. Quand la différenciation du sporophore s'élève jusqu'à la formation des phialides, on est en présence d'un ordre plus élevé, celui des *Phialidés*.

La progression du sporophore s'élève parfois à un degré plus haut encore. Dans quelques Hyphales, la naissance des phialides est préparée par l'individualisation d'un article de forme et de structure spéciales sur le trajet ou au sommet du phialophore simple ou de son dernier rameau. Cet article constitue la prophialide. Tantôt la prophialide est simple et isolée, tantôt il se forme plusieurs prophialides superposées, tantôt enfin la prophialide se cloisonne transversalement avant l'apparition des phialides. La présence des prophialides caractérise l'ordre supérieur des Conidiosporés, que nous nommons ordre des *Prophialidés*.

III — DIVISION DES QUATRE ORDRES DE CONIDIOSPORÉS EN FAMILLES

L'ordre des Sporotrichés comprend une seule famille. La conidie, qui représente à elle seule la fructification, peut être simple ou cloisonnée ; ces différences serviront à diviser en tribus la famille des Sporotrichacées. La conidie est hyaline ou fuligineuse. Elle peut reposer directement sur le trajet ou au sommet d'un filament végétatif non modifié ou provoquer le soulèvement d'une excroissance ou denticule à son contact, une hypertrophie locale allant jusqu'à simuler une tête ou un nœud quand les conidies naissent en grand nombre en des points rapprochés. L'appareil végétatif, de son côté, peut être, selon les espèces, délicat ou muni de membranes épaisses et fuligineuses. Ce sont là des caractères utilisables dans la distinction des genres et des espèces, non des familles. Nous donnerons plus loin un exemple qui montre ces diverses complications apparaissant au cours du développement d'un seul Champignon.

(1) VUILLEMIN, *Matériaux pour une classification rationnelle des Fungi imperfecti Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CL, p. 882-884, 4 avril 1910.

Les trois autres ordres seront partagés en familles d'après la constitution des sporophores. Les sporophores sont simples ou composés. Nous considérons comme composés les sporophores présentant une ramification régulière et habituelle dans les bonnes conditions de développement. La ramification des espèces à sporophores composés fait seulement défaut par suite d'épuisement ou de faiblesse et n'est troublée que par des circonstances accidentelles, liées, par exemple, à une alimentation défectueuse. On ne confondra pas la ramification régulière avec l'apparition de rameaux adventifs, tels qu'il s'en forme fréquemment, par exemple chez le *Sterigmatocystis nidulans*. Nous distinguons de la ramification qui multiplie le nombre des unités associées dans un sporophore, les partitions qui divisent, par dichotomie, polytomie, etc., l'axe ou les rameaux d'ordres divers. En d'autres termes, le sporophore simple, les éléments du sporophore composé peuvent être entiers ou divisés. Cette dernière condition joue un rôle secondaire dans la classification des Hyphales.

Aux axes et aux rameaux cylindriques ou cylindro-coniques, nous opposerons ceux qui présentent de notables renflements, soit terminaux, soit intercalaires, comme les *Aspergillus* ou les *Gonatobotrys*.

L'absence de ramification régulière ou sa présence avec ses modes variés, la présence ou l'absence de renflements de forme stable, nous fournissent les éléments nécessaires à la caractéristique des familles dans l'ordre des Sporophorés.

Les ramifications régulières répondent aux types distingués dans la ramification des Phanérogames et notamment de leurs inflorescences. Il existe des sporophores définis et des sporophores indéfinis. Les premiers sont des cimes unipares (*Monopodium*, *Stachybotrys alternans*), bipares (*Streptothrix* Corda, *Gonytrichum* Nees), etc. Les seconds sont des grappes pouvant passer au corymbe, des verticilles passant à l'ombelle, ou, en se contractant davantage, aux capitules qui se confondent avec les renflements terminaux.

Les sporophores présentent d'autres différences qui ne peuvent intervenir que pour distinguer des genres ou des espèces. Le plus souvent homéomorphes, ils sont parfois hétéromorphes, par suite d'un mélange aux filaments fertiles, de rameaux stériles jouant le rôle d'appendices protecteurs, de stolons, de

crampons, de vrilles, ou de rameaux donnant des thallospores et notamment des chlamydo-spores. Le cloisonnement des sporophores n'a qu'une importance secondaire, car il varie sous des influences d'ordre mécanique. La pluralité des noyaux dans chaque segment, comme dans les conidies, relève de circonstances également secondaires.

Pour la distinction des familles, les Phialidés n'offrent pas d'autres éléments que les Sporophorés, car la phialide est uniforme ou susceptible de variations ne dépassant pas la valeur spécifique.

Les Prophialidés offriront, outre la ramification du sporophore, la structure de la prophialide, susceptible de fournir de bonnes distinctions familiales (type simple et cortiqué des *Urophiala*, type cloisonné à membranes minces des *Coemansia*).

Les caractères des conidies, simples ou cloisonnées, dont M. Saccardo a su tirer un excellent parti pour caractériser les groupes supérieurs, seront pris en considération pour définir des tribus dans les familles fondées sur les caractères des sporophores.

C'est seulement pour les subdivisions ultimes, que l'on peut faire intervenir, dans une classification rationnelle, la couleur et la cortication des thalles et des conidies, qui distinguaient les Mucédinées des Dématiées (ordres ou familles dans divers ouvrages de systématique). Les formes agrégées, Stilbellacées et Tuberculariacées, ont moins d'importance encore, dès qu'il s'agit d'espèces dont la structure est suffisamment analysée.

Nous convenons qu'une foule d'espèces ne répond pas encore à cette condition. Par conséquent, les groupes empiriques actuellement en honneur rendront encore d'excellents services, à condition qu'on ne leur demande pas de nous renseigner sur les affinités.

La valeur des caractères servant à définir les quatre ordres des Sporotrichés, Sporophorés, Phialidés et Prophialidés ressort de leur fixité et contraste avec l'inconstance des apparences superficielles sur lesquelles on a fondé jusqu'ici les familles des Hyphales.

Nous la ferons ressortir par l'étude de quatre espèces nouvelles, rentrant respectivement dans chacun des ordres de Conidiosporés, et par leur comparaison avec d'anciennes espèces

présentant des affinités avec elles. Nous prendrons comme exemple de Sporotriché le *Rhinocladium Lesnei*, comme exemple de Sporophoré l'*Acremonium Potronii*, comme exemple de Phialidé le *Septoria Aphodii*, enfin comme exemple de Prophialidé l'*Urophiala mycophila*.

DEUXIÈME PARTIE

Description d'un type de chaque ordre de Conidiosporés

I — *Rhinocladium Lesnei* Vuill. sp. nov.

(PLANCHE I)

Je dois cette espèce à l'obligeance du Dr Lesné, médecin des hôpitaux de Paris, à qui je la dédie. La première culture avait été isolée à Madagascar du pus extrait du pied d'un Malgache atteint de mycétome ou pied de Madura. On sait que ce tableau clinique se réalise en présence de Champignons divers.

Dans les cultures, on observe un grand nombre de conidies insérées sans ordre sur la périphérie ou au sommet de filaments rampants ou légèrement redressés (fig. 1, 2), ce qui est le type habituel des Sporotrichés. Sous cette forme, le Champignon ressemble à l'espèce connue des médecins français sous le nom de *Sporotrichum Beurmannii*. Comme ce dernier d'ailleurs, il s'éloigne du genre *Sporotrichum* s. str. par la couleur fuligineuse qui, des spores, s'étend souvent aux filaments et par une modification de ces derniers qui envoient au point d'insertion de la conidie un prolongement persistant sous forme de denticule après la déhiscence. Ce double caractère rattache l'espèce de M. Lesné, comme celle de M. de Beurmann, au genre *Rhino-cladium*.

Le *Rhinocladium Lesnei* se distingue du *Rhinocladium Beurmannii* (Matr. et Ramond) par la forme allongée et les dimensions des conidies (fig. 9) variant de 4 à 11 μ de long sur 2,4 à 4 μ de large (moyenne 4-7 \times 3-3,5) et prolongées par un pédicelle de 0,3 à 2,6 de long sur 0,6 à 0,9 de large. Celles du *Rh. Beurmannii* sont subsphériques à la maturité, très brièvement pédicellées, n'atteignant pas 3-5 avant la germination.

L'appareil végétatif subtil, au voisinage des spores, des modifi-

cations variées qui rappellent les divers types de fructification d'après lesquels on a défini des familles parmi les Hyphales.

A. *Apparence de Botrytidée.* — Dans les touffes un peu denses, les filaments se redressent à l'extrémité et les spores s'accumulent au voisinage du sommet. Si l'on examine séparément les portions ascendantes, on y distingue une ramification en grappe dont les branches se terminent par des renflements irréguliers chargés de conidies (fig. 3). Un tel aspect diffère à peine de l'appareil conidien du *Botrytis cinerea* Pers. (*Botrytis vulgaris* Fr.). Et pourtant nous ne sommes pas en droit de le rattacher aux Sporophorés, attendu que, d'une part, la portion ascendante du filament se continue sans démarcation avec la portion rampante, que, d'autre part, la localisation terminale des conidies se relie par des transitions insensibles à leur insertion désordonnée sur toute la surface des filaments.

B. *Apparence d'Œdocéphalée.* — Un examen superficiel conduirait à inscrire au voisinage des *Œdocephalum* ou des *Acrotheca* qui en représentent la forme dématienne, des états dans lesquels le report de conidies nombreuses au sommet provoque le renflement en tête arrondie de la portion fertile (fig. 4).

C. *Apparence de Gonatobotrytidée.* — Si la formation d'une tête n'épuise pas la vitalité du filament et que la croissance reprenne au delà du renflement sporifère, on aura une série de boules fertiles intercalées comme des nœuds entre les portions cylindriques et stériles. En un mot, les conidies provoquent dans les filaments végétatifs l'aspect des appareils conidiens caractéristiques du genre *Gonatobotrys* ou de son pendant filigineux *Gonatobotryum* (fig. 5).

Nous venons de relever dans un seul Sporotriché, isolé en culture pure, une série de modifications réalisant, d'une façon plus ou moins apparente, les types qui, en se fixant dans les fructifications, ont fourni la caractéristique des familles les plus diverses de Sporophorés (Mucédinées et Dématières).

D. *Apparence de Stilbellacée.* — De nouvelles complications résultent de l'association des filaments végétatifs ascendants en faisceaux, tantôt lâches comme dans les *Coremium*, tantôt serrés comme dans un *Graphium*.

Dans les faisceaux lâches, les filaments enlacés sont stériles.

Ils se maintiennent dressés tant qu'ils restent courts, se soutenant entre eux et se consolidant par des anastomoses. Ils peuvent s'épuiser en se terminant chacun par une tête chargée de conidies vers le sommet de la colonne. Dès qu'ils s'allongent, ils retombent sous le poids, et émettent tout autour et plus particulièrement vers l'extrémité, de courtes branches simples ou ramifiées, continues ou pourvues de rares cloisons. Chaque rameau se termine par une tête arrondie ou irrégulièrement allongée, hérissée de denticules sporifères (fig. 6). Ces états rappellent le genre *Basidiella* Cooke ou le genre *Graphiopsis* Bainier.

Quand le faisceau de filaments stériles constitue une colonne dense, rigide, un stipe en un mot, toutes les spores sont rejetées au sommet. Chaque ramuscule terminal porte une conidie unique. On a dès lors une fructification qui, considérée isolément, aurait été rangée sans hésitation dans l'ordre des Stilbellacées et dans le genre *Graphium* (fig. 7). Cet aspect est si aberrant pour un Sporotriché, que nous hésiterions à le rattacher au *Rhinocladium Lesnei*, que nous songerions plutôt à un mélange d'espèces, si, d'une part, les conidies n'y avaient gardé les caractères habituels, si, d'autre part, nous n'avions constaté sûrement la continuité entre les filaments qui forment le stipe du *Graphium* et les tubes épars qui, détachés de la base, restent diffus et portent, vers leur sommet, des denticules irrégulièrement disposés et servant de support à autant de conidies (fig. 8).

Développement de la forme Graphium du Rhinocladium Lesnei. — Les nombreux filaments juxtaposés qui constituent le stipe procèdent d'un petit nombre de tubes mycéliens ramifiés dès la base. Dans une colonne haute d'un tiers de millimètre sur un calibre de 7 μ environ, nous avons pu suivre tous les filaments jusqu'à leur origine et y reconnaître les branches d'un tube mycélien unique (fig. 8). Celui-ci forme d'abord, sur la surface oblique de la carotteensemencée, une base rampante, noueuse et tortueuse, appliquée au support sur une étendue de 50 μ . Sur ce trajet, le filament rampant émet quatre filaments stériles, dont deux très courts, deux autres allongés et cloisonnés qui l'amarrent. Cinq rameaux se redressent et se terminent par des têtes sporifères, du type analogue aux *Edocephalum* ou *Acrotheca*, l'un après avoir émis une branche latérale. Trois autres rameaux du filament rampant, écartés entre eux de 20 μ , se redressent et

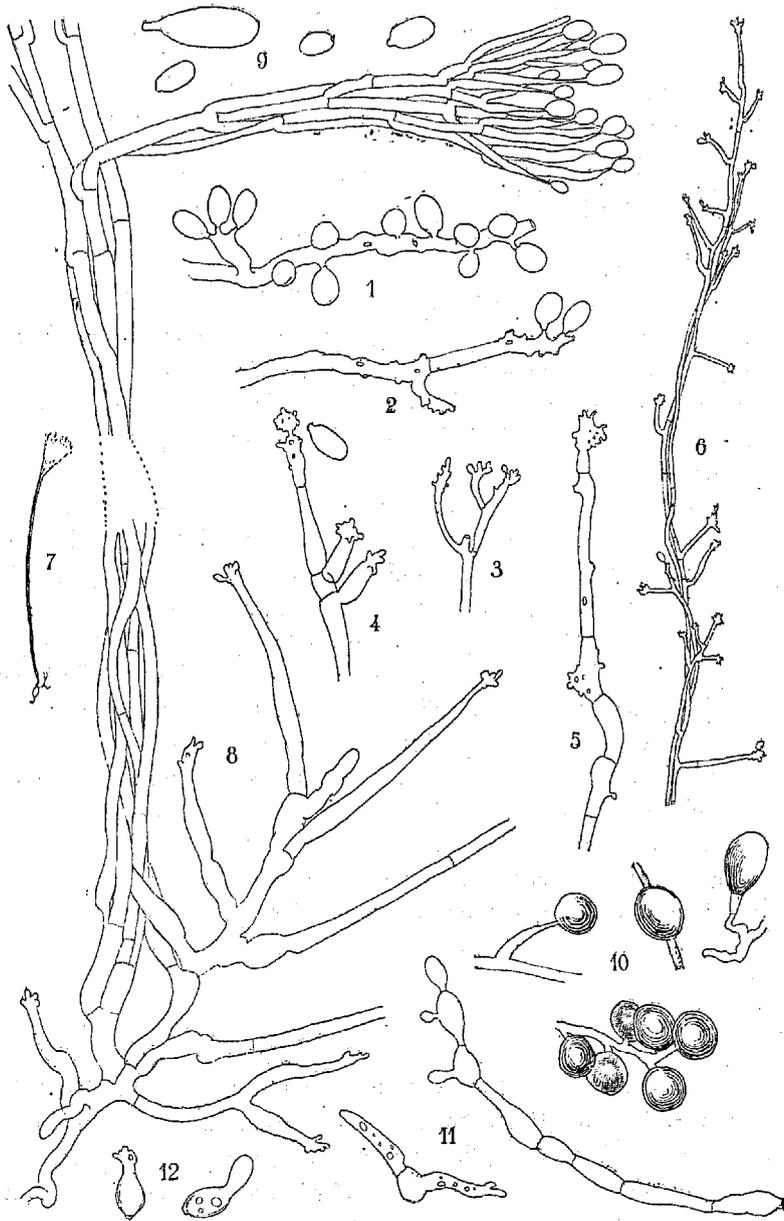


PLANCHE I — *Rhinocladium Lesnei*

(Gr. 1.075 : fig. 1-5, 8-12 ; 560 : fig. 6 ; 93 : fig. 7)

Fig. 1-2. — Conidies rattachées par des denticules au mycélium rampant. Type du genre *Rhinocladium*.

Fig. 3. — Mycélium simulant un sporophore ramifié en grappe de *Botrytis*.

Fig. 4. — Mycélium renflé au sommet, à la façon des sporophores de *Stachybotrys*.

Fig. 5. — Mycélium muni de renflements intercalaires comme les sporophores de *Gonatotryps*.

Fig. 6. — Mycélium fasciclé, dont les rameaux sont terminés en tête comme les sporophores de *Graphiopsis*.

Fig. 7-8. — Mycélium fasciclé en stipe du type des *Graphium*, émettant à la base des rameaux simulant des sporophores de *Graphiopsis*.

Fig. 9. — Conidies de dimensions moyennes à droite, de dimensions extrêmes à gauche.

Fig. 10. — Chlamydospores terminales, intercalaires ou racémiformes.

Fig. 11. — Conidies germant en filaments topileux.

Fig. 12. — Tube germinatif court se renflant en conidiophore.

s'enlacent bientôt pour former le stipe. L'un d'eux, détaché de la partie déclive, se dichotomise deux fois avant d'avoir été renforcé par les deux rameaux nés l'un près de l'autre en un point plus élevé du tube.

Nous avons ainsi, à la base du stipe, six filaments qui s'enlacent et ne paraissent plus se ramifier jusqu'à la naissance des rameaux sporifères étalés en corymbe. Le stipe dressé s'atténue légèrement au sommet par l'appauvrissement des filaments dont nous ne trouvons plus que trois à l'origine du corymbe, après un trajet vertical de 275 μ environ.

Le corymbe, cône renversé de 75 μ de hauteur sur 50 μ de diamètre, est constitué par huit étages de ramifications, isolées ou opposées, nées sous une cloison et évasant de plus en plus la fructification. Les derniers rameaux, juxtaposés au même niveau, atteignent 11-13 μ de long; atténués au sommet en un col délicat, ils simulent une phialide, sans toutefois s'individualiser de l'axe précédent par une cloison s'ils naissent latéralement, ou par un étranglement s'ils en constituent le sommet.

Le stipe brunit en mûrissant; les conidies prennent également une teinte fuligineuse. Après leur déhiscence, elles restent un certain temps agglutinées dans une goutte liquide.

Les fructifications volumineuses ne peuvent être analysées avec la même précision que celle qui vient d'être prise pour exemple. Il est pourtant certain que leur constitution est essentiellement semblable.

*
**

La comparaison des formes indéfiniment variées de la fructification conidienne du *Rhinocladium Lesnei* nous démontre l'absence de type fixe de conidiophore et l'insuffisance des apparences qui pourraient faire songer à un *Botrytis*, à un *Acrotheca*, à un *Gonatobotrys*, à un *Graphiopsis* ou à un *Graphium*. Nous n'avons d'autres caractères arrêtés que ceux des conidies. En dehors d'elles, nous ne trouvons qu'un mycélium diversement modifié par l'insertion des spores, diversement épaissi et cutinisé, diversement ramifié ou fasciculé, simulant des sporophores plus ou moins compliqués qui assurent la dissémination dans des conditions variées. Nous pouvons voir tout au plus dans ce polymorphisme étendu une série continue d'adaptations cénogénétiques.

Les conidies (fig. 9) présentent constamment une membrane épaisse et brunissante, une forme oblongue et un prolongement basilaire ou pédicelle coupé carrément. Les dimensions ne sont pas rigoureusement fixes. Toutefois, en écartant les formes naines ou géantes, dont la longueur atteint les extrêmes de 3*5 et de 11 μ , le diamètre transversal 2,5 et 4 μ , formes rares et exceptionnelles, les limites normales oscillent entre 4 et 7 μ pour la longueur, entre 3 μ et 3*5 pour l'épaisseur. Les conidies courtes sont ovoïdes, les longues sont aplaties latéralement, sauf au moment de la germination. Le pédicelle normal n'a pas 1 μ de diamètre et 1/2 μ de long. Rarement il forme une queue atteignant jusqu'à 2*6.

Nous rapportons aux chlamydospores des boules sphériques ou ovoïdes de 5-9 μ \times 4-6,5, pédicellées ou intercalaires (fig. 10) qui naissent au contact du support humide. Leur paroi est noire et non brune comme celle des conidies.

Les conidies germent d'habitude par le sommet opposé au pédicelle. Parfois elles émettent un second filament sous le sommet. Lorsqu'elles tombent à la surface d'un support épuisé, elles donnent une végétation chétive. Tantôt le filament présente une série de dilatations vésiculeuses (fig. 11), tantôt il se renfle dès la sortie du pore germinatif en une tête couverte aussitôt de denticules sporifères (fig. 12).

Voici la diagnose de l'espèce :

Rhinocladium Lesnei Vuill. nov. sp.

Hyphis ramosis, septatis, circa 1 μ 3 latis, mox fuligineis, discretis aut fasciculatis et tunc ascendentibus vel erectis, stipitis ad instar.

Conidiis oblongis vel ovoideis, breviter pediculatis fuligineis, 4-7 \times 3-3,5, solitariis, insidentibus in hyphis passim vel præcipue ad apicem denticulatis, cylindricis, aut capitatis, aut rarius nodosis. Interdum hyphæ fasciculatæ et erectæ fructificationem Graphii simulant.

E tumore pedis extractus in insula Madagascar. Colitur in caldariis 25-35° C.

II — *Acremonium Potronii* Vuill. sp. nov.

(PLANCHE II)

Le genre *Acremonium* Link ayant pour type l'*A. alternatum* Link appartient au groupe des Sporophorés. Les conidiophores,

de forme et de dimensions assez constantes, simples ou exceptionnellement pourvus d'une seule ramification, naissant perpendiculairement au mycélium, donnent même l'impression d'un rameau défini, d'une phialide. J'avais inscrit ce genre parmi les Phialidés (1). Ce rattachement n'est pas justifié, car le sporophore ne se sépare pas primitivement du mycélium par une cloison. Une telle continuité, indiquée dans les figures données par M. Saccardo pour l'espèce type de Link, est de règle dans l'espèce que nous allons décrire.

L'*Acremonium Potronii* a été isolé par le Dr Potron, de Thiaucourt, du liquide extrait d'une hydarthrose du genou. L'observation du malade et le rôle probable du Champignon dans la production de la maladie feront l'objet d'une publication spéciale.

Ce Champignon forme, sur le sérum coagulé, et mieux sur la carotte, des efflorescences blanches qui se colorent en rose à mesure que les conidies mûrissent. Au bout de deux jours, à la température constante de 35-37° C., les fructifications sont abondantes. Le développement est un peu moins rapide à 25° et très lent à la température de l'appartement variant de 8° à 15°.

Le mycélium émet des cordons dressés (fig. 1), hérissés, dans toute leur étendue, de conidiophores formant un angle droit avec les filaments végétatifs, sans être influencés dans leur direction par la pesanteur (fig. 2). Les conidiophores se dressent également à la surface du duvet étendu sur le substratum horizontal ou incliné.

Les conidiophores sont presque toujours simples (fig. 3). Dès leur insertion, ils sont plus larges que le filament qui les porte; ils se dilatent bientôt de manière à prendre la forme d'un fuseau dans leur moitié inférieure, qui rappelle ainsi le ventre d'une phialide étirée, auquel fait suite un col progressivement atténué. Le ventre ne dépasse guère 1*75 au point le plus dilaté; le col atteint à peine 1 μ . de diamètre à la base et 0*5 au sommet. Le sporophore mesure en tout 15-20 μ de long; ses deux parties sont sensiblement égales.

La conidie (fig. 4) mesure à maturité 4-5 μ sur 2-2,2 μ ; elle est ovale, lisse, très brièvement stipitée, rose. Aussitôt mûre, elle

(1) VILLEMIN, *Matériaux pour une classification rationnelle des Fungi imperfecti* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 4 avril 1910).

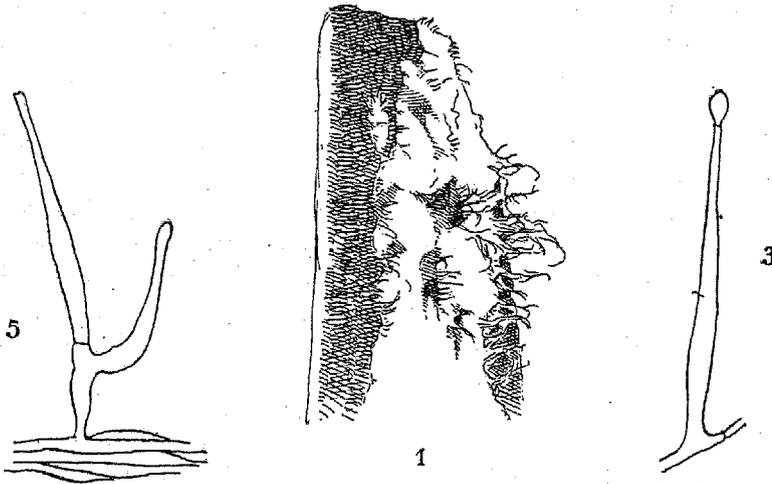
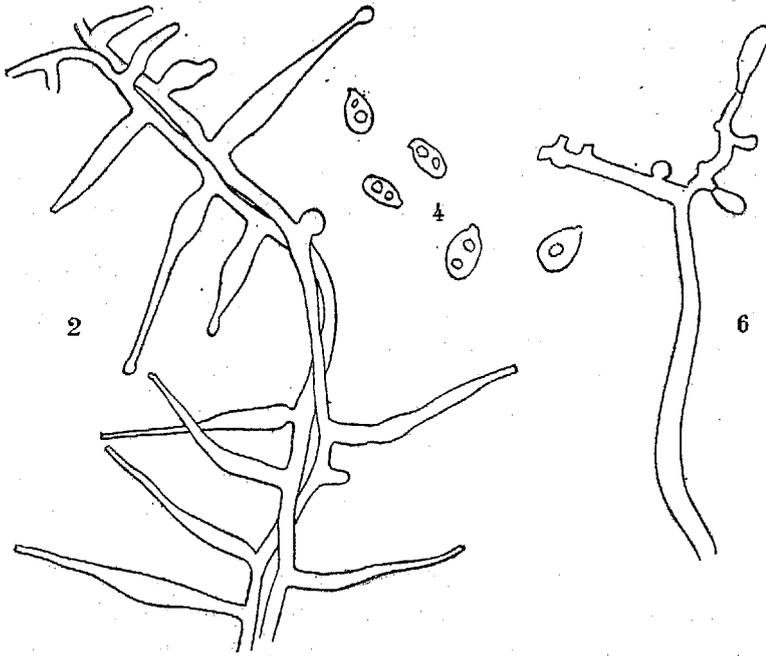


PLANCHE II — *Acremonium Potronii*
(Gr. 3 : fig. 1 ; 1.700 : fig. 2-6)

Fig. 1. — Aspect d'une culture à la loupe.
Fig. 2-3. — Aspect habituel des sporophores
simples.
Fig. 4. — Conidies.

Fig. 5. — Rameau adventif d'un sporophore.
Fig. 6. — Ramification irrégulière du sporophore.

tombe ; mais elle n'a pas épuisé son support qui en produit bientôt une seconde, puis d'autres encore. De bonne heure on constate que les conidies dispersées sont bien plus nombreuses que les sporophores. Le col, d'abord arrondi au sommet, se montre brusquement tronqué après la chute de chaque conidie.

Parfois le conidiophore s'allonge un peu ; la base du tube se sépare du sommet par une cloison au-dessous de laquelle naît un rameau se transformant en sporophore latéral (fig. 5), recourbé à la base et ascendant par rapport à l'axe principal, non par rapport à la direction de la pesanteur.

Tels sont les caractères habituels de la fructification, qui permettent de ranger cette espèce dans le genre *Acremonium* Link. Elle ressemble morphologiquement à l'*A. alternatum* Link. Sa tendance à former des cordons chargés de conidiophores fait songer aux *Acremonium* fasciculés rapportés au genre *Isaria*, tels que l'*I. brachiata* (Batsch) Schum.

Quand la végétation est troublée par des conditions insolites d'alimentation et de température, par exemple sur sérum à froid, on rencontre des formes anormales qui pourraient égarer la diagnose. Nous signalerons entre autres des filaments d'abord dilatés comme un sporophore, se ramifiant au sommet et reprenant l'aspect de filaments végétatifs. Ces branches émettent, sans ordre apparent, des rameaux caducs dont les insertions forment des denticules comme on en voit chez divers Sporotrichés après la chute des conidies (fig. 6). Ces formes malades ne sauraient donner le change.

Les fructifications du type *Acremonium* sont habituelles sur les filaments végétatifs diffus ou corémiés. Elles ont une régularité d'insertion, une uniformité et une fixité de dimensions qui contrastent avec les formes analogues qui apparaissent incidemment au cours des variations désordonnées du thalle des Sporotrichés.

Le genre *Acremonium* est inscrit dans les livres classiques dans la tribu des *Botrytidæ*, parce que l'on considère comme une grappe le filament d'où divergent les rameaux terminés par une conidie. Cette interprétation n'est pas correcte, puisque le filament considéré comme axe de la grappe appartient à l'appareil végétatif et non à la fructification. La tribu des *Botrytidæ* réunit actuellement des formes très disparates ; nous en donnons

rons une nouvelle preuve dans le prochain chapitre. Elle doit se reconstituer autour des formes telles que le *Botrytis cinerea* Pers. (*Botrytis vulgaris* Fries), qui sont réellement des sporophores racémiformes; elle prendra la dignité de famille, si l'on subordonne au type de ramification de l'appareil conidien la couleur des spores. Le genre *Acremonium* est le type de la famille inférieure des Sporophorés où le sporophore est habituellement simple. Nous la nommerons famille des *Acremoniaceæ*.

L'espèce que nous venons de décrire est inédite. Nous la dédions à notre collaborateur qui a su la remarquer et en découvrir l'intérêt.

En voici la diagnose :

Acremonium Potronii Vuill. nov. sp.

Hyphis ramosis, septatis, vix 1 µ latis, hyalinis, sæpius in cæspitulos isariæformes (Isariæ brachiatae ad instar) intricatis. Conidiophoris simplicibus, normaliter divaricatis, rarius 1. ramosis, phialiformibus, sed basi non septatis. Ramusculo ultimo conidifero elongato, 15-20 µ longo, gastro et collo subæqualibus constante. Gastro 1 µ 75 lato, collo 0 µ 5 ad apicem truncatum.

Conidiis successive formatis et discretim expulsis, roseis, ovalibus, levibus, breviter basi appendiculatis, 4-5 × 2-2,2.

E genu hydropico articulo extractus in Gallia, in sero et dauco cultus. 37° C. optime viget; 10° pigre crescit.

III — *Spicaria Aphodii* Vuill. sp. nov.

(PLANCHE III).

Nous prendrons pour exemple de Phialidé le *Spicaria Aphodii* Vuillemin nov. sp. Ce Champignon fut découvert à la fin de 1907 dans le corps d'un Coléoptère (*Aphodius fimetarius*) trouvé à Malzéville dans le terreau d'une couche. L'insecte était mort de muscardine; son corps était momifié par le mycélium et des touffes roses, denses, farineuses à la surface, sortaient en divers points sans dépasser 1 demi-millimètre de hauteur. Les cultures se font aisément sur carotte stérilisée à l'autoclave. Dans une étuve réglée à 25° C., la carotte se couvre d'un duvet blanc, devenant rose au bout de cinq ou six jours par suite de la formation des conidies. La coloration se produit plus vite à la lumière qu'à l'obscurité.

Au mois de mai 1910, j'ai retrouvé sur la même couche plusieurs *Aphodius* attaqués par la muscardine rose. Le terreau environnant présentait de nombreuses efflorescences roses dont l'examen microscopique permet de préciser les caractères normaux du Champignon développé dans les conditions naturelles (fig. 1, 2).

Sur des filaments rampants, ramifiés, à cloisons rares, d'un calibre de 3 μ environ, se dressent des sporophores dont l'axe est un peu plus mince et s'atténue de bas en haut. Cet axe se compose de nœuds rapprochés; les entre-nœuds varient de 20 μ à la base à 6 μ au sommet. De nombreux rameaux s'insèrent en verticille à chaque nœud. Ceux des nœuds supérieurs prennent directement le caractère des phialides. Ceux des nœuds inférieurs se ramifient plusieurs fois suivant le type verticillé avant de se terminer par un bouquet de phialides. Leurs ramuscules, très courts, se comportent de même et, comme leurs entre-nœuds sont parfois à peine plus longs que larges, il se produit ainsi des glomérules serrés dont la surface est pavée de phialides.

La phialide est isolée de son support par une cloison. Elle a la forme d'un flacon avec un ventre ovale de $4\mu \times 2,6$ en moyenne et un col effilé, long de 3 μ à 3,5, mesurant 1 μ de diamètre à la base, 0⁺ 2 à 0⁺ 3 au sommet. Les conidies naissent en progression basipète et en nombre indéfini de la pointe de la phialide. Elles atteignent très vite leur taille définitive, en sorte que chaque chapelet se compose de spores sensiblement égales. De grandes précautions sont nécessaires pour montrer les chapelets de spores, car leur cohérence est très faible; elles se désagrègent sous le moindre choc; le poids de la lamelle couvre-objet ou le moindre frottement suffit pour disloquer tout le système et, dans la plupart des préparations, on n'aperçoit en place que la conidie la plus jeune à la pointe de la phialide. Nous avons réussi pourtant à observer des files de 6 à 10 conidies (fig. 3).

Il est aisé de discerner le mode de ramification du sporophore qui range notre espèce dans la famille des Verticilliacées. Il faut plus d'attention pour reconnaître le groupement des conidies qui marque sa place dans le genre *Spicaria*.

Diverses espèces rangées actuellement dans les genres *Verti-*

cillium et *Acrocylindrium* sont, selon toute vraisemblance, des *Spicaria* insuffisamment étudiés.

Les conidies sont roses, ovales, mesurant $3,5-4 \times 1,5-1,75$. La facette d'insertion inférieure est à peine saillante. La facette supérieure n'est pas appréciable. Le contenu est homogène, parfois muni d'une tache claire excentrique (fig. 3).

Les efflorescences recueillies sur le corps de l'*Aphodius* sont des appareils conidiens généralement condensés, où les axes de divers ordres sont réduits à des articles renflés, de 4 à 6 μ , polyédriques, aboutissant à un pavage ininterrompu de phialides (fig. 4, 5).

Parfois, les articles polyédriques sont groupés vers le sommet, d'ailleurs peu renflé, d'un axe allongé et donneraient aisément l'illusion d'un *Sterigmatocystis* rudimentaire (fig. 6). Il s'agit, en réalité, d'un *Spicaria* condensé.

Les fructifications obtenues dans les cultures artificielles présentent des aspects aberrants comme celles des *Rhinocladium* et des *Acremonium* mentionnées précédemment. Leur examen isolé pourrait suggérer des idées inexacts sur les affinités du *Spicaria Aphodii*. Ils sont rarement assez accusés pour faire naître des difficultés sur l'identification de l'espèce, car les conidies gardent leurs caractères distinctifs; le type de la phialide n'offre que des altérations limitées à un petit nombre d'éléments; l'union des conidies peut devenir plus fragile encore que dans les conditions naturelles; le mode de ramification des sporophores est plus particulièrement atteint.

Si le milieu est très humide, par exemple quand on sème le *Spicaria* sur carotte en tube de Roux, présentant à la base une boule remplie d'eau, ou si la carotte repose sur un tampon de coton submergé, les fructifications deviennent lâches, les entre-nœuds s'allongent, les verticilles se réduisent à 1-2 rameaux; les supports s'affaissent et simulent des stolons portant des branches isolées (fig. 7). Cependant, les phialides sont encore normales ou un peu plus allongées que de coutume. Les conidies sont normales, mais très caduques et rarement unies en chaînes persistantes.

Quand l'aération est insuffisante et la nourriture abondante, le mycélium forme des couches épaisses; les cloisons se multiplient, les anastomoses sont fréquentes. Ces conditions sont réalisées au plus haut point dans le corps des insectes où l'appa-

reil végétatif condensé passe au sclérote et donne aux tissus momifiés cette dureté qui caractérise la muscardine.

Si le tube de culture est étroit (tube à essai ordinaire bouché par un tampon de ouate), son atmosphère, saturée de vapeur d'eau, est bientôt envahie par le mycélium cotonneux qui obstrue la lumière. Au début, tout au moins, les fructifications restent rudimentaires. Elles se composent d'un axe simple terminé par une phialide où l'on ne distingue plus nettement la limite entre le ventre et le col (fig. 8, 9). Parfois, un rameau naît latéralement sous la cloison qui isole la phialide et s'atténue en filament sporifère sans se séparer de l'axe par une cloison (fig. 10). Ces formes convergent vers les aspects revêtus accidentellement par les *Acremonium* (fig. 5, pl. II). Il arrive même que les spores apparaissent au sommet du filament végétatif redressé; l'existence d'une phialide n'est plus rappelée que par l'étiement extrême du filament qui, sous les conidies, se réduit à un col allongé de 0^m1 à 0^m2 de diamètre au sommet (fig. 11). Dans ces conditions exceptionnelles, le degré de complication descend presque au niveau des Sporotrichés.

L'appareil conidien, nettement différencié à l'égard du mycélium végétatif, sauf dans des cas de réduction extrême, place notre Champignon au-dessus des Sporotrichés. Rarement réduit à une simple phialide, il se compose habituellement de ramifications de plusieurs degrés, bien distinctes du thalle rampant, quoique susceptibles, sous l'influence d'un excès d'humidité, de ployer sous le poids des ramuscules conidifères et de prendre l'aspect de stolons.

La ramification est du type latéral et verticillé. Les nœuds d'insertion sont un peu élargis; leur dilatation augmente quand deux ou plusieurs paires se succèdent sans interruption; les entre-nœuds, renflés et raccourcis, arrivent à former des têtes chargées d'un nombre assez élevé de phialides (fig. 5, 6). Parfois, ces vésicules, au lieu d'émettre des ramuscules sporifères, épaississent leurs parois et deviennent des chlamydo-spores (fig. 12). Cette ramification, dont le type se dégage en dépit de fréquents avortements et de quelques complications, caractérise la famille des Verticilliacées. C'est à cette famille et non aux Botrytidacées que se rattache le parasite de l'*Aphodius*. L'agent de la muscardine rose des Coléoptères est une Verticilliacée à spores en cha-

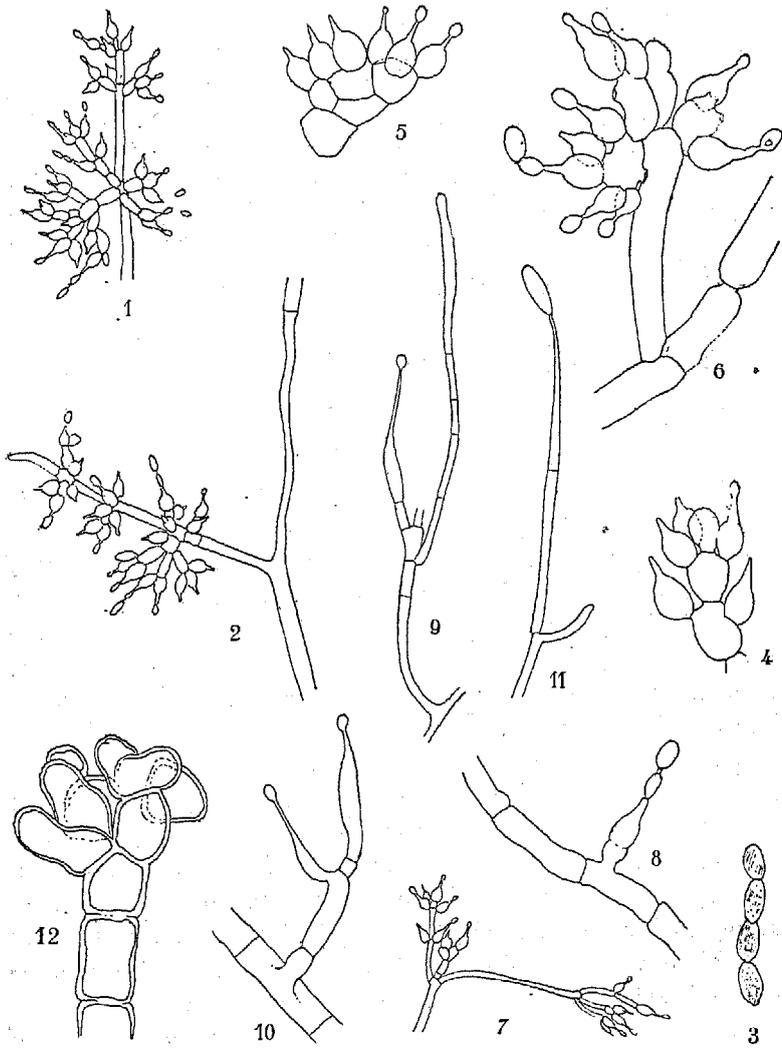


PLANCHE III — *Spicaria Aphodii*

(Gr. 800 : fig. 1, 2, 7 ; 1.600 : fig. 3-6, 8-12)

Fig. 1-2. — Phialophores recueillis sur le terrain.
 Fig. 3. — Chapelet de conidies.
 Fig. 4-6. — Phialophores condensés sur le corps des *Aphodius*.

Fig. 7. — Phialophores lâches dans une culture sur carotte très humide.
 Fig. 8-11. — Phialophores rudimentaires.
 Fig. 12. — Phialophores transformés en chlamydo-spores.

pelet, c'est-à-dire un *Spicaria*. L'espèce est nouvelle et répond à la diagnose suivante :

Spicaria Aphodii Vuill. sp. nov.

Filamentis sterilibus ramosis, septatis, intricatis, hyalinis; fertilibus erectis, aliquoties decumbentibus; ramis verticillatis, rarius discretis, ultimis conidiferis, phialis sic dictis, ventre inflato et collo elongato constantibus, conidiis laxè catenatis, roseis, homogenis vel 1-guttulatis, ovalibus, levibus, breviter pedicellatis, 3,5-4 × 1,5-1,75.

Habitat in corpore Aphodiorum quos necat et momificat, necnon in terra humosa, in Gallia.

Optime colitur in vegetalibus substratis.

. Champignons de diverses muscardines et autres maladies des Insectes.

Les Champignons décrits jusqu'ici comme agents des muscardines des Coléoptères ou des Lépidoptères ont été rangés dans des familles éloignées des Verticilliacées.

L'agent de la muscardine verte des *Cleonus*, des Hanneçons, etc., fut décrit successivement sous les noms d'*Entomophthora Anisoplizæ* Metchnikoff 1879, *Isaria destructor* Metchnikoff, *Oospora destructor* Delacroix, *Penicillium Anisoplizæ* Vuillemin⁽¹⁾ 1904. Il se rattache à ce dernier genre par ses conidies en chapelet avec disjoncteur, par ses ramifications du type latéral isolé, ne passant au verticille que par condensation accidentelle des rameaux. Les conidies, lisses, allongées, rappellent mieux celles du *Spicaria Aphodii* que celles du *Penicillium expansum*. Nous ne saurions dire si cette ressemblance est l'effet d'une adaptation convergente ou si elle décèle une plus étroite affinité qu'on ne le soupçonnait entre les Pénicilliacées qui offrent, d'autre part, des transitions vers la famille des Aspergillacées et les Verticilliacées qui renferment le *Spicaria* de la muscardine rose.

Les mêmes remarques s'appliquent au *Penicillium Briardii* Vuillemin 1904, qui donne une muscardine blanche aux *Agrotis* et aux *Elater* dans les Vosges et probablement dans l'Aube.

On pourrait croire que les muscardines classiques du Ver à soie, des Hanneçons et des Criquets sont l'œuvre de Champignons bien plus éloignés du *Spicaria* de la muscardine rose,

(1) VUILLEMIN, « Les *Isaria* du genre *Penicillium* » (*Bulletin de la Société mycologique de France*, t. XX, p. 214-222, pl. XI, 1904).

puisqu'ils sont unanimement rangés dans le genre *Botrytis*, caractérisé par des spores solitaires portées sur des sporophores ramifiés en grappe.

Cette attribution est inexacte. Un examen attentif des descriptions qui les concernent y laisse reconnaître sans peine des *Verticilliacées* du genre *Spicaria*.

Le *Botrytis Bassiana* Balsamo, le *Botrytis densa* (Link) [*Sporotrichum densum* Link, *Isaria densa* Giard, *Botrytis tenella* Saccardo], le *Botrytis Delacroixii* Sacc. (*Botrytis Acridiorum* Brongniart et Delacr., non Trabut) ont des phialides. Le genre *Botrytis*, dont le type n'a pas de phialides, rentre dans l'ordre des Sporophorés; les parasites des muscardines font partie de l'ordre des Phialidés. Les parasites des végétaux (*Botrytis cinerea*, etc.) n'ont aucune affinité avec les parasites des insectes rangés communément dans le même genre. De Bary a bien figuré les phialides du *Botrytis Bassiana* du Ver à soie; les « stérigmates piriformes » mentionnés par Delacroix⁽¹⁾ dans les deux autres espèces ont la même valeur. Les phialides sont groupées en verticilles pauvres. Enfin dans les trois espèces, Delacroix distingue fréquemment deux, rarement trois conidies placées bout à bout. Il s'agit donc, non pas d'espèces à spores isolées, mais de *Spicaria* dont les chapelets, malgré leur fragilité et la caducité de leurs spores, en laissent aisément distinguer plusieurs en place.

Le *Botrytis Bassiana* Balsamo doit donc prendre le nom de *Spicaria Bassiana*, le *Botrytis densa* celui de *Spicaria densa*, le *Botrytis Delacroixii* celui de *Spicaria Delacroixii*. Ces *Spicaria* se distinguent du *Spicaria Aphodii* par leur mycélium plus fin, leurs fructifications plus lâches, incolores, par leurs conidies plus petites, globuleuses chez le *Spicaria Bassiana* et le *Spicaria Delacroixii*, où leur diamètre est de 2 μ à 2,5, ovales chez le *Spicaria densa*, où elles mesurent 2,5-3 μ sur 1,5-2 μ .

Les divers agents des muscardines dont nous venons de rappeler les caractères appartiennent tous à l'ordre des Phialidés.

Le même ordre renferme les formes conidiennes de plusieurs autres Champignons entomophiles dont les conidiophores sont généralement portés sur des stipes formés par l'agrégation des

(1) G. DELACROIX, « Observations sur quelques formes *Botrytis* parasites des insectes » (*Bulletin de la Société mycologique de France*, t. IX, p. 177-184, 1893).

filaments végétatifs. Ce caractère accessoire les a fait ranger dans les Stilbellacées du genre *Isaria*. Mais ce genre hétérogène confond des espèces qui, par la structure de leurs fructifications conidiennes, rentrent dans plusieurs genres distincts.

L'Isaria farinosa, forme conidienne du *Cordyceps militaris*, a été cultivé par Tulasne et de Bary. Il leur a fourni des formes filamenteuses qui, selon la remarque de M. Costantin⁽¹⁾, permettent de rapprocher cette espèce des *Spicaria*.

M. Boudier⁽²⁾ a consacré une planche fort élégante à l'illustration de l'*Isaria arachnophila* Ditm. Le dessin de cette planche avait été présenté à la Société mycologique dans la séance du 5 avril 1888. De l'examen de ce dessin, M. Costantin (*loc. cit.*, p. 63) conclut que l'*Isaria arachnophila* est constitué par un fascicule de filaments qui se terminent par des têtes sporifères de *Sterigmatocystis*.

L'Isaria tenuis Heim ne diffère du précédent que par ses conidies plus petites et ses phialides légèrement renflées à la base, bacillaires au sommet comme celles du *Spicaria Aphodii*. « Il est à remarquer, dit M. Heim⁽³⁾, que, si l'on ne tenait pas compte de la forme agrégée de notre Mucédinée, elle se laisserait très naturellement ranger, ainsi que l'*I. arachnophila*, dans le genre *Aspergillus* (*Sterigmatocystis*), à titre de section par exemple. »

J'ai rencontré deux fois l'*Isaria arachnophila* aux environs de Nancy sur les cadavres d'araignées fixées à la face inférieure des feuilles d'Aune et de Frêne. Sa ressemblance avec les *Sterigmatocystis* est superficielle. Les filaments rampant à la surface du stipe ont une paroi très épaisse contrastant avec les parois délicates des filaments végétatifs fasciculés qui forment le corps de la colonne dressée. Ils constituent les troncs d'autant de sporophores grimpants comme dans le genre *Gibellula* Cavara. Les rameaux sont nécessairement unilatéraux, puisqu'ils ne trouvent de surface libre que d'un côté. Ils sont éventuellement subterminaux ou terminaux. Le rameau perpendiculaire au stipe a été

(1) COSTANTIN, « Observations sur la fasciation des Mucédinées » (*Bulletin de la Société mycologique de France*, t. IV, p. 62-68, 1888).

(2) BOUDIER, *Icones mycologicæ*, t. III, n° 21, pl. 583.

(3) F. HEIM, « Sur un curieux Champignon entomophyte : *Isaria tenuis*, sp. nov. » (*Bulletin de la Société mycologique de France*, t. IX, p. 114-118, 1893).

comparé à l'axe d'un sporophore de *Sterigmatocystis*. Malgré sa brièveté, il est toujours cloisonné. L'article apical se dilate supérieurement au niveau de l'insertion des ramuscules, mais rarement assez pour donner l'impression d'une tête. Les ramuscules serrés laissent assez aisément reconnaître leur disposition en verticilles. Chacun d'eux porte des phialides aussi nombreuses que les ramuscules portés sur le renflement primaire, allongées, serrées comme un pavage. Le col est remplacé par un épaississement de la membrane, creusé au centre d'un canal étroit mettant la phialide en communication avec la plus jeune conidie.

En dehors de la forme spéciale des phialides, exceptionnelle parmi les Aspergillacées comme parmi les Verticilliacées, le rameau fertile ressemble parfaitement à celui du *Spicaria Aphodii*, où les axes de divers ordres sont également raccourcis et renflés quand ils se condensent sur un espace restreint, soit sur le terreau, soit surtout sur le corps des insectes.

La limitation du nombre des ramifications est déterminée par leur groupement et par l'espace dont chacune d'elles dispose. Si un rameau n'est pas entravé par ses voisins, circonstance rarement réalisée, le ramuscule de premier ordre, au lieu de donner des phialides, émet de nouveaux verticilles de ramuscules d'ordre plus élevé. Sans doute, on observe aussi des ramifications supplémentaires chez les *Sterigmatocystis*; mais il s'agit alors, soit de rares anomalies, soit de conditions dysgénétiques provoquées par des milieux de culture artificiels, mal appropriés, et d'un réveil de l'activité végétative dans les organes habituellement fixés comme organes reproducteurs. Chez l'*Isaria arachnophila* au contraire, l'apparence de *Sterigmatocystis* est en rapport immédiat avec les connexions réciproques des divers rameaux fertiles, si serrés, qu'au début il n'existe aucun intervalle entre eux.

En conséquence, nous sommes porté à voir dans cette espèce une forme insolite de Verticilliacée dont les verticilles sont altérés à la base par la situation de l'axe grimpant le long du thalle dressé en forme de stipe, au sommet par l'entassement des ramuscules sur un espace restreint.

La constitution des spores confirme ces affinités. Les spores ovales-oblongues, à paroi mince et lisse, à contenu renfermant une goutte oléagineuse, sont analogues à celles des *Spicaria* et très différentes de celles des Aspergillacées.

L'*Isaria arachnophila* est donc une Verticilliacée, à spores en chapelet, ovales-oblongues, à paroi mince, non cortiquée. On ne saurait maintenir cette espèce dans le genre empirique et hétérogène où on l'a d'abord inscrite. On ne peut non plus en faire un *Spicaria* sans donner à ce genre une extension excessive. Les filaments fertiles grimpants le long d'un stipe mycélien, les rameaux sporifères terminés en pseudo-capitules la rapprochent du genre *Gibellula* Cavara. Ce dernier genre a certainement des conidies en chapelet. Cela résulte de la constitution générale du sporophore, bien que dans l'espèce unique qui constitue ce genre, *Gibellula pulchra* (Sacc.) Cavara, parasite des Insectes, on ait distingué une seule spore ovale, hyaline, à l'extrémité de la phialide.

Le genre *Gibellula* prendra place parmi les Verticilliacées et comprendra, outre le *Gibellula pulchra* Cavara, le *G. arachnophila* (Ditm.), le *G. tenuis* (Heim). M. Saccardo (*) se demande, avec raison, semble-t-il, si l'*Isaria aspergilliformis* Rostr. ne doit pas rentrer dans le genre *Gibellula*. Il diffère seulement des espèces précédentes par ses conidies globuleuses.

En rangeant le genre *Gibellula* dans la famille des Verticilliacées, nous marquons la prépondérance de l'appareil conidien, du sporophore muni de phialides, sur le stipe dont on avait fait la caractéristique des Stilbellacées (*Stilbaceæ* des anciens auteurs). Les stipes dans ce genre et dans les autres Stilbellacées sont une modification de l'appareil végétatif, ainsi que nous l'a prouvé leur apparition chez des Sporotrichés, tels que le *Rhinocladium Lesnei*. Il n'a pas permis d'y chercher la caractéristique d'un ordre ou d'une famille. Le stipe ne peut entrer dans la définition d'un genre que dans le cas où il est associé aux sporophores d'une façon assez étroite et assez constante pour imprimer à la fructification une allure particulière comme chez les *Gibellula*. Le groupe des Stilbellacées ne saurait être considéré comme conforme aux affinités. Les genres qu'on y réunit sont sans valeur taxinomique. M. Costantin (*loc. cit.*) a bien marqué l'affinité des Mucédinées agrégées avec les Mucédinées simples, dont elles présentent les sporophores, soit enlacés entre eux, soit portés sur un stipe de nature indéterminée. Il hésite à réunir dans un

(*) SACCARDO, *Sylloge fungorum*, t. XI, p. 641.

même genre une forme simple et une forme agrégée, et propose de distinguer les deux formes par un préfixe ajouté au nom de la forme la plus anciennement décrite. Par exemple, le *Coremium glaucum* Link, forme agrégée du *Penicillium expansum* Link, prendrait le nom de *Synpenicillium*, qui signifie *Penicillium* agrégé; de même *Haplographium* désignerait, selon M. Constantin, les *Graphium* simples, c'est-à-dire soit les *Graphium* désagrégés, soit les espèces de Mucédinées simples dont les sporophores sont semblables à ceux des *Graphium*. Ces conventions ont l'inconvénient de donner la forme des noms génériques à la désignation d'états de développement coexistant, non seulement dans un genre naturel, mais parfois aussi dans une seule espèce; l'exemple du *Penicillium expansum* le prouve, car le même mycélium peut porter, soit les sporophores simples, soit les sporophores corémiées. D'autre part, le genre *Haplographium* Berk. et Br. n'a pas des sporophores de *Graphium*, et nous ne pensons pas que Berkeley et Broome aient appliqué tacitement la règle formulée par M. Constantin quand ils ont créé ce genre.

Les préfixes « syn, haplo » font naître une confusion entre la nomenclature des genres et la description des formes. Si une forme est considérée comme caractéristique d'un genre nouveau, elle justifie la création d'un nom générique selon les règles consacrées. Si l'on n'a pas de raison suffisante pour lui attribuer cette valeur, on peut la mentionner dans la description du genre ou des espèces, sans soulever aucune question de nomenclature. Depuis que nous savons que le *Coremium glaucum* est une forme du *Penicillium expansum*, il n'a plus droit à un nom à part; mais nous pouvons rappeler dans la description du *Penicillium expansum*, que cette espèce présente fréquemment une forme corémiée ou agrégée.

Le genre *Isaria*, le groupe des Stilbellacées dans lequel il est rangé, sont caducs, en tant que divisions taxinomiques. Ces catégories empiriques n'en ont pas moins leur utilité pour réunir en chapitres l'histoire de Champignons dont il peut être indiqué de comparer les aspects superficiels et les propriétés biologiques ou pathogéniques.

Comme le *Spicaria Aphodii*, de nombreux Champignons entomophiles rentrent dans l'ordre des Phialidés. Par la situation des phialides insérées sur le mycélium ou sur des sporophores diver-

sement constitués et diversement ramifiés, ils se rattachent à diverses familles de Phialidés, et dans ces familles ils appartiennent à la tribu caractérisée par les conidies simples ou Amérosporées. Le plus grand nombre fait partie de la famille des Verticilliacées, ce sont : les *Spicaria Aphodii*, *Bassiana*, *densa*, *Delacroixii*, *farinosa*, les *Gibellula pulchra*, *arachnophila*, *tenuis*, *aspergilliformis*. Les *Penicillium Anisopliae* et *Briardii* rentrent dans la famille des Pénicilliacées, dont les sporophores se ramifient d'abord suivant le type unilatéral.

IV — *Urophiala mycophila* Vuill.

(PLANCHES IV et V)

L'ordre des Prophtialidés a pour type le nouveau genre *Urophiala* Vuillemin. L'unique espèce qui, jusqu'ici, constitue ce genre, *Urophiala mycophila*, fut découverte sur un bouchon de conserves parmi diverses moisissures. Son isolement, assez laborieux, nous fournit d'abondantes cultures, d'où il ressort que son association avec d'autres Champignons n'est pas indispensable.

Dans son habitat naturel, l'*Urophiala mycophila* offre une grande constance; le même aspect est habituel dans les cultures (pl. IV). L'uniformité des fructifications est une conséquence de la pluralité des éléments fixes qui les constituent : conidies isolées, simples, hyalines, ovoïdes-globuleuses, de 5-7 sur 4-5 μ , à facette d'insertion à peine saillante, atteignant près de 1 μ de diamètre; phialides hyalines ou légèrement fuligineuses à la base, au nombre de trois, ascendantes et, par suite, incurvées à la façon d'un estomac à grande courbure inférieure avec un renflement de 4 μ de long sur 3-3,5 de large et un col correspondant à l'antra du pylore en forme de tronc de cône de 0^m 4 à 0^m 65 de haut; prophialide ou segment hautement différencié, portant en des points déterminés les trois phialides de chaque fructification.

La prophialide fait partie de l'axe simple de l'appareil conidien. Celui-ci naît perpendiculairement à la surface des filaments du mycélium incolore.

Le mycélium se compose de filaments délicats de 1-2 μ de diamètre, allongés, cloisonnés, ramifiés.

Le sporophore se dresse perpendiculairement aux filaments

rampants sur une hauteur de 20-34 μ . Souvent, la portion dont il émerge s'isole par deux cloisons situées à une faible distance de part et d'autre de son origine et circonscrivant une sorte de pied qui se distingue du reste du mycélium par l'épaisseur et la teinte fuligineuse de ses parois. L'axe de la fructification comprend trois parties : un manche, une prophialide et un filament ou segment terminal.

Le manche, cylindrique, varie de 5 μ à 17⁵ de hauteur sur 2² à 4⁴ de diamètre. Il offre une cloison plus ou moins rapprochée de la base et plus rarement une seconde cloison sur son trajet. L'épaisseur et la coloration de ses membranes progressent de haut en bas et s'étendent éventuellement au pied. Le maximum est atteint au voisinage de la prophialide.

La prophialide est la portion la plus sombre de tout l'appareil ; ses parois épaisses ont une teinte fuligineuse, parfois presque noire. Sa forme est aussi constante que compliquée. De face, elle offre l'aspect d'une cuirasse amincie et prolongée à la base, haute de 9-11 μ , large de 7 μ -7⁵ au point le plus dilaté (fig. 1-3). De profil (fig. 4), on distingue une base très légèrement élargie de bas en haut sur une hauteur à peu près égale à la largeur, de 4 μ environ, et un sommet fortement incurvé ou presque coudé à angle droit, de telle sorte qu'on a une face concave ou ventrale courte et une face convexe ou dorsale décrivant presque un demi-cercle. La prophialide de l'*Urophiala mycophila* est donc une palette atténuée à la base en un pédicule subcylindrique, reployée sur elle-même, si bien que son sommet surplombe la partie moyenne comme un promontoire (fig. 5). Ce promontoire présente en avant trois facettes, une médiane et deux latérales, donnant chacune insertion à une phialide, où l'on distingue deux courbures : une courbure basilaire continuant la courbure de la prophialide, une courbure terminale redressant le sommet en sens inverse (fig. 3).

Du sommet de la prophialide, à peu près dans l'axe du manche, naît le filament terminal, stérile. Celui-ci se compose d'une cellule subcylindrique assez étroite, de 5⁵ à 6⁵ de long sur 2 μ à 2⁵ de diamètre, à paroi relativement mince et d'un brun pâle, terminée par une calotte plus mince, entourée d'une petite collerette ou de simples denticules dont nous indiquerons plus loin l'origine.

L'aspect est généralement le même dans les cultures sur carotte à la température de l'appartement ou à l'étuve chauffée à 25° au maximum.

Le développement suivi dans les cultures permet de comprendre les causes de l'aspect singulier des prophialides. Les fructifications apparaissent du quatrième au sixième jour et se développent rapidement; on en trouve de complètement formées et munies de spores le cinquième jour à partir du semis. Pour saisir les étapes de ce stade fugace, il est nécessaire d'examiner un grand nombre de sporophores et de préciser les points où l'on a des chances de trouver les plus jeunes.

Le mycélium envoie de nombreux filaments dans l'épaisseur du support; quelques-uns sont des sortes de crampons abondamment ramifiés (fig. 6). D'autres filaments se dressent en l'air. Dans les parties relativement sèches, ceux-ci forment un léger duvet dont les poils sont des mèches de tubes unis en faisceaux coniques et grêles atteignant 1 ou 2 millimètres. Dans les parties plus humides, les filaments cohérents forment un revêtement dense d'aspect cireux, très adhérent. Les premiers sporophores naissent vers la base des houppes dressées et s'étendent le long de ces houppes. Les croûtes compactes sont peu à peu recouvertes de sporophores dont les manches s'allongent jusqu'à 60 ou 70 μ (fig. 7, 8), tandis que la teinte fuligineuse s'étend de leurs pieds aux filaments qui les réunissent (fig. 3, 4). La surface entière peut prendre l'aspect fuligineux, la couleur brune à reflets verdâtres ou presque noire des Dématiées. Parfois, le filament bruni qui porte des appareils conidiens se termine lui-même par une prophialide surmontée de son filament stérile. L'aspect dématien, par son origine et son mode de progression dans des circonstances strictement déterminées, est sous la dépendance directe ou médiate de la fructification. L'épaississement des membranes, l'imprégnation de leur couche superficielle par le pigment sombre n'apparaissent dans les filaments végétatifs que par extension des mêmes propriétés à partir des sporophores où elles sont d'abord localisées, ou tout au moins des rudiments de sporophores accidentellement stériles. Ce fait, bien établi pour l'*Urophiala mycophila*, mérite d'être retenu quand on veut préciser les rapports qui unissent les Champignons respectivement classés jusqu'ici, soit dans

les Mucédinées, soit dans les Dématiées. Selon la remarque de M. Lindau (1), ces deux familles se composent de groupes et de genres parallèles, ne différant entre eux que par la coloration sombre de quelqu'une de leurs parties : mycélium, sporophores ou conidies. Il n'y a là, croyons-nous, qu'un procédé de distinction empirique sans valeur systématique notable.

Dans un très jeune sporophore (fig. 9), la teinte fuligineuse est déjà sombre dans la cellule qui précède la prophialide et dans la partie supérieure de la cellule sous-jacente. La prophialide, légèrement teintée, a le même diamètre que le pied, c'est-à-dire $2\frac{1}{5}$, sauf une faible dilatation sous le sommet. A moins de $1\ \mu$ du sommet, elle envoie un rameau perpendiculaire à son axe sur la face ventrale qui se distingue déjà par une légère concavité. Le filament terminal a la forme d'un cylindre coiffé d'une calotte sphérique, long de $8\ \mu$ sur $2\ \mu$ de diamètre, incolore. Le rameau, début de la phialide médiane, reste droit tant que sa longueur dépasse peu son diamètre. Bientôt il s'incurve vers le bas, suivant la courbe de la prophialide (fig. 10, 11).

A un stade un peu plus avancé (fig. 12), la saillie de la face ventrale est plus proéminente; outre la phialide médiane, elle porte les deux phialides latérales également réduites à un sac. Celles-ci se montrent comme des ramifications du rameau latéral terminé par la phialide médiane un peu plus précoce. La prophialide présente, dès ce moment, une forte cambrure rétablissant l'équilibre menacé par le développement unilatéral de la ramification. La prophialide est encore peu colorée; le segment supérieur n'est pas modifié, sauf une tendance passagère à se courber dans le même sens que la prophialide et les jeunes phialides.

La forme de la prophialide se fixe définitivement par l'épaississement rapide de ses membranes qui deviennent plus robustes et plus sombres que celles du pied, tandis que les contours prennent des courbures régulières. Cet état se réalise sous l'influence d'une forte turgescence du contenu, liée à une puissante aspiration d'eau du mycélium vers le sommet de la fructification. Nous en trouvons la trace dans les modifications corrélatives des phialides et du filament terminal.

Les phialides, d'abord horizontales puis descendantes, devien-

(1) *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, t. I, 1**, p. 454.

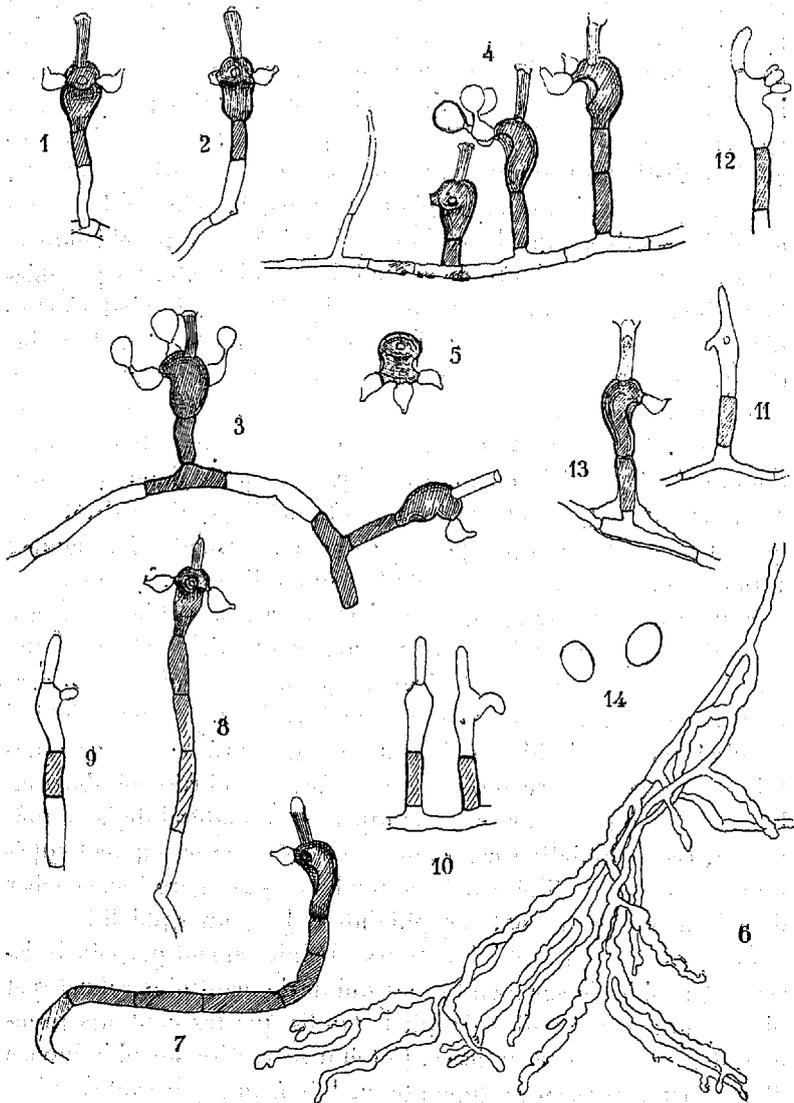


PLANCHE IV — *Urophiala mycophila*
(Gr. 975)

Fig. 1-4. — Aspect habituel des phialophores
vus de face, de profil ou un peu obliquement.
Fig. 5. — Aspect du phialophore vu d'en haut.
Fig. 6. — Terminaison du mycélium nourricier.

Fig. 7-8. — Phialophores à manche allongé.
Fig. 9-13. — Développement des phialophores.
Fig. 14. — Conidies.

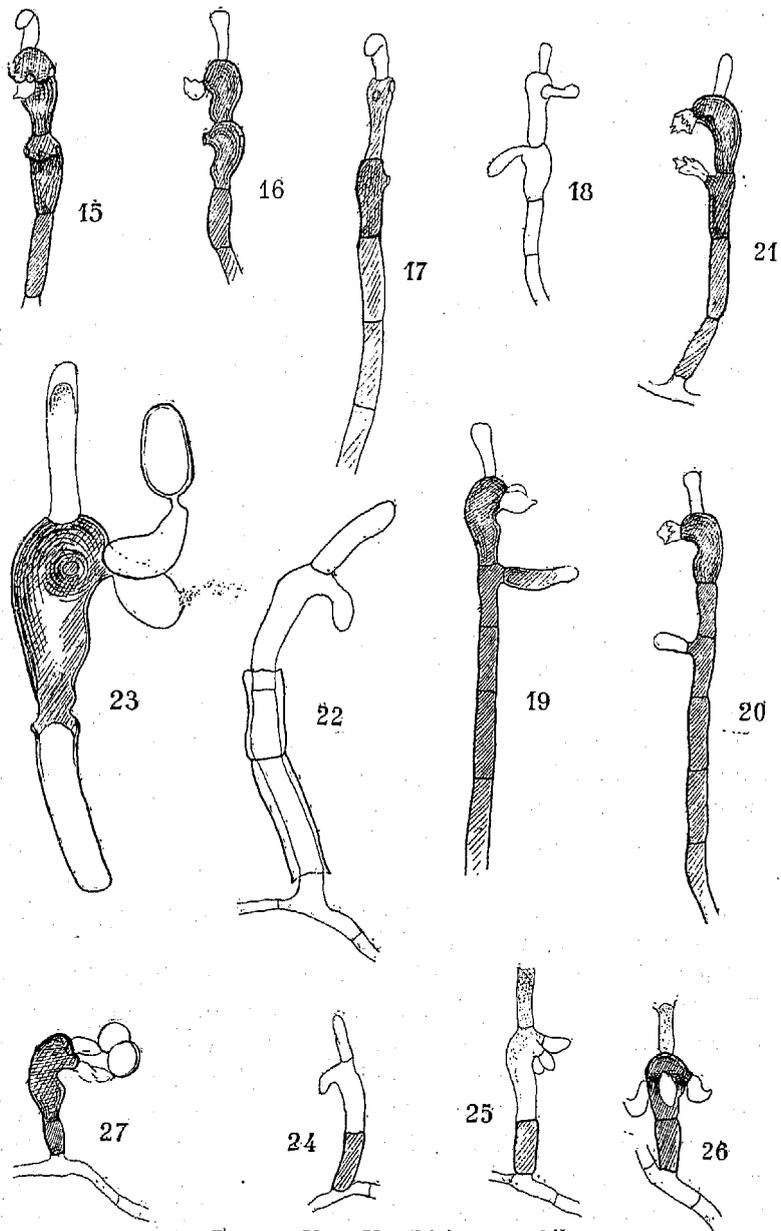


PLANCHE V — *Urophiala mycophila*
(Gr. 933 : fig. 15-21; 24-27; 1.850 : fig. 22-23)

Fig. 15-16. — Deux propialides superposées.
Fig. 17. — Propialides superposées frappées d'un arrêt de développement.
Fig. 18. — Propialides rudimentaires dont les rameaux simples n'ont pas donné de phialides.
Fig. 19-21. — Rameaux simples naissant des segments du manche.

Fig. 22. — Cuticule décollée en manchon sur le manche d'un jeune phialophore.
Fig. 23. — Appendice terminal imperforé suppléé par une phialide rompue.
Fig. 24-26. — Phialophores traités par la potasse à 10 0/0. (Les autres objets dessinés étaient placés dans le lactophénol.)
Fig. 27. — Phialophore sans appendice terminal, portant deux phialides.

ment ascendantes. Leur ventre rebondi présente une forte convexité inférieure comparable à la grande courbure de l'estomac; la face supérieure est très peu saillante, plane ou même concave. En même temps leur sommet s'étire en col terminé par une conidie qui atteint vite sa longueur définitive (fig. 13, 23), puis s'arrondit en forme d'œuf ou d'ovale (fig. 14). La phialide garde parfois sa forme d'estomac après la chute de la spore, notamment quand le milieu se dessèche. Ses membranes présentent alors une certaine rigidité et une coloration manifeste, quoique pâle. Plus souvent l'épaississement reste limité à la base, qui persiste sous forme de manchette plissée (fig. 20, 21), tandis que le reste se flétrit ou disparaît. Dans certaines conditions, liées sans doute à un dessèchement prématuré, les phialides ne laissent d'autre trace que la cicatrice de leur insertion sur la prophialide.

Vers l'époque de l'apparition des conidies, le sommet du segment terminal se gonfle et se remplit d'un mucilage qui refoule le protoplasme vers la base (fig. 13, 23). Ce gonflement aboutit à une rupture de la calotte; on observe à ce niveau une goutte de mucilage se distinguant d'une conidie par l'absence de membrane. Cette goutte, peu réfringente, est aisément entraînée dans le liquide de la préparation, où elle peut se morceler en gouttelettes plus fines. L'expulsion d'une goutte hyaline ne s'accompagne pas normalement d'issue du protoplasme. Celui-ci reconstitue une très fine membrane cicatricielle sous le sommet du filament terminal, qui reste couronné d'une petite collerette persistante, dont la signification était restée énigmatique jusqu'au jour où nous avons saisi son origine.

Comme il ressort des descriptions précédentes, il semble possible de donner une explication mécanique du développement des courbures qui frappent la prophialide et les phialides; dès que le courant ascendant des liquides est dérivé vers les ramifications qui naissent à angle droit, comme le phialophore lui-même naît sur le mycélium. Une telle explication paraît insuffisante pour rendre compte de la courbure secondaire qui relève la phialide et rend la direction verticale à la conidie. Il faut invoquer ici l'irritabilité du sommet végétatif de la prophialide, réagissant contre la force qui pousse le courant vers le bas. Cette réaction est facilitée par un abaissement de la tension du contenu de la phialide. La turgescence se trouve diminuée par la

rupture du sommet de l'appendice terminal et par l'expulsion du mucilage par cette sorte de soupape régulatrice.

Si l'on transporte une jeune culture (neuf à onze jours) dans une solution de potasse au dixième, la turgescence du phialophore est portée au maximum. Rien n'est changé dans l'aspect des très jeunes fructifications qui gardent les rudiments de phialides incurvés vers le bas (fig. 24). Dans les éléments plus avancés, les phialides, déjà semblables à un estomac, cessent de redresser leur col qui s'approche plus ou moins de l'horizontale, tandis que le corps reprend une position presque pendante (fig. 25, 26). En même temps, le segment terminal est gorgé jusqu'au sommet de protoplasme entremêlé de vacuoles.

Anomalies de l'*Urophiala mycophila*.

Les anomalies de la fructification de l'*Urophiala mycophila* ne sont pas communes. Elles portent, soit sur l'axe, soit sur les rameaux.

L'axe nous a offert des variantes dans ses trois parties : le manche, la prophialide et le segment terminal.

Le manche présente assez souvent, dans les cultures, un allongement accompagné de multiplication des cloisons. Il peut se continuer avec le mycélium sans démarcation tranchée. Ou bien le filament rampant d'où le sporophore se détache à angle droit épaisit et brunit ses membranes et se trouve ainsi annexé à la fructification sur une étendue indéfinie. La couche superficielle de la membrane rigide et pigmentée se détache aisément, à la façon d'une cuticule, de la couche profonde, incolore et délicate, sur l'étendue de plusieurs cellules. Ce décollement n'est pas rare à la base (fig. 13) et forme une toile tendue, amarrant en quelque sorte le manche sur le pied, et en rendant l'implantation plus solide. Ce phénomène est déterminé par un allongement intercalaire de la base du pied, dont la cuticule déjà rigide ne suit pas la croissance. Si, au moment de cet allongement, la cuticule ne s'étend pas encore aux filaments rampants, elle se détache à la base du pied comme un manchon ouvert en bas. Dans un cas de ce genre (fig. 22), le manchon s'était détaché d'autre part à son sommet, au niveau de la prophialide dont les parois étaient

encore minces et pâles ; mais par suite d'un fléchissement de la turgescence, la cellule supérieure du manche s'était rétractée et la cloison qui la séparait de la prophialide s'était abaissée au-dessous du bord supérieur du manchon cuticulaire rigide.

La prophialide ne nous a pas offert d'autre modification que des arrêts de développement parallèles à ceux de ses appendices. Dans les végétations de tout âge, on rencontre des prophialides multiples. La prophialide habituelle, formée dans l'avant-dernier segment, est précédée d'une seconde prophialide toute semblable, portant trois phialides ventrales (fig. 15, 16). Dans les jeunes cultures, la prophialide inférieure est noire, tandis que la supérieure est encore grisâtre. Cette différence persiste parfois dans les vieilles cultures. On rencontre aussi (fig. 17) des filaments dont l'avant-dernier segment et le précédent portent chacun trois facettes indiquant la place de phialides abortives ; ces segments sont à peine courbés,

Le segment terminal présente une grande constance dans sa forme et ses dimensions. Son absence est extrêmement rare. Avant de l'admettre, il faut s'assurer avec soin que l'appendice n'est pas masqué, ou qu'il n'existe pas une facette d'insertion montrant qu'il a été accidentellement détaché. Sur des milliers de spécimens examinés, nous avons reconnu deux fois seulement l'absence d'appendice terminal. L'un de ces cas, concernant la touffe originelle trouvée sur un bouchon, est particulièrement intéressant. Dans cet exemplaire (fig. 27), le manche était court, la prophialide normale, à cela près qu'elle portait seulement deux phialides, terminées chacune par une spore normale presque mûre. Les phialides flétries, horizontales et même légèrement pendantes, ne semblaient pas avoir subi la seconde courbure. Cet exemplaire offrait une remarquable ressemblance avec l'*Urobasidium rostratum* Giesenhagen, découvert au Népal par le savant professeur de Munich dans des phytocécidies causées sur les feuilles de l'*Aspidium aristatum* par le *Taphrina Cornu-cervi*. M. Giesenhagen avait inscrit le genre *Urobasidium* dans la famille des Hypochnacées ; mais il présente si exactement l'allure générale de l'*Urophiala*, que nous n'hésitons pas à le transporter des Basidiomycètes dans l'ordre des Prophialidés.

Le segment terminal est sujet aux arrêts de développement. La rupture de la calotte terminale et la formation d'une couronne

aux dépens de la membrane perforée font quelquefois défaut. Dans ce cas, il ne saurait jouer le rôle de régulateur de tension que nous lui avons attribué. Mais, si nous analysons avec soin ces exceptions, il nous semblera qu'elles coïncident avec d'autres modifications de structure rendant cette fonction superflue. La persistance de la calotte terminale est fréquente dans les sporophores munis de deux prophialides superposées qui augmentent notablement la capacité de l'appareil. Nous l'avons également observée dans des cas où l'une des cellules du pied portait un court rameau latéral. Dans l'un d'eux (fig. 21), la rupture du sommet de ce rameau suppléait directement l'expulsion du trop-plein par la cheminée terminale. Dans un phialophore normal, la phialide médiane avait éclaté et une traînée de protoplasme s'échappait par la fissure terminale (fig. 23). Une phialide latérale avait redressé son col et portait une jeune spore verticale, bien que le segment terminal fût encore imperforé. Ces exceptions sont donc loin d'ébranler la règle que nous croyons devoir poser au sujet de la fonction du segment terminal.

Les appendices normaux se réduisent aux trois phialides juxtaposées à la face ventrale de la prophialide. Ce nombre ne varie guère. Nous n'avons pas observé plus de trois phialides sur un même segment. Le développement nous a appris que le rameau médian est le plus précoce ; les deux autres sont ses ramifications qui, partant de sa base, se greffent avec lui sur la prophialide. Le développement presque simultané des rameaux de premier et de second ordre entraîne l'élargissement et les courbures caractéristiques de la prophialide. Cette influence se fait également sentir sur deux segments consécutifs dans les cas de pluralité des prophialides. Les phialides sont-elles abortives (fig. 17), les prophialides sont à peine élargies et courbées.

Dans le cas très rare où le nombre des phialides fertile s'abaisse à deux (fig. 27), elles sont encore d'ordre différent, le rameau terminé par la phialide médiane n'ayant émis qu'un seul appendice latéral.

Parfois l'appendice ne se ramifie pas et n'évolue pas en phialide. Son homologie avec le rameau fertile reste néanmoins manifeste (fig. 18) quand il se détache de l'avant-dernier ou des deux avant-derniers segments légèrement renflés et courbés, surmontés d'un segment terminal plus étroit. Il arrive aussi que le rameau

stérile se montre sous le sommet du segment qui précède une prophialide normale (fig. 19, 21) ou d'un autre segment du manche (fig. 20). Ce rameau est perpendiculaire au manche, cylindrique, court, à paroi légèrement colorée, terminée par une calotte plus mince; il présente en un mot la constitution du segment terminal, dont il remplit éventuellement le rôle. Le segment d'où procède un tel appendice stérile, unique, non ramifié, garde l'aspect et la forme cylindrique des autres éléments du manche.

Affinités du genre *Urophiala*

L'*Urophiala mycophila* diffère de tous les champignons connus. Le genre *Urobasilium* en représente, à notre avis, une forme réduite. Le *Zygosporium oscheoides* Montagne est trop imparfaitement connu pour nous permettre de préciser les affinités que nous lui soupçonnons avec les *Urophiala*. Nous ne toucherons pas au groupe éthologique des *Ustilaginées*, dont certains membres, tels que les *Urocystis*, ressemblent aux *Urophiala* par leurs phialides réunies aux chlamydo-spores par un tube généralement court. Les analogies sont peut-être l'effet d'une simple convergence due au parasitisme.

Si nous faisons abstraction des caractères particuliers de la prophialide : couleur et épaissement des membranes, continuité de la cavité et forme spéciale, nous retrouvons les caractères essentiels des Prophialidés dans le genre *Coemansia* van Tieghem. Chez le *Coemansia pectinata* Bainier, probablement identique au *Martensella pectinata* Coemans, l'appareil conidien semble de prime abord volumineux et compliqué; mais, si nous nous arrêtons aux dernières branches de la fructification aérienne, nous y retrouvons, comme dans l'*Urophiala*, une prophialide fertile entre un manche et un segment terminal stériles. La prophialide a la forme d'une palette incurvée portant sur la face concave des phialides terminées par une spore unicellulaire. Les différences se bornent au cloisonnement de la prophialide en 7-11 cellules superposées, portant chacune 1-2 rangées de phialides. De plus les teintes fuligineuses font défaut, chez les *Coemansia*, sur les supports aussi bien que sur les phialides et les conidies.

Les caractères tirés de l'épaississement des membranes, du nombre restreint de conidies chez l'*Urophiala* indiquent une moindre aptitude à la dispersion rapide. L'*Urophiala* est le type simple dont le *Coemansia* est la forme composée. La condensation du sporophore est poussée à l'extrême chez le *Coronella nivea* Crouan 1867 (*Kichxella alabastrina* Coemans, *Coemansiella* Sacc.) où les prophialides semblables à celles du *Coemansia* sont rassemblées en un faux verticillé rappelant un capitule. L'absence de manche et de phialides chez les *Coronella* résulte de la condensation de la fructification, comme les diverses réductions qui s'observent dans la calathide des Composées. Le genre *Coronella* est le terme supérieur de la série des complications liées à la dispersion abondante et rapide.

Ces trois genres sont les types d'autant de familles de Prophialidés : I. Urophialacées, II. Coemansiacées, III. Coronellacées. Voici la diagnose de l'*Urophiala mycophila* :

Urophiala Vuillemin nov. gen. (Étym : οὐρά, queue ; φιάλη, phiala, phialide, conidiophorum basidiforme).

Mycelium repens subhyalinum; hyphæ fertiles erectæ, obscure coloratæ, septatæ, simplices, tribus partibus constantes: 1° stipite continuo vel uni-septato; 2° capite (seu prophiala) fusco, incurvato, tres, rarissime duas phialas sporiferas gerente; 3° filamento apicali dilatius colorato. Phialæ stomachiformes apice curvato rostratæ, molles, mox evanescentes, rarius rigidiores. Conidia solitaria, acrogena, hyalina, rotunda vel oblonga, levia.

Urophiala mycophila Vuillemin nov. spec.

Mycelio effuso, repente, 1° circiter crasso; hypha fertili fuliginosa, 20-34^µ alta; stipite 4-17 × 2,5-4^µ; prophiala 9-11^µ alta, 4 spissa, ad 7-7,5 lata, filamento apicali 6-8 × 1,75-2^µ; phiala subhyalina ascendente, 4 × 3-3,5; conidiis ovalibus, 5-7 × 4-5^µ.

Hab. in subere inter mucedines. In vitro colitur in radice dauci.

CONCLUSION

Les détails dans lesquels nous sommes entré à propos d'une espèce nouvelle de chaque ordre de la classe des Conidiosporés indiquent la manière dont nous comprenons la systématique des Hyphales qui doivent être classés sans le secours des fructifications supérieures.

Tout d'abord nous mettons à part les Thallosporés et les Héli-

sporés, chez lesquels les fonctions végétatives, conservatrices ou multiplicatrices ne sont pas séparées sur des organes rigoureusement distincts.

Parmi les Conidiosporés, dont les spores sont opposées au thalle dès l'origine, l'appareil conidien présente quatre degrés de complication. A partir de l'état inférieur où il est réduit à la conidie, nous trouvons un système de filaments intermédiaires entre le thalle et les conidies, et constituant des sporophores, puis une nouvelle différenciation indiquée par la présence de phialides, enfin un degré supérieur caractérisé par les prophialides intermédiaires entre le sporophore et la phialide. Les ordres des Sporotrichés, des Sporophorés, des Phialidés, des Prophialidés, répondent à ces quatre étapes de la différenciation de l'appareil conidien.

Nous appelons l'attention des botanistes descripteurs sur la nécessité de distinguer les conidies des portions de thalle adaptées aux mêmes fonctions, les sporophores des tubes mycéliens secondairement modifiés par leurs relations avec les spores, de noter la présence ou l'absence de phialides et de prophialides. Faute de ces distinctions primordiales, on a rapproché souvent dans un même genre des espèces qui rentrent dans des familles distinctes, et réciproquement on a séparé des formes revêtues par une même espèce suivant l'âge ou les circonstances.

Les différenciations auxquelles nous attachons une importance majeure ne sont pas à l'abri des réductions secondaires. La distinction cesse accidentellement d'être tranchée entre le sporophore et les filaments végétatifs, entre la phialide et les autres ramifications du sporophore. Ces exceptions sont rarement embarrassantes, quand on ne borne pas son examen à un échantillon incomplet ou développé dans des conditions défavorables. L'excès de complication de certains organes peut amener l'atrophie ou l'absence d'autres organes qu'ils remplacent avantageusement. Ainsi l'absence de phialides chez le *Coronella nivea* Crouan (*Kichxella alabastrina* Coemans, *Coemansiella alabastrina* Sacc.), qui présente avec le genre *Coemansia* des affinités manifestes, se trouve liée à la juxtaposition de prophialides disposées en couronne et protégeant les conidies logées dans leur concavité comme dans une corbeille. Il s'agit d'un type de Prophialidé où l'absence de phialides est secondaire et méritant la qualification d'Apophialidé.

Les trois ordres supérieurs comprennent des séries parallèles, dont les degrés correspondants ont souvent été compris dans la même famille ou dans la même tribu. Ces degrés, définis par l'absence de ramification de l'appareil conidien ou par les divers types de ramification, constitueront autant de groupes que nous convenons d'appeler familles. Chaque famille comprendra une première tribu à conidies simples (Amérosporées) et d'autres tribus fondées sur les complications diverses des conidies. La différenciation des membranes, cortiquées et fuligineuses, qui sépare les Dématiées des Mucédinées, les sporophores diffus, corémiés ou pulvinés qui distinguaient les Mucédinées, les Stilbellacées et les Tuberculariacées, parfois en confondant les filaments végétatifs avec les éléments de la fructification, n'interviendront que pour le sectionnement des tribus, quand ces caractères seront suffisamment fixés.

Dans l'ordre des Sporophorés, l'appareil conidien est simple dans la famille des Acrémoniacées, dont le genre *Acremonium* est un type amérosporé. Une famille parallèle sera constituée pour les genres de Phialidés où la fructification est réduite à une phialide. Cette condition semble surtout réalisée dans les fructifications serrées en coussinet. Les Prophialidés sont nécessairement ramifiés; mais, si l'on considère comme un tout la prophialide avec les phialides qui en dépendent, on pourra fonder, à la base de l'ordre supérieur, autour du genre *Urophiala*, une famille des Urophialacées qui représente l'état le plus simple des Prophialidés.

Les cimes unipares ne réalisent pas chez les Conidiosporés un type compliqué de fructification. Dans le genre *Monopodium*, le sporophore simple, après avoir formé une conidie terminale à la façon des *Acremonium*, émet un sporophore adventif semblable à lui. Si son activité n'est pas épuisée, celui-ci produira de même un rameau adventif, et ainsi de suite. Nous avons une série de sporophores semblables procédant l'un de l'autre plutôt qu'un sporophore composé. Les *Monopodium* sont donc directement subordonnés aux Acrémoniacées amérosporées. De même, le *Stachybotrys alternans* est une espèce à phialophores sériés d'un genre voisin des *Periconia*.

Les cimes bipares sont plus hautement individualisées et pourront servir de base à des familles. La famille des Streptothricacées

ayant pour type le genre *Streptothrix* Corda (non rec. auct.) rentre dans les Sporophorés. Le genre *Gonytrichum* Nees sera le noyau d'une famille parallèle parmi les Phialidés, si les longs pédicelles qui portent les conidies ont bien la structure des phialides.

Nous trouvons la ramification en grappe dans la famille des Botrytidacées (type : *Botrytis cinerea* Pers. = *Botrytis vulgaris* Fr.) parmi les Sporophorés, dans la famille des Pénicilliacées parmi les Phialidés, dans la famille des Coemansiacées parmi les Prophialidés.

La famille des Verticilliacées ayant pour type le *Verticillium Candelabrum* Bonorden comprend les Phialidés à rameaux verticillés, à spores isolées (*Verticillium*), en chapelets (*Spicaria*, *Gibellula*), etc. On en séparera dans une famille nouvelle les Sporophorés verticillés.

Les Gonatobotrydacées avec les genres *Gonatobotrys*, *Nematogonium*, *Gonatorrhodiella*, *Gonatobotryum*, forment une famille de Sporophorés à renflements intercalaires chargés de spores.

Les renflements terminaux caractérisent la famille des Cédocéphalacées parmi les Sporophorés, la famille des Aspergillacées parmi les Phialidés, la famille des Coronellacées parmi les Prophialidés.

Ces exemples suffisent pour indiquer les tendances qui doivent être imprimées à la revision des Hyphales pour les disposer en un système plus rationnel que ceux dont nous disposons à présent. Cette réforme demandera un long travail. Nous ne nous flattons pas de l'espérer de la voir réalisée demain ; mais, pour faire progresser la science, il faut se garder de l'illusion de la voir achevée.

CARACTÉRISATION

DE

FAIBLES QUANTITÉS DE SAFRAN

(Application à la liqueur de menthe verte)

Par M. P. GRÉLOT

PROFESSEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE NANCY (1)

La coloration des liqueurs de table était régie, jusqu'à ces derniers temps, par le décret du 28 juillet 1908 (art. 7), complété par l'arrêté du 1^{er} août, même année. La liste des colorants autorisés n'avait guère subi de modifications depuis celle publiée dans l'arrêté du préfet de police du 30 décembre 1890.

La fâcheuse tolérance qui s'était étendue peu à peu à toutes les denrées alimentaires a provoqué l'élaboration de nouveaux rapports (2); l'arrêté du 4 juillet 1910 fixe définitivement la liste des colorants dérivés de la houille, chimiquement définis, qui sont autorisés dans la fabrication des liqueurs et sirops.

En ce qui concerne la coloration de liqueurs telles que la *menthe verte*, cet arrêté autorise l'emploi du vert malachite

(1) Séance du 1^{er} juillet 1910.

(2) *Coloration des produits alimentaires. Les matières colorantes dont l'emploi pourrait être permis.* F. MOUTLET (*Annales des falsifications*, n° 7, mai 1909, p. 243). — *Les colorants employés dans la fabrication des produits alimentaires* (Rapport présenté à l'Académie de médecine), *ibid.*, n° 17, mars 1910. — *Colorants dont l'emploi peut être autorisé pour la fabrication des produits alimentaires* (Rapport présenté au Conseil supérieur d'hygiène publique de France), *ibid.*, n° 20, juin 1910, p. 217.

(sulfate), du vert acide J ou le mélange des colorants bleus et jaunes suivants : jaune naphтол S, chrysoïne, auramine O, bleu à l'eau 6 B, et bleu patenté.

Jusqu'ici, bien des liquoristes, pour éviter des désagréments possibles avec l'emploi de colorants qu'ils ne connaissent que sous des noms de guerre, et ne se fiant pas à la mention « autorisé » qui figure sur l'étiquette ou sur la facture du fabricant de produits chimiques, emploient, pour colorer la menthe verte, un mélange de colorants végétaux tels que le carmin d'indigo et le safran (1).

J'ai pu obtenir une belle coloration verte, très agréable à l'œil, en employant pour 1 litre de liqueur :

Carmin d'indigo : 9,5 centimètres cubes d'une solution à 1,73 ‰ = 0,0164 ;

Infusion de safran : 4,5 centimètres cubes d'une infusion à 6,70 ‰ = 0,0261.

C'est dire que l'expert qui aura à sa disposition un demi-litre de liqueur, quantité prévue par l'arrêté du 1^{er} août 1906, devra opérer sur des quantités de matière colorante extrêmement faibles.

Il faut se débarrasser du sucre et de l'alcool qui pourraient gêner la recherche de la matière colorante. Pour cela, il suffit de concentrer au bain-marie un certain volume de liqueur (200 centimètres cubes par exemple) jusqu'à cristallisation, reprendre par un excès d'alcool à 95°, puis, après un repos de quelques heures, filtrer pour séparer le sucre et distiller pour chasser l'alcool. On obtient ainsi une solution colorée concentrée et suffisamment débarrassée de sucre pour que celui-ci ne gêne plus les réactions.

L'expert non prévenu du ou des colorants auxquels il a affaire, fera d'abord un certain nombre d'essais. En suivant les méthodes classiques (2), l'essai à l'éther indiquera la présence d'un colorant sulfoné, car la matière colorante du safran, en milieu alcalin, ne passe pas dans l'éther ; d'autre part, le carmin d'indigo en solution étendue se décolore en présence de la soude.

La liqueur verte primitive, additionnée d'ammoniaque et agitée

(1) La chlorophylle, que l'on peut extraire facilement de Portie ou de Pépinard, semblerait indiquée *a priori*, mais, pour se maintenir en solution et conserver sa belle teinte verte, elle exige un titre alcoolique assez élevé (50° environ) et l'adjonction d'un mordant tel que l'alun dont l'emploi est rigoureusement interdit.

(2) VILLIERS, COLLIN et FAYOLLE, *Traité des falsifications et altérations des substances alimentaires*. Édit. 1909, t. V, p. 274 et suivantes.

avec de l'alcool amylique, communiquera à celui-ci une teinte jaune qui fera penser aux dérivés de la rosaniline. Si la liqueur est suffisamment concentrée, la couche aqueuse sera bleue, mais si elle est étendue, sous l'action de l' Az H^3 elle virera au jaune. Si, maintenant, on répète le même essai en milieu neutre ou acide, la couche aqueuse restera bleue mais l'alcool amylique se colorera en jaune; donc pas de dérivés de la rosaniline. Puisqu'il y a un colorant jaune que l'on peut extraire avec l'alcool amylique, c'est donc que la coloration verte primitive était due à un mélange de bleu et de jaune. D'autre part, l'essai avec la magnésie et l'acétate de mercure donnera, après filtration, une liqueur jaune qui ne changera pas par addition d'acide sulfurique dilué, ce qui exclut les dérivés azoïques et sulfoconjugués de fuchsine.

L'essai de coloration sur laine, en milieu acide, donnera une teinte verdâtre, car, dans ces conditions, le safran colore assez bien la laine et viendra se superposer à la teinte bleue du carmin d'indigo.

En suivant les tables de Rota, on arrive très facilement à caractériser le carmin d'indigo, mais ce dernier empêchera la recherche du colorant jaune qui lui est superposé.

Il est donc indispensable de séparer les deux colorants. De toutes les méthodes courantes, c'est l'extraction à l'éther (qui ne dissout pas le carmin d'indigo) qui donnera les meilleurs résultats, dans le cas de la présence du safran, mais avec une modification que je vais indiquer.

Si on agite la liqueur primitive, neutre ou acidifiée, avec de l'éther, celui-ci, décanté sur une soucoupe, donne, après évaporation, un résidu *jaune citrin* qui finit par disparaître complètement au bout de quelques heures, à la température ordinaire du laboratoire. Il en est de même avec l'éther acétique et l'alcool amylique. Ce résidu jaune citrin, touché avec une goutte $\text{SO}^+ \text{H}^2$ pur donne une coloration mauve au lieu de la coloration bleu foncé fugace que l'on obtient dans les mêmes conditions avec le résidu *fixe* d'une infusion ou d'une teinture de safran.

Il ne faut pas compter, pour caractériser le safran, sur le précipité rouge orangé qu'on doit obtenir avec le sous-acétate de plomb et le résidu repris par un peu d'eau distillée; cette réaction n'est pas assez sensible et ne donne de résultats qu'avec une solution relativement concentrée. Le doute est donc permis.

Le procédé suivant donne d'excellents résultats, même avec des solutions très étendues.

La solution verte primitive, concentrée comme il a été dit, est portée à l'ébullition pendant cinq minutes avec 2 % environ d'HCl et quelques gouttes de protochlorure d'étain. Le carmin d'indigo se réduit aussitôt et la liqueur devient jaune clair: bientôt elle se trouble, et il se dépose un précipité floconneux rouge orangé. Après refroidissement, on agite dans une boule à décantation avec de l'éther qui dissout toute la matière colorante précipitée: la solution étherée est jaune, mais par évaporation sur des assiettes elle laisse un résidu *rouge orangé*, fixe, dont les caractères de coloration sont indiqués dans un des tableaux ci-après. Ce résidu est insoluble dans l'eau et dans l'eau acidulée, mais il est très soluble dans l'eau légèrement alcaline, dans l'alcool, l'éther acétique, l'alcool amylique, à peine soluble dans CHCl_3 , CS_2 , insoluble dans l'éther de pétrole. L'eau alcaline enlève avec la plus grande facilité la matière colorante aux solvants ci-dessus.

Cette matière colorante rouge n'est pas autre chose que de la crocine impure, substance obtenue d'abord par Henry puis par Weiss⁽¹⁾ par dédoublement de la *polychroïte*. Suivant Kayser⁽²⁾, le safran en renferme environ 40 %. La réaction est assez sensible pour que, par épuisement à l'éther comme ci-dessus, on puisse caractériser facilement la matière colorante cédée par 3 milligrammes de safran.

Après ébullition avec HCl, si on sépare par filtration la crocine précipitée, le liquide filtré reste coloré en jaune clair et cède à l'éther une matière colorante jaune, volatile, déjà signalée par Weiss et qui paraît identique à celle enlevée par l'éther à une infusion de safran non traitée par HCl.

Cet ensemble de caractères suffit largement pour caractériser le safran.

Dans les mêmes conditions peut-on confondre le safran avec une autre matière colorante végétale?

Parmi les colorants végétaux jaunes que l'on pourrait employer au lieu et place du safran, il n'y a guère que la *bixine* à l'eau (retirée du rocou), le curcuma et le carthame, et encore ces colo-

(1) WEISS, *Bulletin de la Société chimique*, 1868, t. IX, p. 392.

(2) KAYSER, *Ch. Centralbl.*, 1908, t. I, p. 303.

rants ne donneront pas avec le carmin d'indigo ce vert brillant si agréable à l'œil qu'on obtient avec le safran.

Ces trois substances, traitées comme ci-dessus, laissent déposer après quelques minutes un précipité coloré insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool, l'éther, et surtout l'eau ammoniacale.

Curcuma. — En évaporant sur une soucoupe la solution étherée du précipité coloré qui se sépare d'une teinture traitée par HCl à l'ébullition, on obtient un résidu *jaune brun* : ce résidu, touché avec $\text{SO}^4 \text{H}^2$ donne une teinte rouge ponceau; brun rouge avec HCl et avec AzH^3 ; bleuâtre avec NaOH; enfin si on dissout un peu de ce résidu dans de l'alcool additionné d'une trace d'acide borique, après évaporation de l'alcool, on aura la réaction bien connue : teinte bleu foncé très fugace en touchant avec AzH^3 ou NaOH. Ces caractères sont nettement différents de ceux fournis par le safran.

Bixine soluble à l'eau. — Le rocou, au moins en liquoristerie, ne s'emploie plus depuis longtemps à cause de son odeur désagréable et de sa conservation difficile; on le remplace avantageusement par la bixine.

Les colorations obtenues par touches sur le résidu étheré et les caractères de solubilité de ce résidu sont trop voisins pour qu'on puisse différencier nettement le rocou du safran. Il faut avoir recours à la teinture. La solution étherée de matière colorante, obtenue comme il a été dit, est évaporée entièrement dans une capsule de porcelaine, le résidu rouge brun est repris par un peu d'eau ammoniacale : on porte quelques minutes à l'ébullition avec une floche de coton hydrophile. On lave rapidement à l'eau et on plonge dans une solution à 10 % d'acide tartrique : le coton, qui avait pris dans le bain une teinte brun clair, prend de suite une teinte rose très nette. Cette réaction a déjà été indiquée par Leys⁽¹⁾ pour la recherche du rocou dans le lait. La soie et la laine prennent aussi une teinte rosée, mais moins facilement que le coton.

Dans les mêmes conditions, le safran ne cède, en milieu alcalin, aucune coloration au coton, à la laine ou à la soie.

Carthame. — La solution étherée laisse un résidu *jaune clair*,

(1) LEYS, *Journal Ph.*, 1898, VII, p. 286.

les colorations obtenues par touches ne permettent de confondre avec aucun des colorants précédents. La teinture sur coton ne donne rien après action de l'acide tartrique, car l'acide carthamique est insoluble dans l'éther et n'a pu être enlevé à la solution primitive.

J'ai résumé dans les tableaux suivants les caractères de solubilité et de coloration par touches et par teinture.

Matières colorantes en solution dans l'eau

	SAFRAN	BIXINE	CURCUMA	CARTHAME	CARMIN D'INDIGO
Agité avec une solution:					
Éther.	jaune paille.	jaune d'or.	jaune paille.	jaune paille clair.	○
	plus faible.	jaune foncé.	jaune très soluble.	jaune paille clair.	○
Éther acétique.	○	○	○	○	○
	jaune citrin.	jaune orangé.	jaune d'or/très soluble.	jaune paille.	○
Alcool amylique.	jaune citrin.	orangé foncé.	jaune foncé.	jaune d'or.	○
	plus clair.	jaune d'or.	jaune brun.	○	○
Alcool amylique.	jaune paille.	jaune d'or.	jaune d'or.	jaune d'or.	○
	jaune paille.	orangé foncé.	foncé très soluble.	plus clair.	bleu clair.
Chloroforme.	jaune paille.	jaune d'or foncé.	brun clair.	○	○
	○	jaune paille.	jaune paille.	○	○
Sulfure de carbone.	○	orangé foncé	jaune paille.	○	○
	○	○	○	○	○
Éther de pétrole.	○	orangé pâle.	paille très clair.	○	○
	○	○	paille très clair.	○	○
ACTION DE :	○	à peine coloré.	jaune très clair.	○	○
	○	○	○	○	○
NaOCl	décoloration lente.	décoloration lente.	décoloration lente.	décoloration lente.	décolor. immédiate.
Acides forts.	peu de changement.	rouge puis trouble.	colorat. accentué.	rien, trouble.	décoloration à chaud par HCl.
Alcalis	peu de changement.	pas de changement.	brun rouge foncé.	brun rouge.	devient jaune.

Colorations obtenues par touches sur le résidu de la solution éthérée de la matière colorante précipitée à l'ébullition par HCl.

RÉACTIFS	SAFRAN	DIXINE	CURCUMA	CARTHAME
SO ₂ H ² . . .	bleu outremer, puis violacé, assez fugace.	bleu indigo, puis violacé.	rouge.	brun sale.
HCl	Rien.	Rien.	brun rouge.	jaune.
AzO ³ H . . .	bleu pâle, fugace, puis décoloration.	bleu indigo, fugace.	brun rouge.	rose fugace.
AzH ₃	jaune paille persistant.	jaune vif.	brun rouge foncé.	jaune, puis jaune verdâtre.
KOH	jaune citrin persistant.	jaune orangé.	brun rouge foncé.	jaune verdâtre.

En ce qui concerne les matières colorantes dérivées de la houille, au moins pour les plus usuelles, il serait intéressant de posséder des tableaux donnant pour chacune d'elles les caractères de solubilité dans les divers solvants⁽¹⁾. Les renseignements que l'on trouve dans les ouvrages spéciaux ne sont pas suffisants ou peuvent induire en erreur, car le *teinturier* considère comme insolubles dans un milieu donné, les colorants qui ne lui cèdent pas suffisamment de substance pour teindre des tissus alors que, pour l'œil, les solutions seront même fortement colorées. De semblables tableaux rendraient de grands services aux experts et à tous ceux qui s'intéressent à l'analyse des denrées alimentaires.

(1) Il existe bien quelques rares documents : *Solubilité et valeur d'extraction des colorants des denrées alimentaires* (Journ. amer. chem. Society, 1907, 29, 1629-1634).

LES MUSCINÉES

DES

ENVIRONS DE NANCY

Par M. A. COPPEY

AGRÉGÉ DES SCIENCES NATURELLES, PROFESSEUR AU LYCÉE DE NANCY

DEUXIÈME PARTIE (*suite*) ⁽¹⁾

LE PLATEAU DE MALZÉVILLE

1° *Situation géographique*

La commune de Malzéville, séparée de Nancy par la Meurthe, constitue, au nord-est, la banlieue de la ville. *Marzéville*, ainsi qu'on la nommait autrefois et que la désignent encore quelques vieux habitants, est une coquette et industrielle localité, mi-partie étalée sur la rive droite de la rivière, mi-partie étagée à flanc de coteau et protégée contre les vents les plus froids par le plateau élevé qui la domine.

Le *Plateau de Malzéville* est le but très fréquent de la promenade familiale des Nancéiens, distraction des après-midi dominicales pendant la belle saison. L'accès en est facile, grâce notamment à un tramway électrique, qui conduit les promeneurs au milieu du village. L'ascension est aussi commode et aussi rapide du côté sud, grâce au tramway qui dessert également le village d'Essey. On se rend encore au plateau par Cham-

(1) Voir *Bulletin des séances de la Société des Sciences de Nancy*, t. X, fasc. II, série III, année 1909, p. 83.

pigneulles (nouveau tramway) en traversant la Meurthe sur un pont de bois qui débouche au bas de la ferme et du château de Pixérécourt. Enfin, sur le versant nord, les gares de Lay-Saint-Christophe et Eulmont-Agincourt, de la ligne Nancy — Château-Salins, sont encore des points de départ occasionnels et commodes.

Quel que soit, d'ailleurs, le lieu d'où on l'observe, le plateau offre un aspect curieux et qui ne manque jamais de me faire songer à ces calvities qui affligent prématurément tant de personnes. Le chapeau sur la tête, notre chauve ne manque pas de chevelure; il en a même une fort élégante, harmonieusement partagée, au dessus du col, par une raie... parfois un peu large. Mais qu'il découvre son sinciput et l'illusion s'envole, le désert apparaît. Du fond de la vallée, le plateau de Malzéville est visible pour nous comme la tête d'un géant le serait pour un tout petit enfant. Une couronne de forêts encercle le sommet de son robuste col; la raie, qui empiète fâcheusement sur son voisinage, ne fait même pas défaut; elle est ici, comme il convient à notre colosse, un véritable ravin dont la base s'ouvre, en face de Champigneulles, sur les terres de la ferme de Pixérécourt. A défaut d'autre nom, c'est ce dernier qui lui sera attribué dans cette étude.

Mais, suivant un sentier quelconque, gravissons le coteau, sans oublier de nous retourner de temps à autre pour admirer le merveilleux panorama que nous offrent Nancy, les fertiles vallées lorraines, les étonnantes agglomérations industrielles et les grands plateaux boisés, situés vis-à-vis, de l'autre côté du ruban argenté de la Meurthe. Un dernier coup d'œil à cette vue de féerie et nous nous enfonçons sous les pins ou les chênes; mais, à peine avons-nous le temps d'apprécier la fraîcheur de leurs ombrages, à peine avons-nous pu nous éponger le front que la forêt s'évanouit et le désert apparaît.

Le plateau, avec ses 380 mètres d'altitude en son point le plus élevé, domine le fond de la vallée de presque 200 mètres. Deux kilomètres à peine séparent, en ligne droite, ce point culminant de la rivière, au niveau du pont de Pixérécourt. En forme de rectangle irrégulier, allongé dans la direction nord-ouest — sud-est, la surface, en dedans de sa couronne de forêts, ne présente qu'une très faible pente, la dénivellation n'étant en général que

d'une trentaine de mètres pour un kilomètre de parcours. Cependant le fait n'est pas sans importance, car il en résulte une exposition assez sensible au sud-ouest, à l'ouest ou au nord-ouest.

L'existence du ravin de Pixérécourt, qui entame profondément le plateau au nord-ouest, n'est pas non plus sans influence sur cette exposition. La pente, au voisinage, atteint généralement 5 à 8 % dans une portion qui appartient cependant déjà au plateau lui-même et qui est exposée au nord-ouest.

Le rectangle a une longueur d'environ 3 kilomètres et une largeur deux fois plus petite.

A son angle sud-est, il présente une apophyse ovoïde de 7 à 800 mètres nommée la *Butte Sainte-Geneviève*, qui domine les villages d'Essey, Saint-Max et Dommartemont.

Le sommet de cette butte est en partie boisé, et d'ailleurs inaccessible au public, étant occupé par des batteries dont l'approche est interdite.

L'emplacement de cette butte sera donc exclu de cette étude. Il en sera de même des pentes cultivées et de la ceinture boisée, celle-ci étant éliminée surtout parce qu'elle ne peut-être explorée sur tout son pourtour : les bois particuliers dont elle se compose en partie étant impérieusement interdits aux promeneurs. D'ailleurs, je tiens à conserver à ces monographies le caractère de simplicité que je me suis imposé au début, ce qui ne peut être que le résultat du choix de stations aussi simples et homogènes que possible.

2° *Caractères généraux (géologie, hydrologie, climat, etc.)*

Les géographes, puis les géologues, ont mis depuis longtemps en relief le caractère remarquable du bassin parisien, formé d'une série de cuvettes, d'âge différent, emboîtées les unes dans les autres. Chaque fois que l'un des terrains constituant ces cuvettes possède une résistance spéciale à l'érosion, il forme, à sa limite périphérique, une falaise sinuée, découpée çà et là par de profondes vallées. Le plateau de Malzéville est un cap de la falaise oolithique, la plus importante de toutes, cap devenu îlot par le creusement des vallées de la Meurthe, à l'ouest, et de son affluent, l'Amézule, au nord.

L'extrême pointe de ce cap est elle-même isolée, à l'est du

plateau, et forme une curieuse colline, coiffée d'un lambeau d'oolithe, qui a reçu, en raison de son aspect, le nom de *Pain de Sucre*.

Les vallées ont entamé profondément le terrain liasique dont les deux étages supérieurs, *Charmouthien* et *Toarcién*, forment les pentes du plateau, plus ou moins cachées par des éboulis. Le plateau lui-même est constitué entièrement par l'étage oolithique inférieur ou *Bajocien*. C'est un calcaire très fissuré, plus ou moins oolithique, entremêlé, par places, de calcaire à polypier, très pur, cristallin, offrant de belles empreintes d'*Astrea*.

La désagrégation superficielle produit une petite quantité d'une terre jaune-rougâtre à laquelle BRACONNIER assigne la composition suivante (1) :

Silice.	526	Magnésic	3
Alumine.	203	Acide phosphorique. .	3,4
Peroxyde de fer	92	Perte au feu.	117
Chaux.	20		

Le caractère prédominant de ce calcaire est certainement sa profonde fissuration, bien visible dans les carrières en exploitation. L'absence de végétation forestière est la cause d'une dénudation continue de la surface, la terre végétale pénétrant dans les innombrables diaclases du substratum. On a même exploité, de 1852 à 1857, du minerai de fer en grains de la grosseur d'un pois à celle d'un œuf, dans les fissures du plateau, minerai qui servit à l'alimentation partielle des hauts fourneaux de Champigneulle. Il n'est pas indifférent de rappeler ici la composition de ce minerai, puisqu'il devait tirer son origine du sol superficiel (2) :

Silice.	102	Chaux.	23
Alumine.	34	Magnésic	1
Peroxyde de fer	738	Acide phosphorique. .	1

L'aspect du calcaire exploité, avec ses fossiles complètement dissous, avec d'abondantes recristallisations, atteste, d'ailleurs, un profond remaniement par les eaux d'infiltration.

On conçoit facilement que les eaux ne séjournent pas du tout

(1) BRACONNIER, *Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe-et-Moselle*, Paris et Nancy, 1883, p. 355.

(2) BRACONNIER, *loc. cit.*, p. 354.

à la surface du plateau, et la circulation y est facile en tout temps, sauf quand il y a de la neige. La pluie a donc une action peu durable. La quantité totale n'en a pas été mesurée spécialement, mais elle ne diffère certainement pas beaucoup de celle qui tombe à Nancy même, ainsi que sa répartition au cours de l'année (1).

Il n'est pas douteux que, pendant la belle saison, l'influence *de la pluie* sur les végétaux non enracinés ne dure pas assez pour leur permettre d'en profiter sérieusement. La rosée elle-même est peu abondante sur ces plateaux élevés par rapport aux cours d'eau. Aussi, pendant l'été, les mousses sont-elles desséchées au point de faire douter qu'il leur reste une trace de vie.

Cependant, lorsque les pluies persistent quelque temps, la végétation reprend rapidement, et elle se continue pour ainsi dire sans arrêt au cours des saisons brumeuses et humides, même s'il ne pleut pas.

Les *brouillards*, notamment, qui se produisent fréquemment aux époques où la température est encore assez élevée pour permettre le développement des Cryptogames, est particulièrement favorable à la croissance des Muscinées, notamment dans les stations dénudées. Il suffit à expliquer l'existence d'un riche tapis de ces petites plantes en des lieux où l'on est tout surpris, en la belle saison, de les voir aussi abondantes.

Il convient donc d'étudier ici ce facteur autant que les données de la météorologie le permettent.

Il est bien connu que la Lorraine est brumeuse. Les brouillards sont particulièrement fréquents, intenses et durables dans les étroites vallées resserrées entre les plateaux jurassiques. Il arrive assez souvent qu'un beau soleil éclaire le plateau de Malzéville, alors que Nancy est invisible sous un manteau que les fumées contribuent à rendre complètement opaque; mais cette éclaircie ne se produit que dans le milieu de la journée, et le plateau a subi suffisamment l'influence de ce voisinage humide pour que les mousses ne s'y dessèchent pas un seul instant. Contentons-nous donc des observations faites à Nancy même: elles s'appliqueront avec une rigueur suffisante à notre station surélevée.

(1) Voir A. COPPEY, *Les Muscinées des environs de Nancy*, deuxième partie (*Bulletin des séances de la Société des Sciences de Nancy*, 1908).

Les chiffres que l'on possède à ce sujet n'ont d'ailleurs pas grande précision. Ce ne sont plus ici des données mathématiques, comme le nombre de millimètres d'eau que marque le pluviomètre.

Comment distinguer la simple rosée et le brouillard, le temps couvert et le temps brumeux ? Les chiffres dépendent beaucoup de l'observateur qui les inscrit : à quoi des connaissances aussi vagues peuvent-elles servir ? Aussi ces données sont-elles souvent négligées dans les caractéristiques des climats : c'est un tort grave ; au point de vue de la géographie botanique, comme d'ailleurs à un point de vue purement humain, elles ont un intérêt capital, plus grand même que la connaissance de la hauteur d'eau tombée annuellement. Souhaitons seulement que les météorologistes trouvent une gamme plus précise pour y rapporter leurs observations.

D'après les données recueillies par l'abbé VAUTRIN, la moyenne, à Nancy, des journées de brouillard ou de brume a été annuellement de 36 entre les années 1799 et 1821 (1). Cette moyenne s'élevait à 106 jours entre 1841 et 1869, avec un maximum de 143 et un minimum de 65 (2).

Il y a une différence énorme entre ces deux moyennes, qui portent cependant l'une et l'autre sur une période de plus de vingt années, bien suffisante pour donner quelque constance aux moyennes météorologiques. Cette différence tient-elle surtout au manque de base d'appréciation aux observateurs, ou, comme on l'a supposé, à une variation climatérique d'amplitude extraordinaire ? Les deux causes ajoutent sans doute leurs effets, car, dans la première période, on a noté une moyenne annuelle de 101 jours de pluie, ayant donné 549^{mm} d'eau et, dans la deuxième, 160 jours de pluie et 810^{mm} d'eau, différence importante qui a, cette fois, plus de chances d'être exacte.

Voici un relevé, portant sur les treize dernières années, du nombre de jours de brouillard ou brume avec leur répartition en chaque saison (3).

(1) Cité par SIMONIN, *Météorologie et climat du département de la Meurthe* (Mém. Acad. Stanislas 1861, imprimé en 1862).

(2) SIMONIN, *loc. cit.*

(3) *Bulletin des observations météorologiques de la commission de Meurthe-et-Moselle*, 1896 à 1908.

ANNÉES	1896	1897	1898	1899	1900
Hiver	32	21	23	11	8
Printemps	5	0	2	4	2
Été	8	1	3	3	3
Automne	16	32	27	30	24
TOTAL	61	54	55	48	37

ANNÉES	1901	1902	1903	1904	1905
Hiver	14	21	16	25	22
Printemps	3	7	7	15	21
Été	0	5	4	7	20
Automne	24	17	29	37	23
TOTAL	41	50	56	84	86

ANNÉES	1906	1907	1908	MOYENNES
Hiver	15	8	20	18
Printemps	10	10	12	7 1/2
Été	12	13	8	6 1/2
Automne	27	26	38	26 1/2
TOTAL	64	57	78	59

On voit, d'après ce tableau, combien sont favorisées par l'automne lorrain les plantes peu exigeantes sous le rapport de la température, mais qui ont un besoin constant d'être humectées.

Sur la *température* du plateau, on ne possède pas d'autres données précises que celles qui concernent Nancy. Il est certain, toutefois, que les écarts de température sont plus grands au-dessus du plateau que dans la ville. Le froid y est notablement plus vif lorsque soufflent les vents d'est ou de nord-est. Ce bord oriental de la falaise jurassique n'est nullement protégé contre eux et la partie dénudée n'est pas garantie par sa maigre ceinture de bois : quand la bise souffle un peu fort, dans la saison froide,

le plateau est un coin de Sibérie. Par contre la chaleur est particulièrement intense en été, dans les endroits bien exposés, où la pente s'accroît et oriente la surface dénudée vers le sud ou le sud-ouest : c'est ce qui arrive notamment en ce point qui domine la route de Malzéville à Lay-Saint-Christophe, au dessus de Pixérécourt, et que l'on nomme la *Côte rôtie*. C'est un coin de Provence auquel ne manque pas complètement la végétation méridionale, ainsi qu'on le verra plus loin ; l'illusion se complète, à distance, par la présence de quelques pins sylvestres isolés qui, battus par les vents, ont pris véritablement l'aspect de pins pignons.

3^o *Données historiques*

Le passé d'une station botanique est des plus importants à connaître, sinon des plus faciles à reconstituer. Il semblerait que cette reconstitution soit la chose la plus simple au voisinage des grandes villes. Et pourtant, si l'on arrive assez facilement à savoir combien de fois la population d'une localité a été décimée par la guerre, la peste ou la famine, si l'on peut connaître sans trop de peine les noms des propriétaires de son territoire, on n'obtient par contre que de très vagues résultats relativement à l'état de ce dernier.

Il n'est pas douteux que le plateau de Malzéville ait été parcouru par les eaux vosgiennes avant le creusement de la vallée qui le sépare du plateau de Haye. On n'y trouve plus, à ma connaissance, de cailloux roulés de quartzites, mais ceux-ci abondent, à la même hauteur, de l'autre côté de la vallée, au dessus de Maxéville et de Champigneulle. Peut-être y en a-t-il, comme dans les carrières qui dominent Nancy à l'ouest, dans les fissures du calcaire ; mais je n'ai pu en apercevoir ni à la surface, ni dans les carrières actuelles. Toutefois, si l'on s'en rapporte à BLEICHER, les géologues semblent bien en avoir vu. « Sur le sommet de la colline, dit-il, existent des fissures nombreuses dont certaines sont remplies de cailloux venus des Vosges ⁽¹⁾. »

(1) BLEICHER, *La Colline de Malzéville* (Bull. Soc. de géogr. de l'Est, 1899, p. 27).

Et ailleurs : « Le diluvium des plateaux se manifeste çà et là, en traînées, sur le plateau de Malzéville (1). »

L'origine de ce dépôt remonte sans doute à l'époque tertiaire. En tout cas, dès l'époque néolithique, la vallée était creusée à peu près comme nous la voyons de nos jours, ainsi que l'attestent les stations humaines trouvées dans les exploitations d'éboulis du bas de la colline (2).

A la même époque, le plateau lui-même, par sa merveilleuse situation de vedette élevée au-dessus d'une immense étendue de plaines et de vallées, était un refuge tout indiqué aux populations dont on a relevé les traces. R. GUÉRIN, notamment, y a reconnu treize stations et « au point où la Butte Sainte-Geneviève se relie au plateau, par un col étroit, s'élève un énorme remblai fait de main d'homme et qui s'étend d'un coteau à l'autre (3). »

Rien ne vient justifier l'hypothèse que le plateau ait pu être boisé à une époque quelconque. Quant à sa ceinture de forêts, leur âge ne peut être exactement déterminé; il en est ainsi, d'ailleurs, pour beaucoup d'autres plus importantes : des spécialistes en la matière ont dû y renoncer.

« Ce serait un problème insoluble que de vouloir reconstituer, pour une époque déterminée du Moyen Age, la carte forestière du pays. Les éléments de ce travail manquent complètement (4). »

La bordure de bois du flanc Est est certainement très ancienne. « On trouve, sous la date du 11 juillet 1531, un départ de cour entre la gruerie de Nancy et les habitants de Marzéville, au sujet d'un bois situé au côté de la côte de Flavémont pour lequel le gruyer (5) de Nancy avait fait gager les dits habitants qu'il disait avoir trouvés coupant du bois au dit endroit (6). »

C'est bien ce bois, actuellement porté sur les cartes sous le

(1) BLEICHER, *Géologie et archéologie préromaines des environs de Nancy* (Nancy et la Lorraine. Quinzième congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, 1886, p. 302).

(2) BLEICHER, *La Colline de Malzéville*, loc. cit.

(3) BARTHÉLEMY, *Matériaux pour servir à l'étude des temps préromains en Lorraine* (*Mémoires de la Société d'archéologie lorraine*, 3^e série, 17^e volume).

(4) CH. GUYOT, *Les Forêts lorraines jusqu'en 1789*. Nancy, 1886. (M. Guyot est actuellement directeur de l'École nationale des eaux et forêts.)

(5) Officier des eaux et forêts.

(6) H. LEPAGE, *Les Communes de la Meurthe*. Nancy, 1853, p. 705.

nom de bois de Flavémont qui forme la bordure orientale et septentrionale du plateau.

Au contraire, au-dessus des vergers de Malzéville, du côté ouest, les bois doivent être beaucoup plus récents, si l'on s'en rapporte aux beaux dessins d'ISRAËL-SYLVESTRE, datant du dix-septième siècle, qui nous montrent une côte de Marzéville entièrement dénudée.

Ces bois ont eu une heureuse influence protectrice vis-à-vis des pentes cultivées qui dominent Malzéville, pentes qui étaient en grande partie couvertes de vignes autrefois. Actuellement, cette culture ne subsiste que sur le versant méridional, à Dommartemont et à Essey; au-dessus de Malzéville, la vigne est remplacée presque complètement par des champs et de belles plantations d'arbres fruitiers.

Ces variations dans la culture conduisent donc à se demander si la surface même du plateau a été cultivée jadis? Tout d'abord, on peut remarquer que la population agricole du village n'a jamais dû être beaucoup plus considérable qu'actuellement, car la population totale n'a fait que s'accroître jusqu'à nos jours.

De 162 habitants en 1710, elle passait à 927 en 1802 et 1.640 en 1843 ⁽¹⁾; elle est actuellement de près de 3.500.

Il ne semble pas que la terre végétale ait jamais pu se rencontrer, sur cette surface, en plus grande quantité qu'actuellement. Le seul essai de culture connu a été entrepris au commencement du siècle dernier par l'établissement agricole de Sainte-Geneviève, situé près de la butte de ce nom, dont j'ai parlé précédemment, et par un autre agriculteur qui s'est quelque peu ruiné dans la ferme dont il sera question un peu plus loin.

« La côte au pied de laquelle est bâti le village de Malzéville, nous dit LEPAGE en 1843, était entièrement stérile il y a cinquante ans ⁽²⁾. » Sous ce nom de *côte*, il veut désigner évidemment le haut du plateau.

Il nous renseigne d'ailleurs à cet égard. « Les terres du plateau, dit-il un peu plus loin, considérées longtemps comme presque stériles, produisent aujourd'hui, grâce au zèle infatigable, à

(1) H. LEPAGE, *Statistique historique et administrative du département de la Meurthe*, deuxième partie, Nancy, 1843.

(2) *Idem.*

la persévérance et au mérite de M. Turck, propriétaire actuel de Sainte-Geneviève, du très beau blé et en abondance, du colza remarquable, de l'orge, de l'avoine, des pommes de terre, des carottes, des betteraves, des pois, des lentilles, de la luzerne et du sainfoin ! »

Cette prospérité fut-elle réelle ? Quoi qu'il en soit, il ne reste que deux petites surfaces cultivées, l'une à l'angle nord-est, et l'autre à l'angle sud-est près de la ferme Sainte-Geneviève, reste bien déchu du véritable institut agricole, théorique et pratique, qui existait en cet endroit depuis 1839. Le reste appartient, depuis vingt à vingt-cinq ans, à l'administration militaire, qui a construit une caserne sur le plateau même, et loue celui-ci, en partie à la ferme de Pixercourt, en partie à celle de Sainte-Geneviève pour l'élevage des moutons. La caserne occupe l'emplacement même d'une ferme qui avait été installée en cet endroit et qui fut le centre de l'exploitation jusqu'à sa disparition.

On devine encore, par endroits, l'emplacement des anciens sillons, grâce à de légères ondulations caractéristiques. Très certainement, d'ailleurs, la charrue n'a pas passé sur toute la surface, et la végétation n'est pas indifférente à ce détail. J'ajouterai enfin que, en plus du piétinement des moutons, le plateau est foulé fréquemment par les troupes de la garnison de Nancy, qui possèdent là un merveilleux champ de manœuvres.

4° Sur le choix de la station

On s'étonnera peut-être de me voir choisir, comme type de station bryologique, celle dont il est question ici. Quelle singulière idée, d'aller chercher des Mousses, plantes des lieux frais et ombragés, sur ce plateau aride, grillé par le soleil ou roussi par la bise ! Passe encore de se déranger en l'honneur de quelque herbe rare, miraculeusement échappée à la dent du mouton, ou au pied du militaire !

Si seulement il devait être question de la bordure boisée, il y aurait intérêt à lire ces notes ; le botaniste serait alors alléché par l'espoir de l'indication de quelques « bonnes plantes ». Mais quelle mauvaise plaisanterie de l'envoyer à la *Côte rôtie* pour y recueillir un rhume, à moins que ce ne soit un bon coup de

soleil ! Vraiment, si la station de La Flie fut un heureux choix, celle-ci ne présente aucun intérêt !...

Eh ! collectionneur, mon bon ami, ne cherchez pas dans ces notes ce que je ne vous offre pas. S'il n'y a pas, dans chacune de ces pages, matière à enrichir vos cartons, c'est que ce n'est pas là le but que j'envisage. A un exemple de station humide, ombragée et même obscure, j'ai tenu à opposer le contraste d'une autre qui en est l'antithèse.

Dans cette comparaison, les facteurs chimiques sont éliminés pour mieux mettre en relief l'importance des facteurs climatériques.

Si l'on veut appliquer à la géographie botanique la méthode des *éliminations successives* dont j'ai parlé antérieurement, il est nécessaire que chaque station étudiée soit le plus simple et le plus homogène possible ; c'est, je le répète, la principale raison qui me fait laisser de côté les bois, pour en faire l'objet exclusif, ou partiel, d'une étude ultérieure.

La station ainsi réduite n'est pas extrêmement riche, j'en conviens d'avance. Mais n'y eût-il rien qu'elle ne mériterait pas d'être délaissée. *Nè rien produire, c'est encore un caractère* ; une station entièrement stérile doit occuper sa place dans un ouvrage de phytogéographie ainsi qu'une station à végétation luxuriante. Sans doute la description botanique en sera-t-elle brève, mais l'étude des conditions écologiques devra être aussi consciencieuse pour l'une que pour l'autre.

Même au point de vue purement floristique, une telle méthode est justifiée. Une plante est caractérisée par les stations qu'elle évite comme par celles qu'elle recherche : comment donc se désintéresserait-on des stations abandonnées par toutes les plantes ?

Les documents utilisés par les géographes botanistes ont été puisés jusqu'ici principalement dans les collections d'amateurs de plantes et les rapports d'excursions. La méthode que je cherche à définir ici ne saurait s'en contenter. La géographie botanique ne peut plus progresser sérieusement en restant une simple distraction dominicale de quelques amateurs de plein air glanant çà et là, au hasard de leurs promenades, les quelques plantes rares qui s'imposent à leurs regards. Elle doit être la science des recherches minutieuses et fatigantes. Qu'on se rassure ; cela ne lui enlève rien de son charme. Au contraire, comme

toute science plus approfondie, elle est la source de jouissances plus complètes pour l'esprit, sans préjudice des bienfaits corporels.

D'ailleurs, en ce qui concerne le plateau de Malzéville, ce n'est pas le cas de parler de désert. Les Mousses n'y manquent pas, ainsi qu'on le verra plus loin; le collectionneur lui-même n'y perdrait pas son temps. Le nombre des espèces n'est pas très grand, il est vrai; mais il n'empêche que quelques-unes forment par endroits des tapis étendus et serrés, véritables forêts vierges pour les insectes qui s'y réfugient. Imaginons-les mille fois plus hauts, ou supposons-nous mille fois plus petits et ce serait pour nous des fourrés inextricables. Pourquoi l'esprit humain est-il ainsi fait qu'il lui faut des échelles de relativité en tout? Essayons au moins, dans le domaine de la science pure, d'abandonner notre propre personne comme unité de mesure de l'importance des choses.

Une autre raison encore justifie le choix de cette station: je veux parler de sa proximité d'une grande ville. Depuis longtemps déjà, la flore la mieux connue est celle du voisinage des villes et celle..... des hautes montagnes. Et, parmi toutes leurs oppositions, il en est une qui n'a pas été assez soulignée: c'est, pour la dernière, sa fixité, pour l'autre, sa variabilité.

J'ai eu précédemment ⁽¹⁾ l'occasion de montrer combien les habitants de Nancy, qui herborisaient en 1840 aux alentours de cette ville, auraient de peine à reconnaître leurs stations botaniques favorites. Un grand nombre même ont disparu totalement. Mais si la connaissance de la flore de ces dernières nous importe médiocrement, il n'en est pas de même pour celles qui ont simplement été modifiées pour une raison quelconque: assainissement, extension ou abandon des cultures, dessèchement ou établissement d'étangs; reboisements ou déboisements, exploitations diverses du sous-sol... etc.

Certes, les documents anciens manquent souvent de précision et d'abondance à cet égard; mais alors, n'est-il pas de notre devoir, nous en rendant compte, de préparer l'avenir, à notre tour, et d'entreprendre, à l'occasion, comme le faisait l'abbé BOULAY, des *études de géographie botanique en vue de l'avenir* ⁽²⁾?

(1) A. COPPEY, *Les Muscinées des environs de Nancy*, première partie, 1908.

(2) Abbé BOULAY, *Une cascade vosgienne* (*Rev. bryologique*, n° 2 bis, 1903).

Or les stations analogues au plateau de Malzéville sont admirablement situées à cet égard. Peu exposées à être détruites par l'envahissement de la population suburbaine, elles sont cependant sujettes à d'importantes transformations. De plus, ce qui est fort intéressant au point de vue pratique, leur proximité d'un important centre d'études scientifiques rend faciles les minutieuses et nombreuses explorations que nécessite l'établissement de leur état floral à un moment quelconque.

5° Florule bryologique

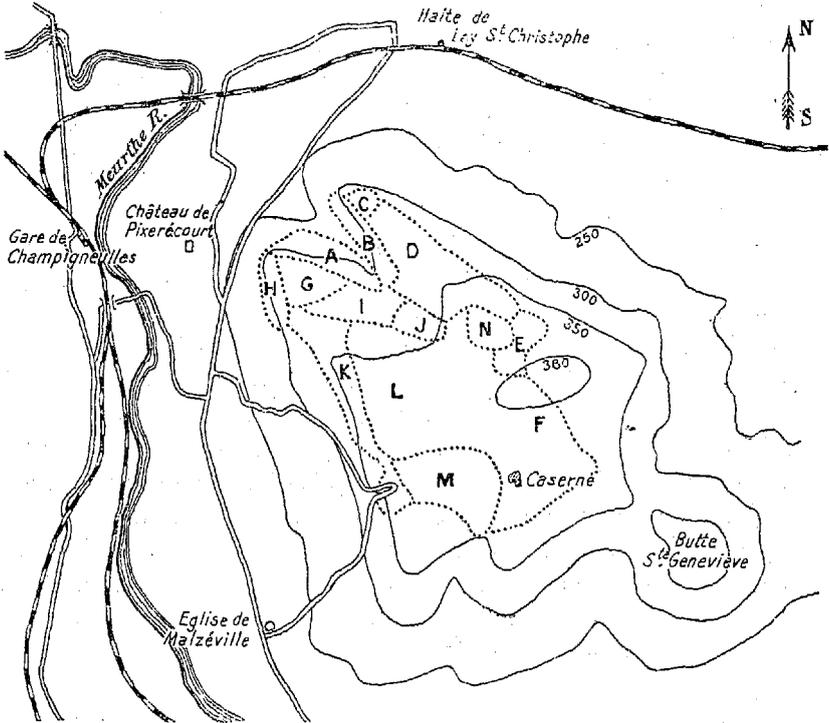
On se tromperait étrangement, si l'on pensait qu'il est très simple d'établir le bilan floral d'une station, cependant assez homogène et peu complexe, comme celle qui est étudiée ici. J'ai dans mes collections et dans mes notes la trace de plus de trente herborisations, faites au cours des sept dernières années, et en toute saison, au plateau de Malzéville et dans ses abords. Et pourtant, je ne pourrais pas même garantir comme complète une simple liste des plantes qui y croissent.

Outre la difficulté de découvrir des plantes aussi petites que beaucoup de Mousses, abritées dans les moindres fissures, s'ajoute celle, bien plus grande, de les reconnaître lorsqu'elles n'ont pas atteint leur entier développement. Or ceci est le cas habituel chez la plupart des espèces, pour lesquelles le botaniste n'a pas la ressource, comme pour les plantes à fleurs, d'attendre l'époque favorable. Il ne lui reste donc d'autre alternative que d'abandonner ses recherches, ou, s'armant de patience, de recueillir chaque fois d'innombrables échantillons pour les soumettre à la critique plus pénétrante du microscope et... les jeter ensuite, comme indignes de figurer dans un herbier présentable.

Sans doute, cette stérilité habituelle est décourageante et, au point de vue de la géographie botanique, elle oblige à utiliser, comme moyen de description, une *subordination spéciale des espèces*, qui fait placer au premier plan celles qui se développent le plus complètement dans chaque station, notamment celles qui constituent des gazonnements vivaces, et facilement reconnaissables, même si elles ne fructifient pas.

Quant aux espèces annuelles, à évolution rapide, elles peuvent offrir un intérêt égal aux autres en des stations ombragées et

toujours humides comme les rochers de La Flie ; il suffit de les observer au bon moment. Dans les lieux arides, au contraire, elles ne se développent bien et ne sont facilement reconnaissables



PLAN DU PLATEAU DE MALZÉVILLE

D'après la carte au 1/50000^e du Service géographique de l'armée (feuille de Nancy, XXXIV-15). Quatre courbes de niveau sont représentées : celles de 250, 300, 350 et 380 mètres. Les compartiments entourés de pointillé représentent approximativement les sous-stations ; les lettres correspondantes sont placées aux endroits les plus caractéristiques de chacune.

NOTA. — En prenant un décalque de ce plan sur papier transparent et le portant sur la carte au 1/50000^e, on retrouve exactement les lieux signalés spécialement.

que dans les cas peu fréquents où elles jouissent d'une période prolongée, à la fois humide et tiède. Il est bien évident, dans ces conditions, qu'elles n'offrent qu'un intérêt secondaire pour le botaniste géographe : aussi bien dans l'avenir qu'à présent, il ne pourra jamais être certain de les observer toutes, et surtout de pouvoir vérifier exactement leur abondance relative.

A. — Le plateau étant délimité ainsi que je l'ai fait, la portion la plus intéressante est, sans contredit, le *Ravin de Pixérécourt* : c'est de lui que BLEICHER voulait parler jadis, lorsqu'il écrivait : « Nous connaissons un simple ravin, aujourd'hui presque à sec, qui, vers son débouché sur la route de Lay-Saint-Christophe, montre un profil très particulier dû à deux hautes terrasses situées en face l'une de l'autre. Ces terrasses sont aujourd'hui sans traces extérieures d'alluvions, et leur développement forme un contraste frappant avec le bassin de réception du cours d'eau qui les a modelées (1). »

Il se projette sur la carte suivant un triangle isocèle assez régulier qui aurait environ 1.500 mètres de hauteur ou longueur pour venir à la route. Partant de cet endroit, pris comme base, à l'altitude de 230 mètres, il s'élève progressivement en pente assez douce jusqu'à 350 mètres, altitude à laquelle il se raccorde avec le reste du plateau. Vers sa base, le triangle considéré a de 500 à 600 mètres entre les crêtes de ses terrasses.

Malgré les dimensions vraiment surprenantes de ce ravin, et la modestie du bassin de réception qui alimente le filet d'eau coulant au fond, il est absolument impossible de faire intervenir, pour en expliquer la formation, d'autres causes que des causes locales. Et BLEICHER avait mille fois raison de citer cet exemple, en critiquant ces théories qui veulent toujours faire intervenir des phénomènes extraordinaires dans l'explication de la topographie actuelle.

Dans sa moitié supérieure, celle qui sera spécialement étudiée ici, le ravin n'entame que le calcaire bajocien, qui apparaît soit en place, soit à l'état d'éboulis, à la fois sur les flancs et le fond. Plus bas, il a mordu dans les argiles du lias, et le fond est alors occupé par une prairie qui devient de plus en plus marécageuse à mesure qu'on descend. Des tentatives ont dû être faites pour transformer le haut du ravin en un étang, ainsi que l'atteste un reste de barrage. Sans doute ces essais n'ont pas été très heureux ; seules, les eaux de pluie tombées au pourtour pouvaient se rassembler en amont du barrage. Les sources, en effet, ne se rencontrent que plus bas, au niveau des argiles imperméables du

(1) BLEICHER, *La Vallée de l'Ingressin et ses débouchés dans la vallée de la Meuse* (*Annales de Géographie*, t. X, 1901 ; en note, p. 20).

lias ; l'une d'entre elles alimente un ruisseau, d'un pas à peine de largeur, qui coule au milieu de la prairie ; une autre sourd tout près de la route, sur le versant sud, et étale ses eaux dans un véritable petit marais.

L'orientation nord-ouest—sud-est de l'axe du ravin est l'origine d'un contraste remarquable entre ses deux versants. Le *flanc sud*, ayant par conséquent l'exposition la plus froide, est très herbeux et présente de nombreux buissons épineux d'églantiers et de prunelliers principalement ; j'y signalerai comme Phanérogame abondante : *Ononis spinosa* L. La Mousse dominante est *Hypnum purum*, qui est très abondante, bien développée, fertile en quelques points au printemps. Comme petite espèce, *Hymenostomum microstomum*, assez commune et par petites touffes, dans les points où apparaît un peu de terre entre les pierres ou les herbes. Elle est généralement bien fructifiée vers la fin du printemps ; mais elle n'est plus guère visible à partir des premières sécheresses ; elle peut alors être méconnue d'autant plus qu'elle ressemble beaucoup à *Weisia viridula*, lorsqu'elle n'est pas en parfait état. C'est sans doute ce qui explique son absence dans la liste de GODRON⁽¹⁾. *Hypnum cupressiforme*, var. *elatum* est peu abondant ; il en est de même de *Hylocomium splendens* et *Fissidens taxifolius*. — *Thuidium Philiberti* et *Leptotrichum flexicaule* sont à la fois peu abondants, mal développés et toujours stériles, ainsi qu'une forme orthophylle de *Dicranum scoparium*.

Les endroits les plus moussus sont les amas de pierrailles ordinairement embroussaillés et dépourvus d'herbes. On trouve là de beaux mélanges de robustes *Hylocomium splendens*, très fertile au printemps, *Hylocomium triquetrum* et *Camptothecium lutescens*, celle-ci très fertile également vers la fin de l'hiver. Là où affleure le calcaire du substratum existe un peu d'*Hypnum molluscum* et, sur les pierres mêmes : *Grimmia pulvinata*, *Grimmia apocarpa* et *Barbula muralis*, les trois assez communes et fertiles au printemps.

*
* *

B. — Sur les pentes du versant nord, situé vis-à-vis, protégé contre les grands vents froids et fortement échauffé par le soleil

(1) A. COPPEY, *loc. cit.*

existe assez abondamment une petite Cistacée provençale qui mérite de prendre place ici : c'est le *Fumana procumbens* Spach. Elle y a été découverte en 1843 par ROYER et figure pour la première fois dans les *Additions* à la première édition de la *Flore* de GODRON⁽¹⁾. A la vérité elle reste bien modeste, difficile à apercevoir, et justifie, plus que partout ailleurs, le nom spécifique qui lui a été donné.

Cependant cette dépaysée est moins isolée qu'on pourrait le croire, dans ce monde qui n'est pas le sien d'ordinaire. C'est en effet dans cette station que j'ai découvert pour la première fois *Barbula squarrosa*, en touffes bien maigres, elles aussi, abritées çà et là derrière quelque nid de pierrailles, difficiles à distinguer des petits amas disséminés du très commun *Rhacomitrium canescens*; encore est-il presque nécessaire d'herboriser par la pluie pour l'apercevoir. Très abondante dans les régions méridionales de l'Europe, elle l'est encore sur le littoral calcaire de l'ouest de la France. Mais, dans l'Est, on ne la connaît guère. Récoltée autrefois par SCHIMPER sur les anciens fossés des fortifications de Strasbourg, elle a été observée ensuite sur les collines des environs de Besançon (PAILLOT, FLAGEY, etc.) où elle est assez commune, puis par M. J. CARDOT à Givet⁽²⁾, par M. F. RENAULD dans la Haute-Saône à Beaumotte-les-Pins, à Grattery⁽³⁾ et à Pin-l'Emagny⁽⁴⁾, et, tout récemment, à Auberive, dans la Haute-Marne, par MM. DISMIER et FOURNIER⁽⁵⁾. M. l'abbé FRÉREN ne la signale pas dans la Lorraine⁽⁶⁾.

Un Lichen très abondant vient compléter ce petit groupe méridional : c'est *Cladonia endiviæfolia* Dicks.

La Mousse la plus abondante de cette station est, sans contesté, *Hypnum cupressiforme*, représentée par les robustes gazonnements de sa var. *elatum*; elle est très rarement fertile. Vient ensuite *Hypnum rugosum* dont les vigoureuses touffes, toujours

(1) GODRON, *Flore de Lorraine*. T. III, p. 225. Nancy, 1844.

(2) BOULAY, *Muscinées de la France*, première partie, *Mousses*, p. 419. Paris, 1884.

(3) RENAULD, PAILLOT, VENDRELY et FLAGEY, Liste des plantes rares ou nouvelles pour le département de la Haute-Saône, et les parties limitrophes du Doubs.

(4) Communication de M. RENAULD.

(5) G. DISMIER et P. FOURNIER, *Catalogue raisonné des Mousses, Sphaignes et Hépatiques de la Haute-Marne* (*Bull. de la Soc. des Sciences naturelles de la Haute-Marne*. 1905-1906).

(6) A. FRÉREN, *Catalogue des Mousses de la Lorraine et quatre suppléments*, le dernier paru en 1908 (*Bull. de la Soc. d'hist. nat. de Metz*).

stériles, sont très communes dans les endroits les plus herbeux; *Rhacomitrium canescens*, en gazons compacts et étendus, ordinairement stériles, *Leptotrichum flexicaule*, en touffes nombreuses, sans traces de fructifications, sont deux espèces communes où la pierraille abonde, avec *Barbula inclinata*, moins abondante et facile à reconnaître par l'aspect compact, bombé, d'un jaune étiolé, de ses touffes.

Hypnum purum, *Cylindrothecium concinnum*, *Camptothecium lutescens*, très peu d'*Hylocomium splendens*, sont à peu près localisées au bas de la pente, dans les endroits herbeux, parsemés de buissons qui leur procurent quelque fraîcheur.

Il faut ajouter à cette liste *Thuidium abietinum*, et *Hypnum chrysophyllum*, peu communs, *Fissidens taxifolius*, rare, sur la terre, et enfin une espèce mal développée et toujours stérile qui ne peut être rapportée qu'à une forme de *Trichostomum crispulum*, plante méridionale, elle aussi, et qui accompagne d'ailleurs, en ce point, *Barbula squarrosa*. La présence d'un Lichen abondant: *Cetraria aculeata* Ach. complète l'aspect de cette station.

Les pierres disséminées à la surface du sol sont plus ou moins couvertes des *Grimmia apocarpa* et *Grimmia pulvinata*, de *Barbula muralis* et d'*Orthotrichum saxatile*, très fertiles tous les quatre; on y observe rarement *Barbula intermedia*.

*
* *

C. — Si l'on gravit complètement ce versant nord du ravin, on arrive sur l'un des points les plus rocailleux du plateau, où des excavations légères sont sans doute la trace de tentatives d'exploitation du calcaire. On trouve là, sur une crête un peu surélevée, près de l'angle du bois qui domine Lay-Saint-Christophe, un espace de quelques ares où existent de nombreuses touffes stériles d'une forme orthophylle de *Dicranum scoparium*, à peine entremêlées de quelques brins d'*Hypnum cupressiforme*. C'est un fait qui m'a paru isolé et digne d'être signalé, mais dont je ne vois pas la cause.

*
* *

D. — En effet, l'espace compris entre le ravin et le bois est couvert d'un tapis très riche, continu sur de grands espaces,

formé principalement d'*Hypnum cupressiforme*, var. *elatum*, donnant un petit nombre de capsules, çà et là, au printemps. On y trouve, en très grande abondance également, *Thuidium abietinum*, et, un peu moins, *Cylindrothecium concinnum*, *Leptotrichum flexicaule*, *Camptothecium lutescens*, *Barbula inclinata* et *Eurhynchium prælongum*, var. *atrovirens*.

Hypnum chrysophyllum est assez commun, mais plutôt rabougri, ainsi que *Fissidens taxifolius*, celle-ci dans les points où s'accumule un peu de terre.

Principalement dans les petites excavations signalées plus haut et dans les endroits les plus pierreux de leur voisinage abondent *Hypnum rugosum*, une des plus belles Mousses de nos pays, malheureusement toujours stérile, et *Rhacomitrium canescens*, en grandes plaques, bien visibles à distance et qui m'a fourni de nombreuses capsules vers la fin du printemps. Çà et là les petites touffes d'*Hymenostomum microstomum*, fertiles au printemps, de petits amas d'*Hypnum purum*, *Hylocomium splendens* et *Hylocomium triquetrum*, très maigres et ne retrouvant quelque vigueur qu'à la lisière du bois, où existe aussi un peu de *Thuidium Philiberti*. Je citerai enfin *Barbula gracilis* qui m'a paru très rare, mal développée, ce qui, avec sa stérilité constante, ne contribue pas à la faire reconnaître aisément sur le terrain.

On retrouve en abondance, en cette station, le Lichen signalé précédemment : *Cladonia endiviæfolia*, ainsi que *Toninia vesicularis* Ach.

Des tranchées devant servir à abriter des batteries sont entourées d'un sol fortement piétiné plus ou moins couvert de *Barbula convoluta*, fertile au printemps, mais qui ne peut y mûrir qu'un petit nombre de ses capsules.

Il reste, pour compléter ce tableau, la florule des pierres calcaires éparses çà et là et riches en *Grimmia pulvinata* et *apocarpa*, *Barbula muralis*, *Orthotrichum saxatile* et rarement *Didymodon luridus*, qui, seul de cette liste, demeure stérile.

*
* *

E. — En continuant à avancer dans la même direction, c'est-à-dire vers l'est, toujours le long du bois, on voit la flore s'appauvrir en espèces; *Hypnum rugosum* et *Rhacomitrium canescens*,

en particulier, disparaissent à peu près complètement. Le tapis reste cependant tout aussi fourni, avec *Hypnum cupressiforme* et *Camptothecium lutescens* comme espèces fondamentales, *Leptotrichum flexicaule* et *Hypnum chrysophyllum*, comme espèces communes : je ne cite ici que les dominantes.

On arrive ainsi à l'angle nord-est du quadrilatère du plateau qui est encore cultivé actuellement et ensemencé de sainfoin. Grâce à la pérennité de cette légumineuse, un certain nombre d'espèces ont eu le temps de se propager dans cette culture. C'est ainsi que j'ai pu noter, en février 1909, *Bryum erythrocarpum*, commun, garni de ses bulbilles reproductrices caractéristiques, *Phascum cuspidatum*, commun et fertile, *Systegium crispum*, moins répandu, ainsi que *Fissidens taxifolius*, et enfin une petite quantité d'*Eurhynchium praelongum* et de *Brachythecium glareosum* mal développés. Inutile d'ajouter que ces champs, qui couvrent quelque deux hectares, sont parsemés d'innombrables pierres.

*
* *

F. — Ces cultures sont un reste, bien restreint, de celles qui couvraient, naguère encore, la plus grande partie de la surface du plateau. Ainsi que je l'ai fait remarquer précédemment, toute trace des anciens sillons n'a pas disparu, et la terre végétale accumulée sous l'influence de la charrue est encore assez abondante par places où, en particulier, elle rend la marche plus pénible qu'ailleurs par les temps pluvieux.

Il y a là un vaste espace dont la flore est absolument pauvre et pourtant non dénuée d'intérêt. Les Graminées, à peu près seules, en forment le tapis herbeux. Les Mousses des cultures ont à peu près disparu, les autres ont à peine repris possession d'un emplacement qu'elles avaient probablement occupé autrefois.

Ce sont surtout quelques peuplements d'*Hypnum cupressiforme* et *Camptothecium lutescens*; çà et là, sur la terre piétinée, *Barbula convoluta*.

Puis quelques timides tentatives d'invasion de *Rhacomitrium canescens*, *Thuidium abietinum*, *Trichostomum rigidulum* et *Leptotrichum flexicaule*.

Pourtant, à quelques pas de là, sur les pierrailles de la lisière

du bois de Flavémont abondent des espèces telles que *Hypnum rugosum*, *Barbula inclinata*, *Leptotrichum flexicaule*, etc.

C'est principalement dans les points où le sous-sol réapparaît que les peuplements s'établissent. Constamment la quantité de Mousses diminue à mesure qu'il y a plus de terre végétale et plus de graminées.

D'une façon générale, c'est ce que l'on observe si l'on se dirige vers le sud-est, dans la direction des bâtiments militaires; le sol est d'ailleurs de plus en plus piétiné. On arrive ainsi à la deuxième surface encore cultivée, située à l'angle sud-est du plateau.

*
* *

G. — Revenons à notre point de départ, c'est-à-dire au ravin de Pixérécourt et gravissons cette fois le versant sud, ou plutôt, afin de faire une exploration plus complète, faisons l'ascension du plateau par un chemin qui débouche sur la route de Malzéville à Lay-Saint-Christophe, au-dessus du petit bois de Pixérécourt, et se perd peu à peu en arrivant en haut. On arrive ainsi sur des pentes légèrement inclinées au nord-ouest, particulièrement favorables au pâturage des moutons. Les Festuques y abondent, ainsi que le Serpolet, le Panicaut champêtre, puis *Trifolium repens* L., *Tr. procumbens* L., *Lotus corniculatus* L., *Asperula cynanchica* L., *Geranium molle* L. Mais les Mousses y sont rares et très mal développées; on y trouve seulement quelques traces de *Camptothecium lutescens*, *Hypnum cupressiforme*, *Barbula unguiculata*; plus rarement encore *Encalypta vulgaris*, *Didymodon luridus*, *Barbula Hornschuchiana*, puis le Lichen : *Cetraria aculeata*. Les pierres nues, en saillie, portent comme toujours *Grimmia pulvinata* et *apocarpa*, *Orthotrichum saxatile*, plus rarement *Barbula muralis* : comme il en sera chaque fois ainsi, je n'y reviendrai plus.

Lors des étés pluvieux, abonde un petit champignon qui est la preuve du passage fréquent des moutons : c'est le *Naucoria semiorbicularis* B., que les femmes du pays récoltent sous le nom de *misseron*.

*
* *

H. — Si, au lieu de gravir toute la pente, on contourne la croupe de façon à explorer le versant, d'ailleurs très abrupt, qui est tourné vers le sud-ouest, on se trouve sur le point qui a reçu plus spécialement le nom de *Côte rôtie*. Il semble que des tentatives de reboisement y aient été faites, mais sans grand succès, car seuls subsistent les quelques Pins dont il a été question plus haut.

Çà et là, d'abondantes pierrailles dépourvues de pelouse sont fixées par un riche tapis de belles Mousses : *Barbula inclinata*, *Leptotrichum flexicaule*, les plus abondantes; puis *Rhacomitrium canescens* et *Thuidium abietinum*, *Barbula ruralis*; puis *Hypnum cupressiforme*, *Cylindrothecium concinnum*, *Camptothecium lutescens*, *Barbula intermedia*, *Trichostomum crispulum*, très rarement *Barbula tortuosa* var. *fragilifolia*.

Des amas de pierrailles plus grossières, entremêlés de quelques maigres buissons épineux, portent : *Hylocomium splendens* et *Hylocomium triquetrum*, *Hypnum molluscum* et *Hypnum purum*, *Camptothecium lutescens*, un peu de *Hypnum rugosum*, rarement *Bryum capillare*. De semblables lieux pierreux, bien abrités un peu plus loin, sont couverts d'une énorme quantité de *Hypnum rugosum* et *Cylindrothecium concinnum* principalement.

En dehors des points qui viennent d'être décrits, le talus, quoique très pierreux, porte une pelouse assez vigoureuse, où, avec les Festuques et Serpolets abondent *Helianthemum vulgare* Gaert., *Genista pilosa* L. *Hypnum cupressiforme* var. *elatum* s'y trouve en grande abondance ainsi que *Leptotrichum flexicaule* et une forme de *Cladonia furcata*.

Hypnum purum est surtout très commun vers le bas de la pente, où arrivent les eaux de ruissellement.

On retrouve ici *Barbula squarrosa*, en petite quantité, mais répandu, avec *Cladonia endiviæfolia* et *Cetraria aculeata*. Puis *Hypnum chrysophyllum*, *Hypnum molluscum* et *Hypnum rugosum*, peu abondants, ainsi que *Rhacomitrium canescens*; peut-être aussi *Hymenostomum squarrosum*.

* * *

I. — Sur le plateau, tout le long du ravin, du côté sud, existe une bande rocailleuse parsemée de buissons rabougris de pru-

nellier et d'aubépine, couverte d'excoriations dues à des exploitations très superficielles du calcaire. Les Graminées prédominantes sont ici *Brachypodium pinnatum* P. B., *Koeleria cristata* Pers., *Briza media* L., toujours avec l'Hélianthème et le Serpolet puis *Cirsium acaule* All., *Carlina vulgaris* L., *Thesium humifusum* D. C., *Stachys recta* L., *Helleborus foetidus* L., et, parmi les amas de pierrailles et les buissons : *Fragaria collina* Ehr., *Thalictrum minus* L., *Vincetoxicum officinale* Mœnch., *Poa compressa* L., etc., etc.

Les Mousses abondent suivant cette bande, qui présente une grande analogie avec celle qui se trouve de l'autre côté du ravin, mais aussi quelques différences intéressantes justifiant une nouvelle description.

Hypnum cupressiforme, var. *elatum* prédomine, associée, avec une abondance plus ou moins grande, à *Leptotrichum flexicaule*, *Thuidium abietinum*, *Dicranum scoparium* (forme orthophylle), *Hypnum rugosum*, *Camptothecium lutescens*, *Rhacomitrium canescens*, *Barbula inclinata*, *Barbula intermedia*, *Barbula muralis*, *Hypnum molluscum*, *Hylacomium splendens*, *Barbula tortuosa*, très rabougrie, *Hymenostomum microstomum*. Dans les amas de pierrailles, *Bryum capillare* et *cæspitium* avec *Camptothecium lutescens*, et, à l'abri dans les buissons, les grandes espèces précédemment signalées dans les mêmes circonstances. Les deux Lichens *Cetraria aculeata* et *Cladonia endivivifolia* sont toujours abondants.

Dans une touffe de *Dicranum*, j'ai observé un maigre tapis de *Frullania Tamarisci* : saluons en passant cette Hépatique intrépide.

Lorsque les trous sont plus profonds et laissent quelques petits rochers verticaux à nu, on y observe, avec *Hypnum molluscum*, *Neckera crispa* et *Encalypta streptocarpa*. C'est dans une fissure de telles minuscules carrières que j'ai recueilli une touffe de *Distichium capillaceum*, en fort mauvais état d'ailleurs, et pourvue de quelques vieux pédicelles. Cette plante, commune dans les montagnes calcaires, n'a été signalée qu'un tout petit nombre de fois ailleurs. Elle n'est pas connue dans la chaîne vosgienne. On l'a recueillie cependant en plusieurs points en Alsace, et moi-même l'ai récoltée dans la Haute-Saône, dans les fissures des rochers porphyriques. Cette plante persistera-t-elle,

envahira-t-elle d'autres points? Je doute qu'on puisse donner à ces questions une réponse affirmative.

*
* *

J. — A l'extrémité orientale de cette bande, à la hauteur de l'origine du ravin de Pixérécourt, se trouve une petite station qui a bien des fois intrigué les botanistes (1). On trouve là, en effet, sur un espace d'un hectare environ, la bruyère commune (*Calluna vulgaris* Salisb.), plante essentiellement calcifuge. Sans doute, n'offre-t-elle pas cette belle vigueur qui lui permet d'arrêter le piéton dans les clairières des bois siliceux et les landes sablonneuses. Elle dépasse rarement une quinzaine de centimètres et reste facilement inaperçue au milieu des herbes, quand elle n'est pas en fleurs. Cependant elle forme, certes, plus de vingt flots séparés, les uns linéaires, les autres plus ou moins arrondis. Comment cette plante est-elle venue s'installer en ce point, et à quelle époque? Est-elle le dernier vestige d'une végétation silicicole occupant d'anciennes alluvions sur le plateau? La solution de ces problèmes serait plus intéressante à connaître que facile à trouver. Toutefois j'avoue que je suis peu enclin à adopter la précédente hypothèse et tout disposé à admettre l'ensemencement d'un sol décalcifié par les eaux météoriques.

On remarque facilement, tout d'abord, que la bruyère est à l'abri du contact immédiat du calcaire. Elle croît dans une terre rouge et fine dont le piochon ou le déplantoir ne touche pas le fond. Aucun caillou roulé n'y est mélangé. C'est sûrement là cette terre rouge, très siliceuse, dont j'ai donné l'analyse précédemment, d'après BRACONNIER.

La surface du plateau est, en cet endroit, constituée par du calcaire corallien extrêmement sensible aux actions dissolvantes des eaux.

Les pierres superficielles prennent, de ce fait, ces formes curieusement sculptées et ajourées qui les font rechercher sous le nom de « pierres de roches » pour établir les bordures des plates-bandes de jardins, ou construire des rocailles artificielles. C'est à l'exploitation de ces pierres que sont dues les nombreuses excavations dont j'ai parlé à propos de la station I; et chaque

(1) Je dois à l'obligeance de M. Ph. GUINIER, la connaissance de son emplacement exact.

fois que le sol a été quelque peu gratté, on observe, entre les pierres, cette même terre rouge qui en provient sans aucun doute.

La bruyère semble s'être installée et propagée le long des fissures où la terre décalcifiée s'est accumulée et dans les petits espaces où la destruction du calcaire a été assez intense pour isoler ses racines du substratum calcique. J'en ai découvert un petit flot de quelques mètres carrés tout à fait isolé à plus de 300 mètres à l'ouest de la station principale, et occupant précisément une légère dépression de la surface.

BLEICHER, qui connaissait cet emplacement de réputation, pensait qu'il était couvert de diluvium des plateaux. Mais il semble bien qu'il ne l'a pas vu et qu'il a tiré une simple déduction géologique de la présence de la callune en cet endroit, et non, au contraire, expliqué le fait phytogéographique par des circonstances géologiques bien établies.

Voici, en effet, ce qu'il en dit en 1899, vers la fin de sa vie, dans un rapport d'excursion. « Nous cherchons *en vain* la place très limitée où le sol sableux, à l'origine du grand ravin débouchant sur Pixérécourt, nourrit une colonie très peu florissante, mais vivace néanmoins, de bruyères. Cet flot de végétation vosgienne, à peine connu des botanistes, n'étonne pas le géologue qui sait que cette plante est liée à la nature du sol, sableux et siliceux par place, à cause du diluvium des plateaux, et il peut même y voir un reste de la végétation des temps glaciaires qui a fini par s'acclimater chez nous (*). »

On comprendra sans peine que j'aie tenu à examiner avec soin cet emplacement au point de vue des Muscinées; mais je n'ai pu y découvrir aucune espèce silicicole ou calcifuge.

Ce qui domine, surtout parmi les bruyères, sont de larges touffes de *Dicranum scoparium* et, moins communément, *Hylacomium splendens*.

Là où la terre est à nu se trouve un véritable tapis de *Weisia viridula*, fertile en hiver, accompagnée assez rarement de *Trichostomum crispulum*, *Phascum cuspidatum*, var. *piliferum* Br. E., *Bryum erythrocarpum*, *Hymenostomum squarrosum*, fertile en hiver; plus rarement encore de *Fissidens taxifolius*, *Ephemerum serratum*, *Bryum argenteum*, et, comme Hépa-

(*) BLEICHER, *La Colline de Malzeville*, loc. cit, p. 29.

tiques, *Riccia glauca* et *Riccia sorocarpa*. Parmi les herbes se rencontre encore assez communément *Hypnum purum*; mais on ne voit que de très rares brins de *Hylocomium triquetrum*, *Hypnum molluscum*, *Hypnum cupressiforme*, *Racomitrium canescens*.

Cet emplacement montre d'assez fréquentes touffes de *Cetraria islandica* L.; ce Lichen des montagnes existe, d'ailleurs, en de nombreux autres points du plateau.

*
* *

K. — La bande rocailleuse formant les stations I et J se raccorde à angle droit, au bord occidental du plateau, à une ancre à peu près semblable qui domine la vallée au-dessus de la Côte rôtie et se prolonge le long du bois de ce versant. De même que précédemment, les Festuges sont rares et les Mousses abondantes.

Je n'en donnerai le relevé que pour un point situé à peu près à l'origine de cette bande et que l'on trouvera facilement à l'aide des repères qui accompagnent cette étude.

On trouvera là, en effet, assez abondamment, et sur plusieurs ares de superficie, de beaux et vigoureux tapis de *Brachythecium albicans*.

Or, cette plante est réputée, dans les flores, comme essentiellement silicicole. La décalcification serait-elle donc suffisante en ce point pour expliquer son abondance? Je croirais plutôt que ses aptitudes chimiques ont été mal caractérisées. Non seulement le sol est absolument rocailleux en cet endroit, mais je l'ai recueillie en plusieurs autres points essentiellement calcaires tels que : friches au-dessus de Malzéville, grouinière de cette même localité, sur de la grouine constituée par de petits morceaux de calcaire cimentés eux-mêmes par un dépôt de tuf, plateau calcaire près de la ferme Sainte-Catherine à l'ouest de Nancy. Il est bien certain, en tout cas, que cette Mousse n'est pas calcifuge!

Elle se trouve là en compagnie de Mousses très ordinaires du plateau : *Camptothecium lutescens*, très commun, *Hypnum cupressiforme*, *Hypnum chrysophyllum*, *Hypnum rugosum*, *Eurhynchium prælongum*, *Thuidium abietinum*.

*
* *

L. — Le reste du plateau, c'est-à-dire la plus grande surface, va se raccorder avec la portion pauvre étudiée précédemment sous la lettre F. Elle présente à nouveau des traces d'anciennes cultures, notamment de grands amas de pierres accumulées jadis pour en débarrasser les champs.

Les Festuques redeviennent abondantes et les Mousses très rares ; la seule espèce qui reste commune sur ce sol piétiné est *Barbula convoluta* qui ne me paraît d'ailleurs pas y fructifier souvent. J'y ai noté aussi *Bryum argenteum*, *Barbula gracilis* et quelques thalles de *Riccia glauca*.

*
**

M. — Toutefois, sur cet emplacement des anciennes cultures, un changement notable se produit quand on dépasse le milieu du plateau en se rapprochant des casernes. Est-ce l'influence de la pente qui s'accroît vers le sud, ou plutôt l'action d'un piétinement plus fréquent par les chevaux et les troupes ? Il est certain, en tout cas, que la flore change rapidement et complètement : les Festuques disparaissent bientôt, faisant place à un maigre tapis d'ivraie (*Lolium perenne* L.).

Au point de vue bryologique il y a lieu d'ailleurs de diviser nettement cet espace en deux parties, séparées à peu près par la ligne de faite dans l'axe du plateau.

La portion ouest, exposée légèrement au sud-ouest, est formée d'un sol graveleux, peu terreux, couvert d'un véritable tapis ferrugineux formé de *Barbula gracilis*, stérile, mélangé à *Phascum bryoides*, *Phascum cuspidatum*, communes l'une et l'autre et fertiles en hiver, *Barbula convoluta*, commune, mais stérile ; puis, moins abondantes, *Barbula fallax*, *Bryum caespitium* et un autre petit *Bryum*, tout chargé, en hiver, de gemmules cadues servant à sa propagation ; je crois pouvoir le rapporter à *Bryum atropurpureum*.

On observe en outre rarement le minuscule *Phascum curvicolium*, fertile en hiver, et, par brins isolés ou petites touffes, *Trichostomum crispulum*, *Leptotrichum flexicaule*, *Thuidium abietinum*, *Camptothecium lutescens*, *Brachythecium albicans*, *Hypnum cupressiforme*.

De l'autre côté du faite, marqué d'ailleurs par un chemin, le

sol, exposé au sud-est, est de plus en plus foulé et terreux, l'ivraie y est de plus en plus clairsemée; quant aux Mousses, elles ont définitivement capitulé devant ce témoignage trop évident d'une civilisation avancée.

*
**

N. — Complètement isolées sur le plateau, à peu près dans le prolongement du ravin de Pixérécourt et sur le bord sud-ouest du coin de terrain cultivé indiqué plus haut sous la lettre E, se trouvent d'anciennes carrières actuellement boisées. Il n'est pas sans intérêt de voir l'état actuel de leur peuplement.

L'extraction des pierres a vraisemblablement cessé depuis plus d'un siècle. Un vieux berger, gardant les moutons de la ferme de Pixérécourt depuis son enfance, m'a assuré qu'à l'époque où il a commencé à venir au plateau, voilà plus de soixante ans, les carrières n'étaient plus exploitées depuis longtemps.

Les rochers en place y sont très rares; ce sont surtout les amas de pierrailles qui abondent et qui ont obligé à abandonner la carrière, sans doute à cause de leur masse trop encombrante. Sans aucune précaution de nivellement, des arbres ont été plantés dans ces rocailles qui sont actuellement ombragées par un beau fourré de Pins, Mélèzes, Aulnes et Bouleaux.

La végétation muscinale est intermédiaire entre celle du plateau et celle de la forêt, qui n'en est d'ailleurs qu'à quelques centaines de mètres. Ce sont surtout les espèces du plateau qui abondent, avec la vigueur habituelle à celles de la forêt.

On trouve de vigoureux et abondants tapis de *Hypnum rugosum*, *Hypnum cupressiforme*, var. *elatum*, *Camptothecium lutescens*, celle-ci très fertile à la fin de l'hiver.

Barbula tortuosa est commune et bien développée également, avec sa var. *fragilifolia*, plus grêle, et occupant plutôt les parties basses, en compagnie de *Ceratodon purpureus*, en touffes compactes et élevées.

C'est au contraire sur les pierrailles plus élevées, plus éclairées et moins humides, qu'abondent *Hypnum chrysophyllum*, *Cylindrothecium concinnum*, *Leptotrichum flexicaule* et, moins communément, *Barbula inclinata*, *Rhacomitrium canescens*.

Çà et là quelques tapis d'*Hypnum purum*, *Hypnum molluscum*,

Dicranum scoparium, assez communes, *Hylocomium splendens* et *Hylocomium triquetrum*, *Neckera crispa*, *Barbula intermedia*, peu communes, *Bryum capillare* et *Brachythecium rutabulum*, rares.

Les pierres en relief portent les mêmes espèces que sur le plateau, avec *Trichostomum rigidulum*, pourvue d'abondants propagules et fertile en hiver.

Les arbres sont à peu près dépourvus de mousses, sauf la base des Bouleaux où l'on observe une faible quantité de *Hypnum cupressiforme*, *Dicranum scoparium*, rarement *Homalothecium sericeum* et très rarement *Frullania dilatata*.

6° Tableau d'ensemble de la bryologie du plateau

Si l'on ajoute aux espèces citées plus haut le *Pottia lanceolata*, var. *leucodonta* Schp., que j'ai recueilli autrefois sur le talus de je ne sais quelle tranchée du plateau, fertile de l'automne au printemps, et l'*Eurhynchium megapolitanum* que j'ai récolté, bien fructifié, en mars 1903, en un point que j'ai oublié de noter, l'on arrive à un total de soixante et une espèces de Muscinées existant dans la station décrite, pourtant étroitement délimitée et pauvre en apparence.

Le tableau ci-après montre immédiatement, d'une part, la répartition de chaque plante, d'autre part, l'aspect bryologique de chacune des quatorze sous-stations que j'ai été amené à y distinguer, avec l'importance relative de chaque espèce. J'ai toutefois négligé ce relevé spécial pour *Barbula muralis*, *Grimmia apocarpa*, *Grimmia pulvinata* et *Orthotrichum saxatile*, qui existent partout, chaque fois que des pierres isolées sont restées quelque temps à la surface du sol.

Les astérisques désignent les espèces non signalées à La Flie.

TABLEAUX
DES MOUSSES ET HÉPATIQUES

MOUSSES

STATIONS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
<i>Barbula convoluta</i> Hedw				PC		AC						C	C	
— <i>fallax</i> Hedw													PC	CCC
* — <i>gracilis</i> Schw				RR								PC	CCC	
* — <i>Hornschuchiana</i> Schl.							RR							PC
* — <i>inclinata</i> Schw.		AC		C				CC	AC					PC
* — <i>intermedia</i> Brid		R						AC	AC					PC
* — <i>muralis</i> Hedw.								AC						
* — <i>ruralis</i> Hedw.								PC						
* — <i>squarrosa</i> Brid.		AC						RR						C
— <i>tortuosa</i> W. M.									R					
— <i>unguiculata</i> Hedw							R							
* <i>Brachythecium albicans</i> Br. E.											C		RRR	
— <i>glareosum</i> Br. E.					RR									R
— <i>rutabulum</i> Br. E.														
<i>Bryum argenteum</i> L.										RR		AC		
* — <i>atropurpureum</i> Br. E.													AC	
— <i>cæspitium</i> L.									PC				C	
<i>Bryum capillare</i> L.								R	PC					
— <i>erythrocarpum</i> Schw.					C					R				
<i>Camptothecium lutescens</i> Br. E.	C	AC		C		PC	R	AC	C		CC		R	CC
* <i>Ceratodon purpureus</i> Brid.		PC		C										AC
* <i>Cylindrothecium concinnum</i> Schp				C										C
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	R		C						C	CC				AC
* <i>Didymodon luridus</i> Hornsch.				RR			RR							
* <i>Distichium capillaceum</i> Br. E.									RRR					
<i>Encalypta streptocarpa</i> Hedw.									R					
* — <i>vulgaris</i> Hedw							RR							
* <i>Ephemerum serratum</i> Hpe.										RR				
* <i>Eurhynchium megalopolitanum</i> Milde.														
— <i>prælongum</i> Br. E.				C	R						C			
<i>Fissidens taxifolius</i> Hedw	PC	R		AC	PC					RR				
<i>Fissidens spiciferus</i> Hedw														
* — <i>pulvinata</i> Sm.														
<i>Homalothecium sericeum</i> Br. E.														R
<i>Hylocomium splendens</i> Br. E.	PC	R		R				AC	AC	C				PC
— <i>triquetrum</i> Br. E	C			R				AC		RR				PC
* <i>Hymenostomum microstomum</i> R. Br	AC			PC					R					
* — <i>squarrosus</i> N. H								R		R				
<i>Hypnum chrysophyllum</i> Brid.		R		AC				PC	CC		C			C
— <i>cupressiforme</i> L.	PC	CC	R	CCC		PC	R	AC	CC	RR	C		RR	CC
— <i>molluscum</i> Huds.	PC							AC	AC	RR				AC
— <i>purum</i> L.	CCC	PC		R				AC	R	AC				CC
* — <i>rugosum</i> Ehr.		C		CC				R	C		C			CC
<i>Leptotrichum flexicaule</i> Hpe	R	C		C		R		CC	C				RR	C
<i>Neckera crispa</i> Hedw									R					
* <i>Orthotrichum saxatile</i> Brid														
* <i>Phascum bryoides</i> Dicks.													CC	
* — <i>curvicolleum</i> Hedw.											PC		RR	
* — <i>cuspidatum</i> Schreb.					C								C	
* <i>Pottia lanceolata</i> Müll.														
* <i>Rhacomitrium canescens</i> Brid		C		CC		R		C	C	RR				PC
* <i>Systemegium crispum</i> Schp.					PC									
* <i>Thuidium abietinum</i> Br. E.		PC		CC		R		C	C		C		RRR	
* — <i>Philiberti</i> Limpr.	R			R										
* <i>Trichostomum crispulum</i> Bruch		R						R		R			RR	
* — <i>rigidulum</i> Sm.						R								AC
<i>Weisia viridula</i> Brid.										CC				

HÉPATIQUES

STATIONS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
<i>Frullania dilatata</i> Dum														RR
* — <i>Tamarisci</i> Dum									RRR					
* <i>Riccia glauca</i> L.										RR		R		
* — <i>sorocarpa</i> Bisch										R				

7° Conclusions phytogéographiques

I. — *Aucune station ne doit être méprisée* du botaniste qui désire présenter un tableau de la végétation d'une région. Cette petite monographie me semble en fournir la preuve; j'ai moi-même été fort surpris de recueillir autant d'espèces distinctes sur un plateau qui me paraissait, *a priori*, d'une extrême pauvreté. C'est d'ailleurs l'étude que j'en ai entreprise qui m'a révélé cette richesse relative; on voudra bien croire que ce n'est pas l'idée réciproque qui m'a guidé.

II. — *L'influence profonde des conditions écologiques autres que la nature chimique du substratum* ressort de la comparaison entre La Flie (1) et Malzéville. En regard des 61 espèces de Malzéville, j'en ai cité 89 à La Flie. Or, sur ce dernier nombre, 62 plantes sont spéciales à La Flie; sur le premier, 34 sont spéciales à Malzéville. Il reste le nombre bien restreint de 27 espèces communes aux deux stations, et encore y a-t-il, parmi elles, quelques plantes arboricoles et une bonne partie des autres qui trouvent, dans les deux endroits, des conditions identiques.

Les conditions spéciales à Malzéville sont :

- 1° Une altitude supérieure de 150 mètres en moyenne;
- 2° Un éclaircissement beaucoup plus intense;
- 3° Une humidité moyenne très inférieure;
- 4° Des écarts de température plus considérables;
- 5° Destruction récente d'une partie de la végétation et repeuplement inachevé;
- 6° Action persistante de l'homme (piétinement, pâturage).

III. — *Ces conditions spéciales font du plateau de Malzéville un type de station hétérogène* présentant une opposition de caractères botaniques en rapport avec l'opposition des caractères écologiques. L'hétérogénéité affecte bien plus d'ailleurs la végétation cryptogamique que celle des Phanérogames : une faible différence d'exposition ou d'éclaircissement suffisant à créer des stations très différentes, côte à côte, pour les très petites plantes, et non pour les plantes plus développées.

Je relèverai ici le caractère méridional présenté par le groupe-

(1) A. COPPEY, *loc. cit.*

ment de plantes essentiellement thermophiles, telles que *Fumana procumbens*, *Barbula squarrosa*, *Trichostomum crispulum*, *Cladonia endiviæfolia*, et, à un moindre degré, *Phascum curvicolleum*, *Riccia sorocarpa*, en compagnie de plantes habituelles aux montagnes telles que *Cetraria islandica*, *Distichium capillaceum*, *Barbula inclinata*, voire *Hypnum rugosum*. Je suis tout disposé à admettre que la cause prédominante de ces contrastes est la température, dont les écarts sont rendus plus sensibles, au niveau même du sol, par les propriétés spéciales du calcaire vis-à-vis de la chaleur solaire.

IV. — En tout cas, *l'influence de l'exposition apparaît comme étant capitale*, ainsi que le démontre la comparaison des sous-stations A et B, situées à quelques pas vis-à-vis l'une de l'autre, et qui présentent un contraste presque absolu. L'exposition n'est d'ailleurs pas une condition écologique, mais un groupe variable de conditions vraies où prédominent ici la température et l'éclairement.

V. — *L'action de l'homme, très nette ici, pose le problème intéressant du mode de repeuplement des places vides*. Le labourage, en faisant totalement disparaître la flore naturelle, favorise la propagation d'espèces nouvelles par le changement des conditions primitives. On sait que, parmi les plantes à fleurs, la plupart de celles qui sont devenues très communes dans les cultures sont des adventices, d'ordinaire tout à fait étrangères au pays. Sans insister ici, en ce qui concerne les Mousses, car j'aurai l'occasion de développer cette question dans la suite, je ferai remarquer que celles qui prédominent dans la sous-station E, lui sont à peu près exclusives et que l'influence de la végétation voisine y est à peu près nulle.

En outre, si l'on compare les sous-stations F, L, M, à des stades divers de repeuplement, d'une part à la précédente qui a vraisemblablement les caractères qu'elles avaient naguère, d'autre part à la sous-station D, qui semble présenter le plus complètement le type primitif du sommet du plateau, on voit que *le repeuplement peut se faire par l'intermédiaire d'une flore toute spéciale*, qui n'a pas nécessairement des caractères mixtes appartenant à celle qui précédait et à celle qui doit succéder.

VI. — La répartition des Mousses dans une station aussi

limitée que le plateau de Malzéville montre également combien *il est peu scientifique de qualifier, sans plus de façon, certaines plantes d'ubiquistes*. Chaque espèce a ses exigences : à l'une il faut des conditions étroitement limitées, une autre s'adapte à des circonstances plus diverses ; mais chacune pose un problème qui ne saurait être résolu par l'emploi d'un qualificatif commode, mais sans signification.

VII. — J'ajouterai enfin que les *stations bryologiques ont des caractères spéciaux et ne se superposent pas simplement aux stations phanérogamiques*. La description antérieure (des talus et rochers de La Flie en a offert une preuve ; le plateau de Malzéville présente une superposition plus parfaite, mais non complète, autant que j'en puis juger par la richesse et la diversité beaucoup moindre quant aux plantes à fleurs. Cette pauvreté a peu incité les botanistes à examiner cette flore de près. Pourtant la proximité de cette station, le merveilleux aperçu qu'elle révèle du paysage lorrain, et aussi la richesse et la variété des pentes, en ont fait un lieu de prédilection des excursionnistes herborisants. Les plantes les plus rares en ont été soigneusement notées dans les ouvrages descriptifs de la Lorraine et dans les comptes rendus d'excursions de sociétés scientifiques. Les autres, celles qu'il importerait de compter ici, ont été négligées. On trouvera, par exemple, une liste des plantes du plateau, dressée en 1886 par M. PERRAUD, où ne figure pas une seule Graminée (!)

D'ailleurs, il s'agit surtout de la lisière boisée et des pelouses ou cultures du coteau : « Le sol rocailleux du plateau, écrivait M. VUILLEMIN la même année, promet une assez maigre récolte. Cette stérilité contraste avec la richesse des pentes qui le limitent à l'ouest, à l'est et au midi (2). »

L'exploration du plateau paraît si peu tentante que le *Fumana procumbens* n'y a pas été découvert avant 1843 et que le *Calluna vulgaris* n'y est pas encore signalé en 1886, bien que M. VUILLEMIN manifeste sa surprise d'y avoir rencontré *Herniaria glabra*.

Bien que je me sois assigné, dans ce travail, un but restreint, je désirerais d'autant plus donner au moins un bref aperçu de la

(1) PERRAUD, *Aperçu sur la flore des environs de Nancy et de la chaîne des Vosges* (Ann. de la Soc. bot. de Lyon, 14^e année 1886, pp. 161-200).

(2) P. VUILLEMIN, *Notice sur la flore des environs de Nancy* (Nancy et la Lorraine. Quinzième congrès de l'Assoc. française pour l'avancement des sciences. 1886).

végétation enracinée des stations que j'étudie que cela répondrait au vœu des savants bienveillants qui ont bien voulu m'encourager⁽¹⁾. Je ne puis malheureusement m'engager dans cette voie, car, cherchant à établir des documents rigoureusement exacts, je ne voudrais pas courir le risque d'y mélanger des choses très approximatives. L'exemple du plateau de Malzéville est particulièrement propre à éclairer ma pensée. Un microscope qui n'agrandit que 200 fois la longueur des objets multiplie 40.000 fois les surfaces. On conçoit sans peine ce que devient absorbant l'examen d'un tout petit coin de terrain dans le champ de cet instrument. La négligence du jeune étudiant qui, préoccupé par les petites herbes de la forêt, reste longtemps sans en avoir regardé les arbres, devient ici une nécessité. L'exploration d'un simple plateau uniforme, rocailleux et aride, exige de longues heures *sous la pluie* ou *en plein hiver*, et, si le bryologue n'aperçoit pas les arbres dans la forêt, c'est qu'il s'y promène quand les arbres n'y sont plus.

III. LE COTEAU DE BOUXIÈRES-AUX-DAMES

Le village de Bouxières-aux-Dames, auquel on accède très facilement de la gare de Champigneulle, est coquettement adossé contre un coteau qui s'avance, en coin, dans une anse de la Meurthe. Si l'on gravit la route de Faulx, en laissant la plus grande partie de Bouxières à sa droite, on arrive, après avoir longé un petit bois dit *bois de Chanois*, sur un coteau dénudé, n'ayant que quelques hectares de superficie. La route, en cet endroit, suit presque une crête, le coteau s'abaissant assez vite à gauche, c'est-à-dire à l'ouest, vers la vallée de la Meurthe, à droite vers un petit vallon où coule un ruisseau rapide nommé *ruisseau de l'Étang*. Ce coteau nous offre un excellent exemple de station tout à fait comparable par ses conditions écologiques à la portion du plateau de Malzéville que l'on nomme *Côte rôtie* et qui a été étudiée précédemment, surtout sous la lettre H.

Même dénudation superficielle, même substratum pierreux de calcaire bajocien, même exposition sud-ouest. Il n'y a rien, dans

(1) « Un chapitre ayant pour titre « Végétation générale » ou quelque chose d'approchant aurait à mes yeux la valeur d'un bon service rendu à nous tous, d'un acte de charité pour la plupart des phytogéographes » (Lettre de M. Ch. FLAHAULT).

ces conditions, de surprenant à rencontrer une florule sensiblement identique dans ses traits principaux. Allons en particulier dans la portion qui se trouve à droite de la route, exactement au delà du bois de Chanois.

Nous y trouvons, en très grande abondance *Hypnum cupressiforme*, var. *elatum*, *Camptothecium lutescens* et un peu moins *Thuidium abietinum*.

Rhacomitrium canescens, très fertile au printemps, forme de grands tapis, surtout dans les pierrailles des petites excoriations dues à une exploitation superficielle. Il y est accompagné de *Leptotrichum flexicaule*, presque aussi abondant et de *Barbula ruralis*, *Hypnum rugosum* et *Hylocomium splendens*.

Toutes ces espèces, surtout les trois dernières, sont beaucoup plus rares sur la pelouse elle-même, pelouse drue, constituée par le *Festuca duriuscula* L. On y observe, par contre, assez communément, *Cylindrothecium concinnum*, et plus rarement, *Brachythecium albicans*, *Eurhynchium prælongum*, *Barbula squarrosa*, *B. inclinata* et *B. gracilis*; fréquemment, un gazonnement de Lichens constitué par diverses formes de *Cladonia furcata* et par les *Cetraria aculeata* et *C. islandica*. Les pierres isolées portent *Grimmia apocarpa* et *G. pulvinata*, plus rarement *Orthotrichum saxatile*.

Sans doute quelques espèces sont-elles omises dans ce relevé, car je n'ai visité cette station qu'un petit nombre de fois. Toutefois il ne doit rien lui manquer d'important et il nous confirme que l'identité de conditions produit l'identité de flore. Cette station présente les principales espèces des sous-stations H et K du plateau de Malzéville, celles de K, dans les parties les plus plates; celles de H dans les lieux plus inclinés et plus complètement exposés en plein soleil. Je signalerai tout particulièrement *Barbula squarrosa* dans ces dernières conditions, et *Brachythecium albicans* dans les précédentes. C'est encore un nouvel exemple de station essentiellement calcaire pour cette dernière espèce.

IV. LE PLATEAU DE LA ROUTE DE TOUL, AUX BARAQUES

1° Description générale et Origine

La route nationale de Paris à Strasbourg quitte, à Nancy, la vallée de la Meurthe, pour atteindre, à Toul, celle de la Moselle,

en franchissant le plateau de Haye suivant une ligne droite exactement orientée de l'ouest à l'est. Après avoir atteint l'altitude de 354 mètres au niveau de l'auberge des Quatre-Vents, la route pénètre dans la vaste forêt qui couvre en partie le plateau. Mais, conformément à l'usage établi le long des routes nationales, une bande de sécurité a été défrichée de part et d'autre suivant une largeur d'une centaine de mètres. C'est de cette bande qu'il va être question dans ce chapitre, destiné en partie à donner un nouvel exemple de station analogue à certains points du plateau de Malzéville.

Bien que l'altitude soit à peu près semblable à l'altitude moyenne de ce dernier plateau, l'étage géologique qui affleure le long de la route de Toul est cependant plus récent, grâce à l'inclinaison des couches vers le bassin parisien : c'est, en effet, le *Bathonien* et non plus le *Bajocien*. Ce dernier étage n'affleure plus que dans les ravins du plateau, connus dans la région sous le nom de *Fonds*. La route de Toul traverse, il est vrai, plusieurs de ces Fonds, mais sur de gigantesques remblais qui lui évitent les trop grandes dénivellations.

La portion de plateau étudiée ici est donc entièrement sur le *Bathonien*, c'est-à-dire le deuxième étage du jurassique moyen. C'est en général un calcaire oolithique exploité sous le nom de *bâlin*. Voici quelle est la composition de la couche supérieure, aux carrières de Laxou, situées à l'origine du plateau aux Quatre-Vents (1) :

Silice.	27	Chaux	515
Alumine.	12	Magnésie	2
Peroxyde de fer	29	Acide phosphorique.	1,1

La composition des couches du même étage situées en dessous est très sensiblement la même et l'on peut, par conséquent, considérer cette analyse chimique comme applicable à toute la bande de terrain étudiée ici.

Dans cette bande même, de nombreuses carrières ont été exploitées à diverses époques, dont quelques-unes donnent encore lieu à une extraction irrégulière. En dehors de ces carrières, le plateau est rocailleux, parsemé de pierraille et dépourvu

(1) D'après BRACONNIER, *loc. cit.*, p. 370.

de terre végétale. Il existe cependant quelques points cultivés qui ne seront pas compris dans cette étude.

L'ensemble des conditions physiques et chimiques se présente donc avec une analogie très grande avec celles du plateau de Malzéville qui concernent les endroits rocaillieux étudiés dans le chapitre II, sous les lettres D, H et I. Les vents d'est et d'ouest soufflent violemment dans ce couloir étroit, et ce n'est pas sans motif que l'entrée en a été baptisée les *Quatre-Vents*; toutefois, la forêt offre un léger abri contre les vents du nord.

*
* *

On peut se demander quel est l'âge de cette station, question intéressante, car sa végétation est fort différente de celle de la forêt voisine. Or on peut facilement lui assigner un âge maximum. La grande route a, en effet, été tracée au travers du plateau boisé, vraisemblablement sur l'ordre de STANISLAS, qui, en 1724, « ordonne la construction, dans tous ses États, de chaussées de largeur de 60 pieds de Lorraine (environ 53 pieds de roi) avec des bermes et des fossés⁽¹⁾. Peu nous importe d'ailleurs de savoir si notre route faisait partie de ces chaussées ou si ce fut un simple élargissement d'un chemin déjà existant, car il est bien certain qu'alors la route était immédiatement avoisinée par la forêt, sans aucune bordure latérale défrichée. C'est en effet un peu plus tard, en 1740, que STANISLAS « ordonne des défrichements dans les forêts et bois où passent les chaussées qui sont ou seront sur l'état des ponts et chaussées, à la distance de 25 toises de chaque côté, à commencer à la crête extérieure des fossés. Cette loi a beaucoup contribué à la sûreté des voyageurs⁽²⁾ ».

Cet ordre ne devait pas tarder à être exécuté, car, en 1756 « un arrêt du conseil royal des finances et commerce, accorde au maître de la poste aux chevaux de Velaine, à titre d'ascensement, les terrains nouvellement désignés pour l'élargissement de la tranchée le long de la grande route, depuis le premier pont dit

(1) DURIVAL, *Description de la Lorraine et du Barrois*. T. I, p. 128. Nancy, 1778.

(2) DURIVAL, *loc. cit.*, p. 171.

l'aqueduc, jusques et y compris ceux qui sont à la sortie des bois de la commune de Velaine (1) ».

Il n'y a pas de doute qu'il s'agit de notre station, du moins en partie, car la Poste de Velaine est à 4 kilomètres au delà des Baraques, et le lieu dit l'aqueduc devait être aux Baraques même. Actuellement, un gigantesque remblai élève la route, en ce point, de plus de 50 mètres au-dessus de ce profond ravin que l'on nomme le Fond de Toul, mais il y avait bien, à cette époque, de vrais ponts, ainsi que nous l'apprend la description très précise de BALIGAND : « La route a 7 toises de largeur....; il y a 16 ponceaux dans cette route sur les aqueducs des deux fonds comblés des bois de Haye (2). »

Toutes les espèces non sylvatiques du plateau y ont été apportées, par conséquent, depuis moins de cent cinquante ans, car il faut tenir compte des nombreuses vicissitudes qu'il a subies depuis. Tout ce défrichement, très fertile à l'origine, a dû être cultivé longtemps encore et, seules, les exploitations, importantes ou superficielles, du sous-sol calcaire, sont venues peu à peu l'amener à l'état rocailleux que nous lui voyons actuellement.

2° Florule bryologique

A. — Lorsque, partant de Nancy, l'on arrive aux Quatre-Vents, la route descend en pente assez rapide pour franchir les *Fonds de Toul* sur un remblai, au niveau du groupe de maisons dénommées *Les Baraques*. Sur la droite, une vaste pelouse est utilisée comme champ de manœuvre; mais, sur la gauche, existe la bande rocailleuse étroite dont il a été question plus haut et dont je veux décrire plus spécialement la portion située entre les Baraques et la route *Maugré* qui se dirige vers la ferme de Clairlieu.

Une dizaine d'herborisations, faites au cours des sept dernières années, me permettront, je crois, de donner un tableau exact de sa végétation bryologique, très riche et formant le plus souvent un gazonnement ininterrompu, bien que pauvre en espèces.

Les espèces dont l'abondance est particulièrement remarquable sont *Leptotrichum flexicaule* réparti en d'innombrables touffes, *Racomitrium canescens* qui forme, au contraire, des gazonne-

(1) LEPAGE, *Les communes de la Meurthe*, p. 644. Nancy, 1853.

(2) BALIGAND, *État général des ponts et chaussées de Lorraine*. Nancy, 1757.

ments étendus, compacts, couvrant souvent plusieurs mètres carrés sans aucun mélange, les deux stériles et prédominant dans les endroits le plus dénudés, sans végétation phanérogamique. En leur compagnie, *Barbula inclinata*, aussi abondant, est par contre très souvent fertile, les capsules mûrissant vers la fin du printemps.

Dans les points où quelques buissons épineux d'aubépine et d'églantier donnent un peu d'ombre et permettent la croissance de quelques herbes, on voit alors prédominer *Hypnum cupressiforme*, var. *elatum*, surtout au voisinage de la forêt, stérile, *Campothecium lutescens*, peu fertile, *Cylindrothecium concinnum* et *Thuidium Philiberti*, stériles, avec une moindre quantité d'*Hypnum molluscum*, *Barbula ruralis*, *Hylocomium triquetrum* et *H. splendens*.

Communes également se rencontrent un peu partout les espèces suivantes : *Hypnum chrysophyllum*, *Bryum caespitium*, *Barbula convoluta*, *B. gracilis*, *B. reflexa*, généralement stériles.

Plus rarement *Encalypta streptocarpa*, *Ceratodon purpureus*, *Barbula Hornschuchiana*, *Bryum capillare*, *Barbula ambigua*, *B. intermedia*. Les pierres isolées portent habituellement *Barbula muralis*, *Grimmia apocarpa*, *G. pulvinata*, *Orthotrichum saxatile*.

Dans les vieilles carrières abandonnées, le fond se peuple de ces mêmes espèces, lorsqu'il offre une surface suffisante; j'y ai observé, en outre, *Amblystegium filicinum* en un point où les eaux de pluie peuvent se concentrer parfois, *Trichostomum rigidulum*, sur des pierres ombragées, et surtout dans les petites fissures des parois rocheuses plus ou moins verticales.

Au delà des Baraques, des stations analogues se retrouvent où j'ai noté, en outre, *Thuidium abietinum*, *Hypnum rugosum*, avec *Thuidium histricosum* et *Madotheca platyphylla* parmi les broussailles, *Barbula tortuosa* dans les fissures de rochers saillants, ainsi qu'une petite quantité, pourvue de quelques jeunes capsules en mai, du très rare *Pottia caespitosa*.

Sur tout le plateau, deux Lichens cités au plateau de Malzéville sont assez abondants : *Cetraria islandica* et *C. aculeata*.

Cette végétation présente, en somme, un caractère montagnard aussi accentué, sinon davantage, que dans les points du plateau de Malzéville où ce caractère est le plus net. Cette considération m'a conduit à penser que, si le *Distichium capillaceum* n'était

pas tout à fait accidentel à Malzéville, il devait exister ici, aussi bien, sinon mieux développé. Je me suis donc mis spécialement à sa recherche et je fus assez heureux, en juin dernier, pour en rencontrer de belles touffes, vigoureuses et très fertiles, dans quelques fissures verticales de rochers, orientées vers le nord. Cette plante est donc à inscrire d'une façon bien certaine dans la flore locale. On retrouvera facilement cette station qui est située, au delà des Baraques, vis-à-vis d'un poteau télégraphique portant le n° 90. Je ne prétends pas indiquer un repère indéfiniment valable, mais, à défaut de coordonnées physiques, il faut bien s'en contenter. C'est également non loin de là que j'ai recueilli le *Pottia caespitosa*. J'ajouterai enfin que d'anciens foyers sont couverts d'une abondance égale de *Funaria hygrometrica*, *Barbula convoluta*, *Ceratodon purpureus*, avec un peu de *Bryum argenteum*.

*
* *

B. — Très différente de cette florale, et bien plus variée, est celle du talus qui borde la route du côté sud, talus de 1 mètre à 2 mètres et demi de hauteur, creusé dans l'oolithe, légèrement ombragé par suite de son orientation et au travers duquel une partie des eaux de pluie se frayent quelquefois un passage pour arriver au fossé. Une partie des conditions du talus de La Flie se trouve réalisée; toutefois l'humidité est bien moindre et l'éclaircissement beaucoup plus intense. En outre, la proximité d'une route très parcourue et qui produit une grande quantité de poussières n'est pas sans effet sur la végétation. On peut dire qu'il y a là une riche station, quelque peu comparable à celle de Livrard étudiée antérieurement, mais beaucoup plus restreinte.

Des touffes compactes et luxuriantes couronnent la crête de ce talus et retombent plus ou moins bas. Elles sont formées surtout de *Thuidium histricosum*. Sans discuter ici la valeur de cette espèce, signalée seulement en Angleterre, je puis dire qu'elle est ici parfaitement bien caractérisée et impossible à confondre, même à l'œil nu, avec *Th. abietinum*. Avec elle abondent *Camptothecium lutescens* et, par endroits, *Hylocomium triquetrum* et *Hyl. splendens*, *Hypnum purum*, *Hypnum molluscum*, *Cylindrothecium concinnum* et *Brachythecium glareosum*. J'ai

recueilli là quelques capsules en automne; sur cette dernière que je n'ai vue que stérile partout ailleurs dans la région.

Les grandes espèces suivantes se montrent un peu moins abondantes : *Hypnum chrysophyllum*, *Thuidium Philiberti*, *Neckera complanata*, *Anomodon viticulosus*, *Homalothecium sericeum*, celle-ci dans les parties sèches et dépourvues de terre, *Mnium undulatum*, et *Mnium rostratum*; cette dernière donne d'abondantes capsules qui mûrissent au début de mai, ainsi que *Mnium cuspidatum* beaucoup plus rare.

Comme espèces plus petites, abritées plus ou moins dans les fissures mal éclairées, et protégées par les grandes formes, je signalerai d'abord *Encalypta streptocarpa*, puis *Pottia lanceolata* et *Pottia cavifolia*, fertiles en hiver ainsi que *Barbula aloides*, *Barbula fallax*, et rarement *Barbula rigida*. Assez communes et cachées sous d'autres Mousses, sont *Webera albicans* et *Bryum pallens*, bien reconnaissables l'une et l'autre, malgré leur stérilité : la première, par ses tiges grêles, isolées, d'un vert glauque très pâle, la deuxième, par sa teinte vineuse.

Les espèces suivantes se rencontrent assez rarement : *Hypnum Sommerfeltii*, *Brachythecium rutabulum*, *Hypnum cuspidatum*, *Bryum capillare*, *Bryum caespitium*, *Bryum pendulum*, *Bryum argenteum*, *Barbula ruralis*, *Barb. Hornschuchiana*, *Funaria hygrometrica*, *Ceratodon purpureus*, *Leptotrichum flexicaule*, *Dicranella varia*, celle-ci à rechercher au début de l'hiver, époque où elle mûrit ses capsules. Puis, là où existe beaucoup de terre : *Barbula unguiculata*, *B. convoluta*, *Phascum cuspidatum*, peut-être *Weisia viridula*.

Comme Hépatiques, *Lophocolea bidentata* est commun et *Lophocolea minor* rare et représenté par sa var. *erosa*.

*

**

C. — Il est intéressant de comparer ce talus à celui d'en face qui n'en diffère apparemment que par l'exposition, celui-ci étant exposé au sud. Sa végétation est très pauvre et se compose essentiellement de deux grandes espèces assez communes : *Camptothecium lutescens* et *Thuidium hystricosum* et de quelques autres petites, développées au cours de l'hiver et dont on ne retrouverait plus guère de traces à la fin de l'été. Ce sont : *Barbula*

convoluta, CC., *Pottia lanceolata*, var. *leucodonta* Schpr., CC. et très fertile au printemps, *Barbula aloides*, AC, puis, plus rares, *Barbula rigida*, *B. fallax*, *Bryum caespitium*, *Encalypta streptocarpa*.

3° Remarques et tableau des espèces

La station étudiée nous offre ainsi un ensemble de 61 espèces, sur lesquelles 3 Hépatiques seulement. Voilà bien encore un chiffre inattendu, pour un coin de terrain aussi restreint et aussi aride en apparence. Sur l'ensemble, 12 espèces seulement n'ont pas encore été citées, soit à La Flie, soit à Malzéville. Peut-être une exploration plus complète encore réduirait-elle ce nombre. C'est qu'en effet nous trouvons ici, en partie, une réunion des caractères de ces deux stations. Le talus seul ne peut avoir une richesse comparable à celui de La Flie, car il ne présente aucune source, par conséquent, aucune plante hygrophile ni aucune plante du tuf.

Les quelques idées suivantes sont mises en relief par cette description :

1° La grande différence de flore entre le talus et le plateau, malgré leur voisinage immédiat, et, pourrais-je ajouter, la grande différence entre le plateau et la forêt voisine. Ici, de toute évidence, *la répartition des Mousses est due exclusivement aux conditions écologiques actuelles de la station.*

2° *La recherche de petites plantes telles que les Mousses exige des méthodes un peu particulières*, et il ne suffit pas, pour y réussir, de se fier à sa bonne étoile. D'une part, ayant précisé autant que possible les exigences d'une espèce, on arrivera à la découvrir en de nombreux points où elle était inconnue ; c'est ce qu'ont fait MM. LANGERON, puis HILLIER, pour le *Trichocolea tomentella*, dans le Jura⁽¹⁾. D'autre part, ayant reconnu les caractères généraux d'une station et de sa végétation, on arrivera à soupçonner la présence d'espèces peu répandues qu'une exploration plus minutieuse y fera ensuite découvrir ; c'est ce qui m'est

(1) Voir notamment : LANGERON, *Remarques sur la présence du Trichocolea tomentella dans le Jura* (Archives de la flore jurassienne, V, 1904), et HILLIER, *Note préliminaire sur les Hépatiques des environs de Besançon* (Bull. de la Soc. d'histoire naturelle du Doubs, 1905).

arrivé pour le *Distichium capillaceum*. Ce sont là les deux aspects de la géographie botanique.

3° Je ne veux pas passer cette occasion encore de faire ressortir la nécessité d'étudier les Muscinées à part, au point de vue phytogéographique. Le modeste talus des Baraques, qui nous a offert plus de quarante espèces, ne porte guère d'autres Phanérogames que le *Sesleria cærulea* Ord. qui y fleurit au premier printemps et quelque *Hieracium* à l'automne. Quant au plateau lui-même, sa végétation enracinée est aussi peu intéressante et composée de ces espèces qui s'installent peu à peu dans les friches pierreuses, telles que le Serpolet, les Festuques, *Briza media* L., *Hippocrepis comosa* L., l'Ancolie, quelques chardons. Les fissures de rochers abritent quelques petites fougères : *Asplenium trichomanes* L., *A. Ruta-Muraria* L., rarement *Polypodium Robertianum* Hoff.

Les tableaux ci-après, des espèces citées, permettront une comparaison facile des deux sous-stations principales, soit entre elles, soit avec celles antérieurement étudiées. Les espèces non encore citées auparavant sont marquées d'un astérisque, celles de La Flic d'une croix, et celles de Malzéville d'un cercle.

MOUSSES

	PLATEAU	TALUS
† <i>Amblystegium filicinum</i> de Not.	RR	
† <i>Anomodon viticulosus</i> H. et T.		C
* <i>Barbula ambigua</i> Br. E.	R	
* — <i>aloides</i> Br. E.		AC
†○ — <i>convoluta</i> Hedw.	AC	AC
†○ — <i>fallax</i> Hedw.		AC
○ — <i>gracilis</i> Schw.	AC	
○ — <i>Hornschuchiana</i> Schl.	AC	R
○ — <i>inclinata</i> Schw.	CCC	
○ — <i>intermedia</i> Brid.	PG	
○ — <i>muralis</i> Hedw.	AC	
* — <i>reflexa</i> Brid.	AC	
* — <i>rigida</i> Schl.		R
○ — <i>ruralis</i> Hedw.	PC	PC
†○ — <i>tortuosa</i> W. M.	AC	
†○ — <i>unguiculata</i> Hedw.		R
†○ <i>Brachythecium glareosum</i> Br. E.		C
†○ — <i>rutabulum</i> Br. E.		PG
†○ <i>Bryum argenteum</i> L.	R	PC
†○ — <i>cæspitium</i> L.	C	PG
†○ — <i>capillare</i> L.	R	R
* — <i>pallens</i> Sw.		AC
* — <i>pendulum</i> Schp.		PC
†○ <i>Camptothecium lutescens</i> Br. E.	CC	CC
○ <i>Ceratodon purpureus</i> Brid.	PC	PC
○ <i>Cylindrothecium concinnum</i> Schp.	CC	CC
† <i>Dicranella varia</i> Schp.		PC
○ <i>Distichium capillaceum</i> Br. E.	RR	
†○ <i>Encalypta streptocarpa</i> Hedw.	PC	CC
† <i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	R	R
†○ <i>Grimmia apocarpa</i> Hedw.	C	
○ — <i>pulvinata</i> Sm.	PC	
†○ <i>Homalothecium sericeum</i> Br. E.		AC
†○ <i>Hylocomium triquetrum</i> Br. E.	AC	C
†○ — <i>splendens</i> Br. E.	AC	C
†○ <i>Hypnum chrysophyllum</i> Brid.	C	C
†○ — <i>cupressiforme</i> L.	GCC	
† — <i>cuspidatum</i> L.		R
†○ — <i>molluscum</i> Huds.	C	C

	PLATEAU	TALUS
† ○ <i>Hypnum purum</i> L.		C
○ — <i>rugosum</i> Ehr.	AC	
† — <i>Sommerfeltii</i> Myr.		R
† ○ <i>Leptotrichum flexicaule</i> Hpe	CCC	R
* <i>Mnium cuspidatum</i> Hedw.		PC
† — <i>rostratum</i> Schw.		C
† — <i>undulatum</i> Hedw.		C
† <i>Neckera complanata</i> Hüb.		C
○ <i>Phascum cuspidatum</i> Schreb.		PG
* <i>Pottia caespitosa</i> Müll.	RRR	
* — <i>cavifolia</i> Ehr.		PC
○ — <i>lanceolata</i> Müll.		AC
○ <i>Rhacomitrium canescens</i> Brid.	CCC	
○ <i>Orthotrichum saxatile</i> Brid.	R	
○ <i>Thuidium abietinum</i> Br. E.	AC	
* — <i>histicosum</i> Mitt.	PG	CCC
○ — <i>Philiberti</i> Limpr.	C	
○ <i>Trichostomum rigidulum</i> Sm.	C	
† <i>Webera albicans</i> Schp.		AC

HÉPATIQUES

	PLATEAU	TALUS
† <i>Lophocolea bidentata</i> Nees.		C
* — <i>minor</i> Nees.		R
* <i>Madotheca platyphylla</i> Dum.	R	

V. LE VALLON DE CHAMPIGNEULLES

1° Situation et caractères généraux

Dans sa traversée du plateau jurassique dont il a été question précédemment (V. II. Plateau de Malzéville), la Meurthe reçoit, sur sa rive gauche, un seul petit affluent, connu sous le nom de *Ruisseau des Étangs*, qui vient traverser le bourg de Champigneulles

avant de se jeter dans la rivière : c'est la vallée de ce ruisseau que j'étudierai ici sous le nom de *Vallon de Champigneulles*. Il est connu, tout au moins en partie, sous le nom de *Vallon de la Belle-Fontaine*, des Nancéiens qui s'y rendent en foule, les dimanches d'été, pour dîner sur l'herbe, dans la fraîcheur de ses beaux ombrages.

Outre le chemin qui longe la vallée, à partir de Champigneulles, de nombreux sentiers, partant de Nancy même, permettent en effet aux promeneurs d'accéder en un point quelconque du vallon, en moins d'une heure, sans cesser de marcher sous le couvert des grands arbres de la forêt de Haye. Et d'ailleurs, à voir la poussée rapide des guinguettes le long du chemin, il semble bien que ce pèlerinage à la Belle-Fontaine ne soit pas en train de passer de mode ! Sans grand risque d'être mauvais prophète, on peut assurer qu'il bénéficiera largement de cette acquisition sociale récente : le repos hebdomadaire ! Le botaniste doit-il s'en réjouir ? Je crois que son opinion est, hélas, bien arrêtée sur ce sujet !

Une course rapide dans le vallon va nous donner un aperçu de sa topographie et des divers segments en lesquels on peut le diviser, pour une description botanique.

A la sortie ouest de Champigneulles, on l'aborde à son débouché où sa largeur est d'environ 1 kilomètre, entre les plateaux boisés qui le limitent de part et d'autre, c'est-à-dire le bois de Talinté au nord, et de la Fourasse de Champigneulles au sud. La dénivellation étant d'environ 100 mètres (altitude : 200 mètres au fond), on voit que les coteaux ont, de chaque côté, une pente d'au moins 20 pour 100 en moyenne. Ces coteaux sont d'ailleurs régulièrement cultivés et seront délaissés dans cette étude. Le vallon conserve sensiblement la même largeur sur une distance de près de 3 kilomètres, jusqu'au niveau d'un petit vallon latéral au débouché duquel un charmant décor est constitué par un établissement de pisciculture et une pépinière, annexes de l'École forestière de Nancy.

Sur ce parcours, le ruisseau ayant des eaux abondantes et un cours rapide (dénivellation : 25 mètres), a permis l'établissement d'industries prospères autrefois, dont il reste actuellement deux fabriques de carton. Celle qui se trouve en amont nous intéresse particulièrement, car elle est la cause et la garantie de la conser-

vation d'un étang, « le Bel-Étang » (1), dont les bords marécageux ont une intéressante florule.

Ne nous attardons pas trop, cependant, à contempler ce ravissant paysage; fermons les yeux quelques instants tout en continuant notre chemin. Un parfum résineux nous engage bientôt à les rouvrir. D'un coup de sa baguette invisible, une bonne fée nous a brusquement transportés au milieu des Vosges: nous nous trouvons dans un fond de forêt de montagne; les pentes voisines laissent deviner leur abrupt, mais non leur véritable hauteur. Nous marchons sur un tapis d'aiguilles de Conifères; au travers des pins et des épicéas apparaissent les eaux bleues d'un lac et, sur l'autre rive, les arbres viennent s'y mirer en humectant leurs branches basses.

Comment ne se croirait-on pas transporté à cinquante lieues de Nancy? Mais l'illusion dure peu et, quelques centaines de mètres plus loin, le vallon s'élargit quelque peu, les Conifères disparaissent et le lac est devenu une prairie où des buvettes rustiques nous rappellent qu'on ne vient pas là seulement pour herboriser. Le lac n'était qu'un étang, porté sur le cadastre de Champigneulle sous le nom d'« Étang des Vaches », plus connu cependant des promeneurs sous celui d'« Étang Hinzelin », du nom de son créateur. Quant aux buvettes, ce sont les annexes, non d'une auberge, comme on pourrait le croire, mais d'un établissement que des grilles solides protègent contre l'indiscrétion des passants, établissement plus militaire que civil, dans lequel de puissantes pompes sont destinées à envoyer l'eau du vallon dans toute la forêt, à l'usage de la défense nationale.

Ne vous impatientez pas, lecteur botaniste; ces détails ne sont pas déplacés, ne croyez pas que je m'amuse en chemin! Les pompes, aussi bien que l'étang voisin, doivent occuper ici leur petite place. N'avez-vous jamais laissé échapper une larme de regret en revoyant une source tarie, un lit de ruisseau envahi par les hautes herbes, un vallon aride où votre larme ne suffira jamais à ramener la fraîcheur de jadis, disparue par la vertu de l'industrie contemporaine, ou de l'inextinguible soif des villes modernes!

La chose est plus curieuse ici, où l'on renvoie l'eau d'où elle

(1) Cadastre de Champigneulle.

vient ; mais on en laisse, fort heureusement. En sera-t-il toujours ainsi ?

Nous sommes à nouveau, en ce point, au débouché d'un vallon latéral nommé « Fond Saint-Barthélemy » ou « Noir-Val ». Nous n'aurons pas de peine cependant à ne pas nous égarer, car le principal chemin longe toujours notre ruisseau. Un vieux barrage semble indiquer qu'un autre étang encore existait là autrefois, mais il n'y a actuellement, en amont, qu'un marécage entrecoupé de fossés et qui se transforme, un peu plus loin, en une prairie de plus en plus sèche. La prairie elle-même s'effile en triangle et disparaît à la hauteur du vallon latéral que l'on nomme « le Chêne-Bardeau ». Le ruisseau, de plus en plus réduit, coule dans un fond de broussailles et de grands arbres, puis disparaît à son tour peu à peu. Nous sommes à la limite de notre vallon : ce n'est plus maintenant qu'un de ces *Fonds* étroits et escarpés comme il y en a tant dans le grand plateau de Haye. C'est la portion des *Fonds de Toul* située à l'est de la grande route de Paris à Strasbourg⁽¹⁾. L'odeur de résine y est remplacée par celle, plus pénétrante, de l'ail des Ours que nous écrasons le long des sentiers, et ces nombreux confrères qui paraissent herboriser avec ardeur, en ce mois de juin, ne s'intéressent en réalité qu'à l'asperge de bois⁽²⁾ qu'ils ne reconnaîtront peut-être plus en fleurs, s'ils en laissent !

Le vallon ainsi délimité a, en tout, 5 kilomètres et demi environ, sur lesquels les deux derniers constituent, comme il est dit plus haut, un simple *Fond* de la forêt de Haye. L'altitude est alors de 245 mètres et, par conséquent, le Fond ne se termine pas là, puisqu'il doit, pour rejoindre le plateau par une pente progressive, s'élever encore d'une centaine de mètres au moins, ce qui nous demanderait encore plusieurs kilomètres de parcours. Pourquoi donc limiter arbitrairement la station en ce point précis, où se trouve le champ de tir de la Petite-Malpie, nommé encore tir des hussards ? La peur des balles n'est pour rien là-dedans, quoique la butte de tir soit sur la route même ! En ce point se réunissent le Fond de Toul, d'ailleurs barré par l'énorme remblai de la route de Toul, et le Fond des Trois-Fourchons qui, ramifié lui-même un peu plus loin, se prolonge latéralement par

(1) Voir : IV. Le plateau de la route de Toul.

(2) *Ornithogalum sulphureum* R. et S.

le Fond de la Crédencc. Mais ces Fonds ne se distinguent en rien de tous ceux de la forêt; ils seront étudiés en même temps, car ce sont des stations analogues. « La plupart, dit Godron, n'offrent pas de cours d'eau parce qu'ils n'atteignent que rarement la couche imperméable d'argile qui établit le niveau de toutes les fontaines de la contrée (1). »

Voilà donc la question bien posée : c'est l'eau, c'est la présence de sources et d'un ruisseau alimenté par elles qui distingue notre vallon et en fait une station à part, qu'il est nécessaire d'étudier dans son ensemble. Des rives d'étangs, des prairies plus ou moins marécageuses, un fond de forêt, ne sont ici que des sous-stations qui présentent un caractère commun prédominant, imposant leur étude en bloc.

*
**

Au point de vue géologique, le vallon est entaillé dans le jurassique moyen (Bajocien et Bathonien), entièrement calcaire. C'est assez dire que les eaux des diverses sources sont toutes plus ou moins incrustantes. Le Lias se trouve ainsi mis à nu, et le minerai de fer du Toarcien de Lorraine apparaît à peu près au niveau de l'étang Hinzélin. Plus en aval, à cause du relèvement des couches, il se trouve à flanc de coteau, où des détritiques de sondage ou d'exploitation attestent sa présence à la limite des champs et de la forêt. D'abondants éboulis calcaires masquent d'ailleurs le vrai substratum géologique, sur les versants.

Au point de vue climaterique, le vallon, largement ouvert à l'Est, est très exposé aux vents froids qui s'y engouffrent avec violence; les arbres souffrent plus des gelées dans le vallon que sur le plateau.

D'ailleurs nous possédons des données très précises sur la météorologie du vallon, grâce aux observations très soignées faites, par les soins de l'administration forestière, à son établissement de Belle-Fontaine; ces observations ont été malheureusement interrompues depuis quelques années, ou du moins ne sont plus publiées. Mais les observations faites nous suffisent pour

(1) Godron, *Essai sur la géographie botanique de la Lorraine* (Mém. Acad. Stanislas, 1861, p. 22), paru en 1862.

établir que la température moyenne, dans cette partie médiane du vallon, est inférieure de 1° à 2° à celle de Nancy, ce qui est considérable si on compare ce chiffre aux moyennes thermométriques de la région. Voici d'ailleurs la comparaison de ces moyennes pendant une dizaine d'années.

	NANCY (moyenne de plusieurs observatoires)	BELLE-FONTAINE (hors bois)
	degrés	degrés
1885	8,65	8,5
1886	9,5	8,45
1887	7,60	7,22
1888	7,91	6,96
1889	8,26	7,75
1890	9,40	7,76
1892	10,19	7,98
1893	10,35	8,45
1894	10,49	8,56
1895	9,65	7,61

Cette différence ne provient pas, d'ailleurs, d'excès dans les deux sens comme au plateau de Malzéville, par exemple; c'est le résultat de moyennes mensuelles constamment inférieures. Voici la comparaison de ces moyennes mensuelles pour l'année 1886, où la différence totale est l'une des plus faibles :

	NANCY degrés	BELLE-FONTAINE degrés
Janvier	— 0,12	— 0,55
Février	— 0,59	— 1,68
Mars	+ 2,99	+ 2,55
Avril	+ 10,72	+ 9,56
Mai	+ 12,9	+ 12,1
Juin	+ 15,1	+ 13,81
Juillet	+ 17,6	+ 16,49
Août	+ 18,1	+ 17,14
Septembre	+ 16,83	+ 15,44
Octobre	+ 10,97	+ 9,90
Novembre	+ 5,84	+ 5,60
Décembre	+ 1,42	+ 0,94 ⁽¹⁾

(1) Bull. de la commission météor. de Meurthe-et-Moselle.

Au point de vue de la chute de pluie, la hauteur moyenne totale dépasse très peu celle qui a été indiquée à Nancy. Pour une période de dix années, M. MILLOT indique une moyenne annuelle de 791 millimètres à Belle-Fontaine, contre 774 millimètres à Nancy (1); cette différence est sans intérêt ici.

Je rappelle enfin à nouveau que des observations atmidométriques ont été faites à la même station.

2° Données historiques

Le vallon a sans doute été creusé, en même temps que la vallée principale, au début de l'époque quaternaire. Ses pentes ont, d'ailleurs, fourni quelques stations préhistoriques.

Le point le plus intéressant de l'histoire du vallon est l'existence ancienne d'un village au débouché du Fond Saint-Barthélemy signalé précédemment. « En 1350, nous dit LEPAGE, Henri de Lorraine, évêque de Toul, confirma au prieur de Lay, l'église de Saint-Barthélemy, située en un vallon dans les bois de Haye. Cette église et le village de même nom ne subsistent plus depuis longtemps. A leur place on construisit un ermitage, qui fut à son tour démoli vers 1636... Le lieu où existèrent l'église et le village a conservé le nom de Fond Saint-Barthélemy (2). » Les marécages herbeux, en amont d'un barrage dont j'ai parlé plus haut, sont évidemment les restes de ce « vieil étang » dont parlent les chroniques, « dont les eaux faisaient mouvoir les soufflets d'une fonderie de minerai de fer oolithique, fonderie détruite, ainsi que le village de Saint-Barthélemy, pendant la guerre de Trente ans (3) ». « En 1602, les associés à la fabrique de cuivre et fil de laiton de Nancy obtinrent l'ascensement du vieil étang de Saint-Barthélemy, pour y dresser les martinets qui leur sont de besoin pour battre cuivre et airain et moulins à battre la calmine (4). »

La population de Saint-Barthélemy devait donc être composée principalement d'ouvriers et de bûcherons ou charbonniers, plutôt

(1) MILLOT, *Essai d'une carte de la répartition moyenne des pluies dans le département de Meurthe-et-Moselle* (Bull. commission météor., 1888).

(2) LEPAGE, *Le Département de la Meurthe. Statistique historique et administrative*, deuxième partie, p. 104. Nancy, 1843.

(3) GOBRON, *Nouvelles observations sur les Primula de la section Primulastrum* (Mém. Acad. Stanislas, t. X, 1877, p. 366).

(4) LEPAGE, *Les Communes de la Meurthe*. Nancy, 1853, p. 222.

que d'agriculteurs ; rien ne permet de supposer que cette portion de vallon ait pu être soumise à la culture. Quant à la cause et à la date de la disparition du village, elles ne semblent pas connues d'une façon positive. Certaines traditions rapportent cette cause à la peste ⁽¹⁾, d'autres à l'invasion suédoise. Mais, comme la petite ville de Saint-Nicolas fut mise au pillage par les Suédois en 1635 ⁽²⁾, on devrait mettre à la même date la destruction de Saint-Barthélemy. Or, elle fut bien antérieure, d'après la citation de LEPAGE faite plus haut, l'ermitage bâti à la place du village ayant été démoli en 1636. Nous pouvons, en tout cas, tenir pour acquis qu'à cette date le village n'existait plus ; mais nous sommes moins bien fixés sur l'époque où l'étang fut mis à sec, tout en pouvant admettre que ce fut vers le milieu du dix-septième siècle, époque où « tous les établissements (du vallon) semblent avoir disparu à la suite des guerres désastreuses ⁽³⁾ ».

L'assèchement de l'étang a, évidemment, contribué à diminuer l'humidité de la portion supérieure du vallon.

Longtemps encore, quelques constructions ont dû subsister sur l'emplacement du village, car, en 1658, « les pauvres charbonniers, résidant et réfugiés au val Saint-Barthélemy, se plaignent de ce que le curé de Champigneulle leur refuse l'administration des sacrements ⁽⁴⁾ ».

Le fait nous importe peu ici, d'ailleurs, et il est plus intéressant de savoir que l'étang Hinzelin est, par contre, très récent, ayant été établi il y a une quinzaine d'années, après un essai de reconstitution du vieil étang. L'édition de 1893 d'une carte des environs de Nancy indique encore, à sa place, un chemin. On peut affirmer que non seulement cet emplacement s'est trouvé profondément modifié, mais aussi que la partie supérieure du vallon est redevenue de nouveau plus humide, par diminution de la pente et, par conséquent, du drainage.

En aval, « le plus ancien établissement industriel était un moulin à polir les armes, placé sur le ruisseau descendant de l'étang Saint-Barthélemy... En 1471, il fut fait des dépenses assez considérables pour sa restauration... En 1605, Charles III

(1) Notice manuscrite sur la commune de Champigneulle, par l'instituteur, 1889.

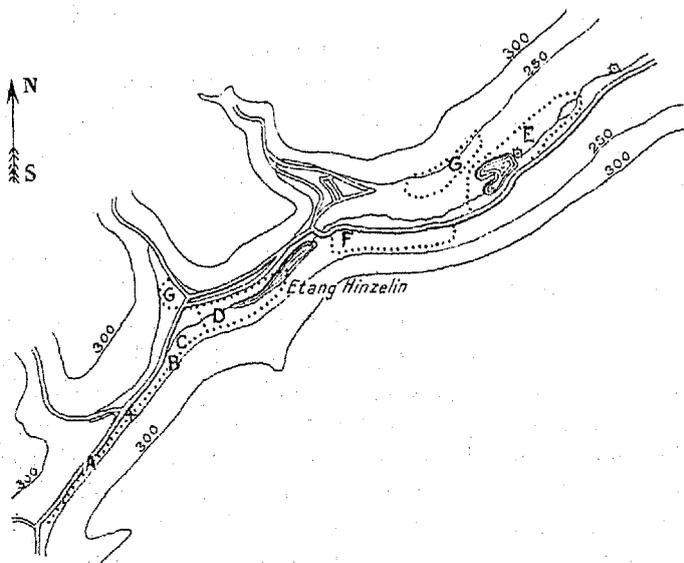
(2) DURIVAL, *Description de la Lorraine et du Barrois*. Nancy, 1778, p. 59.

(3) LEPAGE, *Les Communes de la Meurthe*, p. 222.

(4) *Ibid.*, p. 221.

ascensa ce moulin, situé au-dessus d'un autre qui est devenu depuis une papellerie (papeterie) [1] ». Il reste toute l'installation du moulin en dessous du bel étang ; c'est actuellement l'une des cartonneries du vallon. Il est évident que ce moulin avait déjà son étang ; mais alors on ne sait plus desquels parle LEPAGE en disant : « En 1629, Charles IV fit faire, dans des pièces de prés du vallon Saint-Barthélemy, un étang à truites... et en 1634 un nommé Nicolas Mengin obtint l'ascensement d'un petit étang qu'il avait fait construire dans ce même vallon » (*loc. cit.*).

La papeterie, « qui avait atteint une très grande importance, fut simplement détruite par un incendie en 1847, elle n'a pas été reconstruite » (*loc. cit.*). Sur son emplacement existe une ferme importante, mais le ruisseau et le petit étang qui se trouvaient là, ont été laissés à l'abandon. Une nouvelle cartonnerie a été édifiée un peu plus bas.



PLAN DU VALLON DE CHAMPIGNEULLES

D'après la carte au 1/50000 du Service géographique de l'armée (feuilles de Nancy, XXXIV-15, et de Toul, XXXIII-15). Deux courbes de niveau sont représentées : celles de 250 et de 300 mètres. Les subdivisions étudiées sont désignées par les lettres correspondantes et entourées de pointillé, sauf lorsque la route leur sert de limite. Les subdivisions B et C sont réunies.

NOTA. — La route, les étangs et les vallons latéraux sont des repères suffisants, mais on peut aussi prendre un décalque de ce plan pour le reporter sur la carte au 1/50000.

(1) LEPAGE, *Les Communes...* p. 222.

3° Florule bryologique

Une trentaine d'herborisations, faites en huit années, et en toutes saisons, dans le vallon de Champigneulles, de nombreuses notes prises sur le terrain, me permettent de prétendre à une description à peu près exacte de sa florule, malgré la difficulté de reconnaître les plantes stériles.

A. — Les meilleures subdivisions que l'on puisse adopter ici sont des segments complets, séparés assez nettement les uns des autres. Le premier de ces segments, pris à partir du champ de tir, est précisément ce fond dont il a été question plus haut, qui, sur une longueur de 1 kilomètre environ, nous conduira au niveau de la route dite : du Chêne-Bardeau. La route le suit, en le dominant de quelques mètres, du côté nord ; mais comme elle ne forme pas une limite de parcelle de forêt, les tranchées de ce versant la traversent et se continuent dans le fond, où elles pourront nous servir de repères très sûrs, à condition de ne pas nous fier aux cartes, même les plus récentes. C'est ainsi que la feuille de Toul au 1/50000^e (feuille XXXIII-15) du service géographique de l'armée, parue en 1908, porte six tranchées sur ce parcours, alors qu'il en existe dix en réalité. Je les désignerai, quand il y aura lieu, par les numéros des coupes adjacentes : par exemple, tranchée 18/17.

Nous nous trouvons d'abord dans une portion de forêt exploitée en « taillis sous futaie », composée de hêtre, chêne, érable, aubépine. Une riche floraison s'y épanouit au printemps, composée principalement de *Corydallis cava* Schv., *Arum maculatum* L., *Ficaria ranunculoïdes* Moench., *Anemone ranunculoïdes* L., *Ranunculus auricomus* L., *Polygonatum multiflorum* All., *Scilla bifolia* L., *Convallaria maialis* L. etc.

Comme Mousses, un riche tapis de *Mnium undulatum* fertile en quelques rares points, *Thamnium alopecurum*, assez souvent fertile, *Eurhynchium prælongum*, très fertile en quelques points. Un peu moins abondamment : *Hylacomium triquetrum*, *Eurhynchium striatum*, *Brachythecium rutabulum*, *Eurhynchium piliferum*, *Anomodon viticulosus*, cette dernière se rapprochant des arbres et d'un talus voisin où elle est très fertile au printemps. *Camptothecium lutescens*, peu commun sur la terre, se réfugie

surtout sur les arbres et arbustes. *Hypnum molluscum* et *Hypnum purum* sont assez rares. Mais, en quelques dépressions plus humides, encombrées de broussailles de prunellier, abonde *Hypnum cuspidatum*, en compagnie de *Eurhynchium piliferum* et *Mnium undulatum*. Comme Hépatiques, seulement et rarement, *Plagiochila asplenioides*.

Un fossé, souvent à sec, se transforme peu à peu en ruisseau, qui, vers le milieu du parcours, devient à peu près permanent, grâce aux sources qu'il reçoit de distance en distance. Et alors, tandis que le sol, entièrement terreux précédemment, avait une végétation peu variée, de nombreuses pierres, dans le ruisseau, ou éparses çà et là, portent abondamment de nouvelles espèces. Dans le ruisseau : *Amblystegium Vallis clausæ* très abondant et souvent fertile, de même que *Hypnum palustre*, *Eurhynchium murale*, moins fréquemment *Hypnum stellatum*, *Grimmia apocarpa*, *Aplozia riparia*, *Amblystegium varium*.

Les pierres éparses portent en abondance *Hypnum molluscum*, *Eurhynchium murale*, parfois *Seligeria pusilla*, *Amblystegium confervoides*, et, quand elles sont volumineuses ou entassées en amas, *Hylocomium brevirostre* et *Barbula tortuosa* ainsi que sa var. *fragilifolia*, très rare ; quelquefois *Hypnum Sommerfeltii*, *Amblystegium serpens*, *Thuidium recognitum*.

Le ruisseau est souvent double, car les sources viennent des deux côtés opposés ; de fréquentes anastomoses réunissent les deux parties. Un de ces fossés transversaux, près de la tranchée 19/18 est rempli d'*Aplozia riparia*. Quand les eaux abondent, l'intervalle est facilement inondé. Comme conséquence, le tapis de grandes mousses, décrit précédemment, disparaît ou ne persiste que par maigres touffes éparses. Par contre, dans les suintements, où les eaux stagnent, abondent *Hypnum stellatum* et sa var. *protensum*, *Hypnum cuspidatum* et *Amblystegium filicinum*.

Le talus, très ombragé et pierreux, qui raccorde le Fond à la route, supporte une végétation luxuriante, bien que pauvre en espèces. Avec *Anomodon viticulosus*, déjà signalé, *Eurhynchium murale* CG. et très fertile en hiver, *Anomodon attenuatus*, commun, *Amblystegium serpens*, var. *tenue*, *Hypnum Sommerfeltii*, très fertile ; assez souvent même *Eurhynchium depressum*, fertile en hiver, et *Brachythecium populeum*, toutes deux plutôt réputées silicicoles et qui couvrent, ici, des pierres calcaires. Lorsque

ce talus est surtout formé de terre, on trouve alors très abondamment *Eurhynchium prælongum*, fertile par endroits en hiver, et *Mnium rostratum*, plus rare.

La végétation arboricole complétera ce tableau. Les arbres sont d'ailleurs remarquablement vêtus dans ce fond obscur et frais; il en est de même des broussailles, leurs branches fussent-elles desséchées. Les espèces prédominantes sont : *Leucodon sciuroides*, qui s'élève très haut, tandis que restent plutôt à la base : *Homalothecium sericeum*, *Camptothecium lutescens*, *Brachythecium rutabulum*, *Amblystegium serpens*, *Homalia trichomanoides*, *Neckera complanata*, *Anomodon viticulosus*; moins fréquemment *Bryum capillare*, *Hypnum Sommerfeltii* et *Brachythecium salebrosum*, observé sur un seul arbre. On remarque, non sans surprise, la rareté d'*Isothecium myurum*, et surtout d'*Hypnum cupressiforme*, presque absents de cette riche végétation, alors que ces espèces prédominent d'ordinaire sur les troncs. Les *Orthotrichacées*, fréquentes ici, sont représentées surtout par *Orthotrichum speciosum*, *Ulota crispa*, *U. intermedia*, *U. Bruchii*, *U. Ludwigii*. Comme Hépatiques, *Frullania dilatata*, *Radula complanata*, *Metzgeria furcata* sont abondantes, *Plagiochila asplenoides* existe quelquefois à la base. J'ai observé *Lophocolea bidentata* sur un arbre pourrissant. Je ne veux pas manquer non plus de signaler la fréquence du beau Lichen pulmonaire (*Sticta pulmonacea* Ach.).

Je mets enfin ici, bien à part, quelques plantes très rares pour la région : *Cylindrothecium repens*, aperçu sur un arbre unique, puis *Anomodon longifolius*, très abondant et vigoureux au pied d'un orme près de la tranchée 21/20, et au pied de plusieurs érables, près de la tranchée 19/18; enfin cette élégante petite hépatique, *Lejeunea serpyllifolia*, abondante au pied d'un charme en aval de la tranchée 24/23, et au pied d'un érable près de la tranchée 22/21. Des recherches attentives sur la plupart des arbres de ce coin de forêt m'ont permis de m'assurer que ces deux dernières plantes ne se propagent pas, bien qu'elles soient très vigoureuses et semblent, par conséquent, jouir des conditions qui leur sont favorables. Un déboisement un peu exagéré pourrait donc facilement les faire disparaître.

B. — Un deuxième segment, long également d'un petit kilomètre, nous conduira jusqu'au niveau du barrage du vieil étang. Mais le vallon comprend ici deux bandes adjacentes, l'une herbeuse ou marécageuse, déboisée, l'autre étroite, large de 15 mètres au plus, mais couverte de grands arbres qui abritent le ruisseau sous un écran obscur. J'étudierai d'abord cette dernière bande, qui occupe, au nord-ouest, la portion du vallon longeant la route. Il est évident, *a priori*, que ses caractères sont, en gros, ceux de la station étudiée plus haut, aussi me contenterai-je ici de quelques particularités intéressantes, consistant, notamment, dans la fertilité de plusieurs espèces stériles à l'ordinaire. C'est d'abord *Mnium undulatum* qui donne chaque année de nombreuses capsules, au niveau même de la route du Chêne-Bardeau, sous un fouillis de buissons de prunellier et d'aubépine, près du ruisseau, où cette mousse est en compagnie de *Eurhynchium piliferum*, *Hypnum cuspidatum*, *Hylocomium triquetrum*. Puis *Eurhynchium piliferum*, fertile également en hiver, et, sur les arbres, *Leucodon sciuroides*, *Neckera complanata*, fertiles au printemps.

Le ruisseau contient toujours de nombreuses pierres portant les mêmes espèces que précédemment, avec, en plus, quelque peu de *Brachythecium rivulare*, *Eurhynchium rusciforme*, *Fontinalis antipyretica*, espèces correspondant à un régime de plus en plus permanent du cours d'eau. Le sol, formé d'une terre noirâtre, est peu favorable aux Mousses qui se réfugient pour la plupart sur les pierres. Aux espèces de ce groupe, signalées dans le précédent chapitre, j'ajouterai : *Eurhynchium Swartzii*, *Eurhynchium depressum*, *Amblystegium rigescens*, *Brachythecium populeum*, rare, avec sa var. *attenuatum*, *Thuidium recognitum*, rare également.

Une sorte de mur, extrêmement ombragé, soutenant le talus de la route, par endroits, disparaît sous son revêtement moussu de *Anomodon attenuatus*, *Neckera complanata*, *Camptothecium lutescens*, prédominantes, puis *Eurhynchium prælongum*, *Brachythecium rutabulum*, *Anomodon viticulosus*, *Amblystegium serpens*, ou peut-être une forme grêle des espèces voisines, *Hypnum molluscum* et *H. Sommerfeltii*.

*
**

C. — La bande de terrain, adjacente à la précédente, non

boisée, formée par l'élargissement progressif du vallon, va nous offrir d'intéressantes transitions de flore : les unes ayant pour origine des conditions anciennes, les autres, l'état actuel du régime hydrographique. En amont, le sol est analogue à celui du fond boisé étudié plus haut ; c'est une terre peu humique qui ne provient pas d'un ancien étang mis à sec. Le drainage y est excellent et jamais les eaux n'y séjournent, ce qu'attestent d'innombrables taupinières. Il en résulte la possibilité d'exploiter cette portion en prairie, sur 300 à 400 mètres de longueur. La végétation phanérogame nous offre du Colchique en abondance, la Cardamine des prés, la Primevère officinale, assez souvent de la Pimprenelle et même du Serpolet. Comme Mousses, *Thuidium Philiberti* y forme une vraie pelouse, avec *Hypnum purum* et *Eurhynchium praelongum* et, moins fréquemment, *Camptothecium lutescens* et *Hypnum cuspidatum*. Sur la rive sud-est, la forêt entretient une humidité plus permanente entraînant alors la prédominance de *Hypnum cuspidatum* et *Hypnum molluscum*. Le long de fossés transversaux, on rencontre une petite quantité de *Brachythecium Mildeanum*, *Brachythecium ratabulum*, *Hypnum stellatum*.

Plus en aval, nous nous trouvons certainement sur l'emplacement du vieil étang ; le sol devient noirâtre, de plus en plus tourbeux, et d'ailleurs les hautes herbes qui y croissent et y pourrissent librement chaque année apportent sans cesse une nouvelle quantité d'humus. Les joncs, les carex, deviennent bientôt prédominants, entremêlés des hautes tiges de l'angélique, du *Cirsium oleraceum* All. et de la reine des prés ; on trouve également, en abondance, le colchique, *Caltha palustris* L., *Valeriana dioica* L., *Eriophorum latifolium* Hop., *Orchis latifolia* L. ; puis le nombre des espèces diminue de plus en plus à mesure que leur taille augmente. Finalement, la partie la plus basse est une vraie *Phragmitaie*. Mais, en dehors du roseau, peu de Graminées, si ce n'est le *Molinia cærulea* Moench., intéressant à signaler ici ; pas de gazon, par conséquent, mais de la terre nue entre les hautes herbes clairsemées.

Le nombre des sources augmente de plus en plus. Au nord-ouest, le ruisseau étudié plus haut absorbe les plus importantes et, étant au niveau le plus bas, draine partiellement le vallon qu'il finit par traverser en diagonale pour franchir le barrage du côté opposé à la route. Au sud-est, tout le long du bois, de nou-

velles sources alimentent un nouveau ruisseau, qui finit par rejoindre le premier dans le milieu du vallon.

Voilà donc, pense-t-on, une belle station à Mousses, humide à souhait, et où les bonnes espèces vont surgir à chaque pas ! Pas du tout, toutes ces conditions avantageuses sont annihilées ici par une seule qui ne l'est pas : l'impureté des eaux. Sur cette terre dépourvue de pelouse, l'eau devient aussitôt boueuse, et la plupart des Mousses sont extrêmement sensibles à ce caractère. La seule espèce qui résiste assez bien est *Earhynchium praelongum* qui reste assez commun, avec, çà et là, un peu de *Mnium Seligeri* (*), *Thuidium Philiberti*, *Hypnum molluscum*, *Earhynchium piliferum*, quand on arrive au voisinage de quelque fossé.

Pourtant un riche tapis subsiste le long du bord sud-est, où la forêt maintient une ombre continuelle et où le drainage s'effectue mieux par la situation plus élevée et le voisinage d'un ruisseau ou fossé. Alors abondent : *Hypnum cuspidatum*, *Hypnum purum*, *Hylocomium triquetrum*, *Climacium dendroides*, ainsi que, plus ou moins fréquemment : *Hypnum stellatum*, *Mnium undulatum*, *Hylocomium squarrosum*.

Mais c'est dans les fossés et sur leurs abords immédiats que nous allons trouver une intéressante et vigoureuse florule. Certains sont remplis de *Chara foetida* qui exclut toute autre végétation ; d'autres, moins profonds, renferment un tapis compact d'*Hypnum commutatum*, *Amblystegium filicinum*, *Hypnum cuspidatum*, *Bryum pseudotriquetrum*, fertile quelquefois, *Mnium Seligeri* et, plutôt cette fois sur les rives, *Hypnum molluscum*, *Mnium undulatum*, *Hypnum purum*, *H. stellatum*, *Hylocomium triquetrum*, *Thamnium alopecurum*, *Thuidium Philiberti*. Cette dernière devient très robuste dans ces conditions, généralement tripennée et, par conséquent, représente la var. *pseudo-Tamarisci* Ryan et Hagen, dont on fait parfois, à tort, une espèce. Le *Fissidens adianthoides*, très fertile au printemps et très beau, est

(*) J'ai dit précédemment que j'entendais suivre, dans ces descriptions, la nomenclature d'un ouvrage unique, la *Muscologia gallica* de HUSSOR ; je ne fais d'exception que pour les espèces non décrites dans cet ouvrage. Le *Mnium Seligeri* y figure cependant vraisemblablement sous le nom de *M. affine* var. *elatum* Br. E ; mais, sans discuter, dans cette partie de ma publication, la valeur des distinctions spécifiques, il y a avantage, semble-t-il, à adopter quelques noms qui simplifient la description bryogéographique, quand ils correspondent à des formes bien caractérisées et d'ordinaire spéciales à certaines stations, ce qui est le cas du *Mnium Seligeri* qui n'accompagne pas le *M. affine*.

commun, et ses touffes, dans les fossés, deviennent moins compactes et beaucoup plus allongées. L'*Hypnum stellatum* est aussi représenté par sa var. *protensum*, réfugiée à la base des saules, bien fertile au printemps. Comme Hépatiques, *Chyloscyphus polyanthus* (*sens. lat.*) est commune dans les fossés, parmi les Mousses, ainsi qu'*Aneura pinguis*, pourvue de capsules en avril.

Les pierres inondées dans les eaux plus profondes portent *Amblystegium Vallis clausæ* bien caractérisé, mais passant, par des intermédiaires, à *Amb. filicinum*. Inondé dans les eaux très courantes, c'est une plante fort différente de la dernière. Sur les pierres plus souvent émergées, la distinction n'est plus toujours possible. D'ailleurs, en ce qui concerne quelques plantes de ce genre *Amblystegium*, l'exploration minutieuse du vallon de Champigneulle serait, je crois, un salutaire exercice pour ceux qui créent des espèces indéfiniment dans le calme du laboratoire.

J'ai observé également, en petite quantité, sur ces pierres inondées, *Hypnum Sommerfeltii*, qui semble s'accommoder, par conséquent, de conditions très diverses. Enfin, dans le ruisseau peu profond du côté sud-est, croît un magnifique tapis d'*Aplozia riparia*, dans lequel la plante ♂ existe seule. Toutes ces eaux vives contiennent de fort jolies algues, en particulier des *Draparnaldia* et des *Batrachospermum*.

En terminant ce chapitre, je signalerai une cause de modification partielle de la flore dans un délai assez court : c'est une plantation de peupliers dans une bonne partie de la portion tourbeuse, celle qui se trouve en amont.

Une modification de date récente consiste dans la disparition d'*Aulaacomnium palustre* Schw. J'ai cherché en vain cette espèce, pourtant robuste et bien facile à apercevoir. Or, bien que Godron n'ait pas cité cette station pour cette plante, dans son catalogue, son herbier en contient un échantillon recueilli aux « Fonds de Toul » en 1839, et c'est bien cette partie tourbeuse qu'il comprend sous cette désignation, ainsi que l'attestent les citations, par le même auteur, de nombre d'autres espèces qui n'existent nulle autre part dans le Fond de Toul, telles que : *Hypnum commutatum*, *H. palustre*, *Hylocomium squarrosum*, *Cladocodium dendroides*, *Fissidens ulianthoides*. Godron signale aussi, en cet endroit vraisemblablement, le *Physcomitrium pyriforme* Brid., et son herbier contient effectivement cette plante, recueillie aux

Fonds de Toul en 1842. Pendant ces huit années, je ne l'y ai pas revue, mais cela n'a rien d'extraordinaire, car les stations de cette plante, vivant souvent sur la terre tourbeuse, sont aussi fugaces que celles du *Funaria hygrometrica*, espèce très voisine. Enfin, l'herbier GODRON renferme un bel échantillon de *Tetraphis pellucida* Hedw., recueilli par VINCENT, en 1844, et portant, sur une étiquette collée : « sur le vieux bois, aux Fonds de Toul ». Je n'ai jamais retrouvé cette plante plus près que dans la forêt de Mondon, au delà de Lunéville. Il est probable qu'une exploitation de plus en plus complète des débris de bois mort l'a fait disparaître.

Je ne reviens pas sur les espèces citées à tort et que la première partie de ce travail m'a permis d'éliminer en bloc.

*
**

D. — Un troisième segment du vallon, également long de 1 kilomètre, va du barrage du vieil étang à celui de l'étang Hinzelin. Ce segment reproduit une partie des conditions du précédent : assez sec en amont, il devient de plus en plus humide en aval. Par contre il n'y existe aucune portion boisée, le vallon est plus large et moins obscur et, enfin, nous n'avons plus de fond d'étang, mais un étang actuel à niveau légèrement variable; la végétation en est, d'autre part, beaucoup plus récente, ainsi que l'a montré l'historique précédent.

La chaussée du vieil étang offre une florule brusquement différente de sa voisine ; cette chaussée a d'ailleurs, je le répète, été restaurée assez récemment dans l'intention de rétablir l'étang. Faite de terre, très herbeuse, couverte de Graminées, elle porte des Mousses différentes sur ses deux talus. Au sud-ouest, du côté du vieil étang, abondent *Thuidium abietinum*, qui est rare de l'autre côté, *Camptothecium lutescens*, *Cylindrothecium concinnum*, avec *Hypnum cuspidatum*. De l'autre côté, exposé au nord-est, ce sont avant tout : *Thuidium Philiberti*, extrêmement commun, *Hypnum purum* et *Hylocomium triquetrum* abondants également. Quelques points où la terre est dénudée portent *Barbula unguiculata*. La surface du barrage présente toutes ces espèces, moins développées et plus rares.

Je comparerai de suite, à cette florule, celle de la digue de l'étang Hinzelin en me bornant, cette fois, à la surface supérieure, formée d'une pelouse de 4 à 10 mètres de largeur.

On y trouve, en très grande abondance, *Hypnum purum*, *Hypnum cuspidatum*, *Thuidium Philiberti*; puis, moins abondamment : *Hylocomium squarrosam*, *Eurhynchium piliferum*, *Cylindrothecium concinnum*, *Eurhynchium prælongum*, *Brachythecium Mildeanum*. La terre nue, remuée par les taupes, porte : *Barbula unguiculata*, *Phascum cuspidatum*, *Pottia minutula* et, probablement, *Dicranella varia*. Sauf *Hypnum purum*, les grandes espèces ne sont communes qu'à l'extrémité sud, près du bois qui les protège de son ombre ; *Hylocomium squarrosam* ne quitte même pas cette extrémité. Je ferai observer combien il a fallu peu de temps pour produire ce peuplement.

J'ajouterai ici les plantes qui ont envahi, dans ce même temps, la maçonnerie calcaire qui limite la digue du côté de l'eau. On y trouve, en grande abondance : *Grimmia apocarpa*, *G. pulvinata*, *G. orbicularis*, *Didymodon luridus*; puis, moins communément : *Barbula muralis*, *Ceratodon purpureus*, *Trichostomum rigidulum*, *Bryum argenteum*, *B. cæspitium*, avec deux grandes Pleurocarpes : *Camptothecium lutescens* et *Brachythecium rutabulum*.

Le déversoir de l'étang se couvre peu à peu de tuf où l'on voit se développer abondamment : *Eucladium verticillatum*, *Trichostomum tophaceum* et un *Bryum* indéterminé.

Retournons maintenant à la chaussée du vieil étang. Le ruisseau longe le bois, à peu de distance, sur le bord sud-ouest du vallon, ainsi qu'il a été dit précédemment, et contient en abondance, dans cette partie de son cours, *Fontinalis antipyretica*. Sur sa rive gauche, une prairie exploitée contient très peu de Mousses, *Hypnum cuspidatum*, abondant seulement près du ruisseau, avec, çà et là, dans la partie plus sèche : *Camptothecium lutescens*, *Brachythecium rutabulum*, *Eurhynchium prælongum*, *Hypnum purum*, *Thuidium abietinum*, et, sur la terre des nombreuses taupinières : *Bryum argenteum*, *Phascum cuspidatum*, *Pottia minutula*. Sur la rive droite, une bande étroite de prairie avec des sources, ombragée par la forêt, offre par contre un riche tapis : *Amblystegium filicinum*, *Hypnum cuspidatum*, très communs dans les sources; sur la pelouse, avec les précédentes, *Hypnum purum*, *Brachythecium rutabulum*,

Thuidium Philiberti, *Mnium punctatum*, *Ceratodon purpureus*, *Barbula unguiculata*, *Fissidens taxifolius*, *Webera albicans*, *Dicranella varia* (?) et quelques Hépatiques : *Lophocolea bidentata*, *Aneura pinguis*, *Riccia glauca*.

Un important sentier, venant de Nancy, débouche de la forêt en ce point et traverse le ruisseau sur quelques rondins. Le sol argileux du voisinage, souvent piétiné et souvent inondé, m'a permis d'observer, sur quelques mètres carrés, le riche groupement suivant, au commencement de l'hiver : *Pottia minutula* et *Riccia crystallina*, très communs et bien fertiles, *Riccia glauca*, *Phascum cuspidatum*, *Dicranella Schreberi*, *Dic. varia* (?), *Barbula unguiculata*, *Bryum argenteum*, *B. erythrocarpum*, *Webera carnea* (fertile à la fin de l'hiver), *Eurhynchium prælongum*.

Godron a récolté et signalé *Physcomitrella patens* Br. E. à la Belle-Fontaine. Si on l'y retrouve, ce sera assurément non loin de là, mais cette plante est délicate et disparaît facilement de ses stations.

En se rapprochant de l'étang Hinzelin, on se trouve dans une prairie marécageuse dont les hautes herbes ne sont exploitées que comme litière. Elle forme la queue de cet étang et, souvent, est inondée; nous allons voir la flore changer rapidement. Suivons la rive droite; près du bois, nous voyons *Thuidium Philiberti* former un tapis extraordinairement vigoureux, avec *Hypnum purum*, *H. cuspidatum*, *Climacium dendroides*, rarement *Hylocomium triquetrum*. Le caractère marécageux augmentant, le *Thuidium* diminue, le *Climacium* augmente et devient luxuriant, en compagnie de *Mnium Seligeri*, *Hylocomium squarrosum*, très communs, *Mnium undulatum*, et encore *H. purum* et *H. cuspidatum*. Le sol devenant de plus en plus humide, les *Carex* de plus en plus exclusifs, on ne trouve plus, et en faible quantité, que : *Hypnum cuspidatum*, *Mnium Seligeri* et *Eurhynchium piliferum*. Sur l'autre rive, je n'ai vu ni *Hylocomium squarrosum* ni *Climacium*, par contre, *Hypnum stellatum*, presque seul, forme de grands tapis par places. Au voisinage du ruisseau se rencontrent *Amblystegium filicinum* et *Eurhynchium prælongum*.

E. — En aval de l'étang Hinzelin, de nouvelles sources produisent de petits marécages analogues à ceux qui ont été étudiés dans le chapitre C, puis le ruisseau court au milieu de nouvelles prairies marécageuses et de prairies exploitées où nous ne nous arrêterons pas à nouveau, pour arriver de suite aux abords du Bel-Étang ou Étang des Cartonneries, une des très rares stations lorraines du *Ranunculus Lingua* L.

Cet étang, nettement délimité sur sa rive droite par une prairie récemment défoncée et transformée en culture, passe progressivement, au contraire, sur sa rive gauche, à des marécages temporairement inondés, formant une belle *phragmitaie*, puis une non moins belle *caricaie*, entremêlée de nombreux buissons de saules. Là, parmi les touffes de *Carex* principalement, et les emplacements un peu plus élevés des buissons, les mousses forment de vigoureux gazonnements, constitués par *Hypnum cuspidatum*, souvent fertile au printemps, avec *Brachythecium rutabulum*, *Mnium Seligeri*, *M. undulatum*, *Climacium dendroides*, *Eurhynchium piliferum*, représenté par une forme à teinte jaune caractéristique, *Eur. prælongum* qui fructifie abondamment, en hiver, parmi les broussailles épineuses qui bordent l'étang, sur de la terre qui n'est que rarement inondée. J'ai trouvé également, en abondance, parmi les *Carex*, *Eurhynchium speciosum*, bien fertile en hiver, belle et intéressante espèce dont les stations se comptent, et qu'on ne rencontre en France, avec quelque fréquence, que dans le Midi et l'Ouest. Là où des dépressions permettent un séjour plus prolongé des eaux, on rencontre *Amblystegium filicinum*, *Brachythecium rivulare* et une forme grêle de *Hypnum aduncum* (*f. falcata* REN., teste RENAULD).

Un beau tapis existe également dans la *caricaie* de la queue de l'étang, formé principalement de *Eurhynchium prælongum*, *E. speciosum*, quelque peu de *E. piliferum*, rarement *Hypnum cuspidatum*. Mais partout où les eaux sont plus hautes et séjournent plus longtemps, les touffes élevées des *Carex* servent de refuge exclusif aux Mousses et, aux espèces précédentes, s'ajoutent *Amblystegium Vallis clausæ* et *Mnium rostratum*.

Toutes ces espèces se retrouvent, en aval de l'étang, dans de nouveaux marécages plantés d'aunes, mais *Amblystegium Vallis clausæ* y passe progressivement à *A. filicinum*. De plus, un sol plus ferme constitué, au pied des bouquets d'arbres, un support

où croissent en outre *Eurhynchium striatum*, *Mnium cuspidatum*, puis *Mnium Seligeri* et *Bryum pseudotriquetrum*.

J'étudierai en outre, ici, la florule des arbres, principalement des vieux saules, qui croissent, tant autour de l'étang que le long du ruisseau, et dans les marécages en aval. Les conditions générales de la station s'appliquent en effet à la végétation arboricole et aussi humicole, car l'humus ne manque pas sur ces vieux saules, étêtés ou non. On y observe abondamment : *Amblystegium rigescens*, toujours fertile à divers états, plus rarement *A. serpens*, vers la base, puis *Brachythecium rutabulum*, *Homalothecium sericeum*, surtout à la base. *Bryum capillare* est commun sur ceux qui sont très vieux, mélangé parfois à *Brachythecium salebrosum*, *Barbula lævipila*, rarement avec *Pylaisia polyantha*, très fertile au printemps. J'ai recueilli, sur l'un, en avril 1907, *Hypnum resapinatum* très bien caractérisé, avec de jeunes et de vieilles capsules. Cette plante, répandue sur les arbres et aussi les rochers du littoral de la Manche et de l'Océan, n'a été signalée qu'un très petit nombre de fois dans la France continentale.

On trouve, malgré la proximité de l'eau, très peu d'Orthotriches sur ces saules, seulement quelques touffes d'*Orthotrichum affine* et, très rarement, *Ulotia crispula* et *Orth. speciosum*.

Les grands peupliers d'Italie, au contraire, sont garnis des touffes de ces plantes : *Ort. leiocarpum*, fertile au commencement du printemps, commun, ainsi que *Ort. affine*, fertile en été, *Ort. Lyellii*, plus rare, à propagules abondants, et *Ort. speciosum*, fertile également en été, enfin *Ort. diaphanum* vers la base. Toutes ces plantes accompagnent *Leucodon sciuroides* tout le long du tronc, tandis que se tiennent près du sol les espèces suivantes : *Hypnum cupressiforme*, *Homalothecium sericeum*, *Brachythecium rutabulum*, *Amblystegium serpens*, très rarement *Brachythecium salebrosum*. Comme Hépatiques, *Frullania dilatata* est commun, mais je n'ai vu *Radula complanata* que sur quelques aunes, sur lesquels le *Frullania* était très rare. La florule des aunes est d'ailleurs tout à fait pauvre et à peu près réduite, en dehors de ces deux Hépatiques, à *Brachythecium rutabulum* et *Amblystegium rigescens*.

Après sa sortie de l'étang, le ruisseau nous offre encore quelques points dont l'étude est nécessaire : notamment les pierres

des barrages de moulin, où du tuf se dépose avec *Eucladium verticillatum* et, ailleurs, près de l'ancienne papeterie, *Trichostomum tophaceum*, fertile au printemps. J'ai recueilli, sur la digue de la cartonnerie, en avril 1907, une belle forme d'*Eurhynchium murale* (*f. longiseta*) à pédicelle flexueux, long de 2 centimètres, à capsule plus longue que dans le type, plus étroite, presque dressée à l'état humide. D'autre part, les pierres inondées, dans cette partie où le courant est très rapide, portent en abondance *Eurhynchium rusciforme*, avec quelque peu de *Didymodon spadiceus*, *Eucladium verticillatum* et enfin un *Fissidens* qu'à la suite d'une étude approfondie, je ne puis rapporter qu'à *F. crassipes*, bien qu'il diffère quelque peu des descriptions de cette dernière espèce, par les dimensions plus fortes de toutes ses parties, par les marges de ses feuilles plus développées et souvent formées, dans la partie moyenne des ailes, de cinq à six couches de cellules. De plus, un échantillon, pourvu de quelques capsules, recueilli au mois d'octobre 1903, m'a permis de voir que le péristome était nettement rouge et non orangé, que la capsule est souvent oblique sur son pédicelle et même parfois horizontale, et qu'elle n'est pas rétrécie sous l'orifice, lorsqu'elle est vide et sèche. Mais ces différences, assez légères, s'atténuent lorsqu'on examine les plantes distribuées dans les herbiers sous le nom de *F. crassipes*, et l'on se rend compte que les descriptions de cette espèce sont souvent insuffisantes et ne tiennent pas assez compte des variations qu'elle peut présenter, en raison de son habitat aquatique, selon les conditions de son existence.

C'est d'ailleurs une plante difficile à étudier avec soin, à cause du calcaire en fines granulations qui couvre ses feuilles d'ordinaire, et à cause de sa stérilité fréquente. Les échantillons stériles prennent, dans les endroits les plus favorables, c'est-à-dire là où les eaux sont les plus pures et les plus rapides, l'aspect et la vigueur du *F. Mildeanus*, mais tous les rameaux sexués que j'ai pu observer portaient soit des archégonies, soit des anthéridies à leur extrémité, sans aucun mélange comme dans le *F. mildeanus*, qui est une espèce polygame.

Fissidens crassipes est une plante qui a été signalée principalement dans le Midi et l'ouest de la France, rarement ailleurs.

F. — J'ai délaissé les pentes boisées situées de part et d'autre du vallon, je ne m'occuperai pas davantage des cultures qui occupent ces pentes au voisinage de Champigneulle. Par contre, vers le milieu du vallon, une partie de ces pentes a été l'objet d'un reboisement récent, et il est intéressant, par conséquent, d'en fixer l'état actuel de la florule bryologique. Dans ce chapitre, je m'occuperai d'abord du versant sud, le plus frais et le plus ombragé, par conséquent.

Le sol en est constitué par de l'éboulis calcaire finement concassé, cachant le substratum profond, formé de lias argileux. Après avoir été, vraisemblablement, cultivé, puis laissé à l'état de friche, des plantations de Conifères, Pin d'Autriche et Épicéa, principalement, y ont été effectuées et ont actuellement de deux à cinq années environ. Elles s'étendent sur 700 à 800 mètres, en aval de l'étang Hinzelin. La végétation phanérogame offre, notamment à l'automne : Serpolet, Trèfle des prés, Carotte, *Scabiosa columbaria* L., *Euphrasia officinalis* L., *Asperula cynanchica* L., plusieurs Millepertuis, *Poterium Sanguisorba* L., *Carlina vulgaris* L., *Inula conyza* D. C., *Campanula glomerata* L., *Gentiana germanica* Wild., *Gentiana ciliata* L., etc., le tout indiquant un abandon des cultures déjà ancien.

La Mousse prédominante est *Hypnum purum*, très abondante et vigoureuse, viennent ensuite : *Cylindrothecium concinnum*, *Thuidium Philiberti*, *Hypnum chrysophyllum*. Il est parfois assez difficile de distinguer de cette dernière l'*Hypnum stellatum*, var. *protensum*, qui est moins commune : celle-ci a des touffes moins compactes, moins étendues et plus robustes, un aspect plus pâle et plus hérissé ; mais tout cela est délicat à saisir sur le terrain, surtout par la sécheresse. J'ajouterai également, comme plante commune, *Barbula fallax*, dont les gazonnements étendus et stériles peuvent facilement aussi être confondus avec *Hypnum chrysophyllum*. *Hypnum cupressiforme*, var. *elatum* forme çà et là quelques larges touffes, ainsi qu'*Hylocomium splendens* et *Hyl. triquetrum*, mais ces plantes ne deviennent vraiment abondantes qu'au voisinage de la vieille forêt. *Camptothecium lutescens* et *Thuidium abietinum* sont encore assez fréquents, tandis, qu'*Hypnum cuspidatum* et *Eurhynchium praelongum* sont plus rares, et *Ceratodon purpureus* davantage encore. J'ai recueilli une très petite quantité d'*Hymenostomum squarrosum*, fertile en automne.

Les pierres isolées portent *Grimmia apocarpa* et *G. pulvinata*. Tout à fait près du bois, à l'issue d'un sentier, j'ai observé *Webera albicans*, *Aneura pinguis*, *Lophozia Muelleri*, mais ces plantes ne descendent pas plus bas et ne peuvent guère compter que dans la flore de la forêt elle-même.

Une friche, non encore boisée, à l'extrémité de cette station, m'a montré les mêmes espèces, avec, surtout vers le haut, près du bois, *Leptotrichum flexicaule* et *Hypnum molluscum*, avec quelques touffes d'une forme orthophylle de *Dicranum scoparium*, analogue à celle du plateau de Malzéville. En descendant vers des friches plus récentes, toute cette végétation luxuriante disparaît et il ne reste guère que *Eurhynchium prælongum*, espèce habituelle des champs récemment abandonnés.

*
**

G. — L'autre versant, ne différant du précédent que par l'exposition, présente également plusieurs emplacements récemment plantés de Conifères. L'un d'eux se trouve au débouché du Noir-Val, près du vieil étang; il est exposé à l'est, mais protégé cependant des vents froids, car il occupe un vallon latéral. J'y ai noté comme tout à fait abondants : *Eurhynchium prælongum* en bas, *Thuidium Philiberti* en haut, avec *Cylindrothecium concinnum*, puis, à divers degrés de fréquence : *Hylocomium triquetrum*, *Hyl. splendens*, en haut, *Hypnum purum*, *H. cuspidatum*, *H. cupressiforme*, *H. chrysophyllum*, *Camptothecium lutescens*.

Au-dessus de l'étang des Cartonneries existe une autre plantation de jeunes pins n'ayant que quelques années et bien orientée vers le sud. Le *Polygala calcarea* y forme de véritables pelouses. Les Mousses y sont : *Eurhynchium prælongum*, prédominante et très commune, puis *Hypnum chrysophyllum*, *Camptothecium lutescens* et, plus rarement, *Hypnum purum*, *H. rugosum*, *H. cuspidatum*.

Quelle faille doit exister d'ailleurs, qui partage notre station en deux parties, et le long de laquelle une série de sources ou de suintements apparaissent du haut en bas; on y observe des *Chara* qui indiquent la permanence de l'eau. La partie inférieure de cette parcelle, située en aval de la précédente, a été plantée de

peupliers. De hautes herbes et d'abondantes Prêles des champs croissent en ce point. Les Mousses y sont plus vigoureuses. Ce sont, par ordre d'importance décroissante : *Eurhynchium prælongum*, *Hypnum chrysophyllum*, *Thuidium Philiberti*, *Th. histicosum*, *Hypnum purum*, *H. cuspidatum*, *Camptothecium lutescens*, *Brachythecium rutabulum*. J'y ai recueilli une faible quantité de *Didymodon luridus*.

4° Tableau d'ensemble de la bryologie du vallon

J'ai signalé, dans le vallon délimité comme on l'a vu plus haut, un total de 112 espèces de Muscinées, dont 12 Hépatiques seulement. C'est le chiffre le plus élevé de toutes les descriptions faites antérieurement dans ce travail, ce qui tient à une hétérogénéité fondamentale de la station.

Aussi, arrivé au moment de résumer la description précédente, soit comme il a été fait pour celle de Liverduu, soit par l'emploi d'un simple tableau comme pour le plateau de Malzéville, je me vois assez embarrassé, ni l'un ni l'autre de ces procédés ne me paraissant convenir cette fois.

Chacun des segments de vallon envisagés successivement nous a offert de nombreuses sous-stations présentant chacune son groupement caractéristique d'espèces; mais la subordination étroite de ces sous-stations, les passages très progressifs de l'une à l'autre, empêchent de les envisager séparément, et résumer les caractères écologiques et bryologiques de chacun serait répéter à peu près entièrement ce qui en a été dit.

D'autre part, donner un tableau des espèces de chaque subdivision avec leur degré de fréquence serait mettre en vedette une collection d'erreurs, puisque beaucoup d'espèces sont très localisées dans chaque segment et cependant très abondantes par places.

Ces remarques ne s'appliquent d'ailleurs qu'au fond de vallon lui-même, et non aux versants étudiés sous les lettres F et G, très homogènes, comparables entre eux, mais placés ici seulement pour fixer l'état actuel de leur florule en voie de transformation par le reboisement; on peut donc, pour ces deux subdivisions, mettre en regard leurs espèces, avec leur degré de fréquence. Je rappelle simplement que F est une pente pierreuse

exposée au nord, et G exposée au sud ou sud-est. Quant aux autres subdivisions, leurs principales variations peuvent se résumer ainsi :

A. — Fond de vallon étroit, boisé, obscur, recevant des sources du plateau calcaire voisin; sources formant un ruisseau de plus en plus important; substratum argilo-calcaire avec pierres éparses; adjonction d'un talus plus ou moins pierreux.

B. — Subdivision se rattachant étroitement à la précédente, boisée, parcourue par le ruisseau qui devient de plus en plus important. Dans le tableau ci-contre, cette subdivision sera comprise dans la même colonne que la précédente, colonne dans laquelle le signe + désignera les espèces de la subdivision, le signe *ar*, celles des arbres, le signe *aq*, celles du ruisseau.

C. — Fond de vallon non boisé, barré en aval, à histoire complexe, à variation progressive du substratum qui est une terre peu humique en amont, très tourbeuse en aval; à variation progressive du degré d'humidité, assez sec en amont, très humide et souvent inondé en aval; présence d'une bande ombragée le long du bois.

D. — Répétition des caractères de la subdivision précédente, mais avec étang actuel et récent en aval. Les espèces de ces deux subdivisions seront désignées par le signe +, le signe *am* sera ajouté pour celles qui n'existent avec quelque fréquence qu'en amont, le signe *av* pour celles qui ne se trouvent qu'en aval.

E. — Carrière autour d'un étang et ruisseau en provenant, les espèces des arbres et du ruisseau seront désignées comme pour A et B.

Le signe † placé avant le nom d'espèce indique celles qui existent au talus de La Flie précédemment étudié, ceci en vue d'une comparaison qui sera établie un peu plus loin.

Le signe * désigne les espèces non encore signalées dans les stations décrites antérieurement. Elles sont au nombre de 35, pour la plupart arboricoles ou aquicoles.

MOUSSES

	AB	C	D	E	F	G
† <i>Amblystegium confervoides</i> Br. E.	+					
† — <i>flicium</i> de Not.	+	+ av	+ av	+		
* — <i>rigescens</i> Limpr.	+			+ ar		
† — <i>serpens</i> Br. E.	+ ar			+ ar		
* — <i>Vallis-Clausæ</i> Hus.	+ aq	+ av		+		
* <i>Anomodon attenuatus</i> Hartm.	+					
* — <i>longifolius</i> Hartm.	+ ar					
† — <i>viticulosus</i> H. T.	+					
† <i>Barbula fallax</i> Hedw.					G	
* — <i>lævipila</i> Brid.				+ ar		
— <i>muralis</i> Hedw.			+			
† — <i>tortuosa</i> W. M.	+					
† — <i>unguiculata</i> Hedw.			+ am			
* <i>Brachythecium Mildeanum</i> Schp.		+	+			
* — <i>populeum</i> Br. E.	+					
† — <i>rivulare</i> Br. E.	+ aq			+		
† — <i>rotabulum</i> Br. E.	+	+	+	+		AC
* — <i>salebrosum</i> Br. E.	+ ar			+ ar		
† <i>Bryum argenteum</i> L.			+ am			
† — <i>cæspitium</i> L.			+ am			
† — <i>capillare</i> L.	+			+ ar		
† — <i>erythrocarpum</i> Schw.			+ am			
† — <i>pseudotriquetrum</i> Hedw.		+ av		+		
† <i>Camptothecium lutescens</i> Br. E.	+	+	+		AC	G
— <i>Ceratodon purpureus</i> Brid.			+ am		R	
* <i>Climacium dendroides</i> W. M.		+ av	+ av	+		
— <i>Cylindrothecium concinnum</i> Schp.			+ am		G	G
* — <i>repens</i> de Not.	+ ar					
* <i>Dicranella Schreberi</i> Schp.			+			
† — <i>varia</i> Schp.			+			
— <i>Dicranum scoparium</i> Hedw.					PC	
— <i>Didymodon luridus</i> Hornsch.			+			R
† — <i>spadiceus</i> Lindb.				+ aq		
* <i>Eurhynchium depressum</i> Mdc.	+					
† — <i>murale</i> Milde.	+			+ aq		
† — <i>piliferum</i> Br. E.	+	+	+	+		
† — <i>prælongum</i> Br. E.	+	+	+	+	PC	CC
† — <i>ruscifforme</i> Milde.	+ aq			+ aq		
* — <i>speciosum</i> Schp.				+		

	AB	C	D	E	F	G
† <i>Eurhynchium striatum</i> Br. E	†			†		
* — <i>Swartzii</i> Turn.	†					
† <i>Eucladium verticillatum</i> Br. E.			† aq	† aq		
* <i>Pissidens adianthoides</i> Hedw		† av				
* — <i>crassipes</i> Wils				† aq		
† — <i>taxifolius</i> Hedw.			† am			
* <i>Fontinalis antipyretica</i> L.	† aq		† aq			
† <i>Grimmia apocarpa</i> Hedw.	†		†		PC	
* — <i>orbicularis</i> Br. E			†			
— <i>pulvinata</i> Sm			†		PC	
† <i>Homalia trichomanoides</i> Brid.	† ar					
† <i>Homalothecium sericeum</i> Br. E.	†			† ar		
† <i>Hylocomium brevirostre</i> Br. E.	†					
† — <i>splendens</i> Br. E.					C	C
* — <i>squarrosum</i> Br. E.		† av	† av			
† — <i>triquetrum</i> Br. E.	†	†	†	†	C	C
<i>Hymenostomum squarrosum</i> N. H.					RR	
* <i>Hypnum aduncum</i> Hedw				†		
† — <i>chrysophyllum</i> Brid.					C	C
† — <i>commutatum</i> Hedw		† av				
† — <i>capressiforme</i> L.	† ar			† ar	C	AC
† — <i>cuspidatum</i> L.	†	†	†	†	PC	AC
† — <i>molluscum</i> Huds.	†	†				AC
† — <i>palustre</i> L.	† aq					
† — <i>purum</i> L.	†	†	†		CC	AC
— <i>rugosum</i> Ehr						PC
* — <i>resupinatum</i> Wils.				† ar		
† — <i>Sommerfeltii</i> Myr	†	†				
* — <i>stellatum</i> Schp.	†	†	†		AC	
† <i>Isothecium myurum</i> Brid.	† ar					
† <i>Leptotrichum flexicaule</i> Hpe.					AC	
† <i>Leucodon sciuroides</i> Schw	† ar			† ar		
<i>Mnium cuspidatum</i> Hedw.				†		
† — <i>punctatum</i> Hedw.			†			
† — <i>rostratum</i> Schw.	†			†		
* — <i>Seligeri</i> Jur.		† av	† av	†		
† — <i>undulatum</i> Hedw.	†	†	†	†		
† <i>Neckera complanata</i> Hüb.	†	†	†	†		
† <i>Orthotrichum affine</i> Schrad.				† ar		
* — <i>diaphanum</i> Schrad				† ar		
† — <i>tejocarpum</i> Br. E.				† ar		
* — <i>Lyellii</i> H. T.				† ar		

	AB	C	D	E	F	G
† <i>Orthotrichum speciosum</i> Nees.	+ ar			+ ar		
<i>Phascum cuspidatum</i> Schreb			+ am			
* <i>Pottia minutula</i> Br. E			+ am			
* <i>Pylaisia polyantha</i> Br. E.				+ ar		
† <i>Seligeria pusilla</i> Br. E.	+					
† <i>Thamnum alopecurum</i> Br. E.	+	+				
<i>Thuidium abietinum</i> Br. E.			+ am		AC	
— <i>histicosum</i> Mitt						AC
— <i>Philiberti</i> Limpr.		+	+		C	C
† — <i>recognitum</i> Lindb.	+					
<i>Trichostomum rigidulum</i> Sm			+			
* — <i>tophaceum</i> Brid.			+ aq	+ aq		
† <i>Ulota Bruchii</i> Brid.	+ ar					
* — <i>crispa</i> Brid	+ ar					
* — <i>crispula</i> Brid.				+ ar		
— <i>intermedia</i> Sch.	+ ar					
* — <i>Ludwigii</i> Brid	+ ar					
† <i>Webera albicans</i> Schpr.			+			
* — <i>carnea</i> Schp.			+			

HÉPATIQUES

	AB	C	D	E	F	G
† <i>Aneura pinguis</i> Dum.		+ aq	+ aq		RR	
* <i>Aplozia riparia</i> Dum.	+ aq	+ aq				
* <i>Chylosecyphus polyanthus</i> Cord		+ aq				
† <i>Frullania dilatata</i> Dum.	+ ar			+ ar		
* <i>Lejeunea serpyllifolia</i> Lib.	+ ar					
† <i>Lophocolea bidentata</i> Nees	+ ar					
† <i>Lophozia Muelleri</i> Dum					RR	
† <i>Metzgeria farcata</i> Dum.	+ ar					
† <i>Plagiochila asplenioides</i> Dum.	+					
† <i>Radula complanata</i> Dum.	+ ar			+ ar		
* <i>Riccia crystallina</i> L			+			
— <i>glauca</i> L.			+			

5° Remarques phytogéographiques

I. — Ainsi que je l'ai fait remarquer à l'avance, le tableau précédent ne donne pas de vrais groupements d'espèces, cha-

cune de ses colonnes contenant plusieurs groupements distincts. Il a cependant au moins un avantage : celui de montrer l'absence de plantes qu'on aurait pu s'attendre, *a priori*, d'après les livres, à rencontrer en abondance, telles que *Thuidium tamariscinum*, par exemple, et la grande rareté d'autres, très vulgaires, telles que *Hypnum cupressiforme*, *Isothecium myurum*, *Dicranum scoparium*, etc., ce qui confirme les remarques faites à propos du plateau de Malzéville, sur les espèces dites ubiquistes, et la nécessité de préciser, pour toutes les plantes sans exception, les conditions indispensables à leur existence et à leur propagation.

II. — A ce propos, j'ai fait remarquer, en étudiant la subdivision C, l'influence prohibitive remarquable des eaux limoneuses qui coulent ou stationnent dans la plus grande partie du vallon et en appauvrissent la flore. C'est assurément à cette cause que l'on doit l'absence de plantes telles que *Thuidium tamariscinum* et la rareté d'espèces ordinairement communes. Certaines, telles que *Brachythecium rutabulum*, *Camptothecium lutescens*, se retrouvent cependant assez abondamment, car elles ont le pouvoir de végéter à la base des arbres où elles se réfugient et d'où elles descendent sur le sol dès qu'un petit espace leur devient favorable.

III. — Les espèces qui résistent le plus à ces eaux limoneuses sont, avant tout, *Eurhynchium praelongum*, plante habituelle aux champs argileux et qui ne recherche pas ici, par conséquent, une humidité spécialement permanente; nous la voyons jusqu'à la limite habitable par les Mousses, où elle persiste seule. Viennent ensuite : *Mnium undulatum*, *Hypnum cuspidatum*, *H. purum*, *Eurhynchium piliferum*, *Hylocomium triquetrum*; puis, dans les lieux non boisés, et paraissant par suite exiger plus de lumière : *Thuidium Philiberti*, *Hylocomium squarrosum*, *Climacium dendroides*. Je ne parle pas des espèces habituellement submergées.

IV. — Cette influence éliminatrice des eaux limoneuses résulte également d'une comparaison des florules du vallon de Champigneulles et du talus de La Flie précédemment décrit. Grâce au signe † qui désigne, dans le tableau ci-dessus, les espèces de La Flie, la comparaison est facile. On voit ainsi que 60 espèces seulement de Liverdun, sur 89, se retrouvent ici; un tiers environ

manque donc, alors qu'il semblait, *a priori*, que l'étendue vingt fois plus considérable de l'espace étudié, la variété plus grande des stations, l'humidité et l'ombre aussi accentuées par place, eussent dû nous faire retrouver presque toutes ces plantes.

V. — Il est peu probable, toutefois, que l'absence presque complète des grandes Mousses subaquatiques de la section *Harpidium*, dont on a fait récemment le genre *Drepanocladus*, soit due à la même cause. A part une très petite quantité d'*Hypnum aduncum* autour de l'étang des Cartonneries, nous n'avons, en effet, pas rencontré ces plantes dans les marécages et les queues d'étang où elles abondent à l'ordinaire. Mais, par contre, elles forment des tapis étendus et vigoureux autour de la plupart des étangs de la Voèvre, situés sur les argiles oxfordiennes. Il est possible que la dose trop considérable de calcaire contenu dans l'eau intervienne surtout ici.

VI. — Je rappellerai ici que nous trouvons dans ce vallon de Champigneulle les conditions favorables à la fertilité de plusieurs espèces stériles le plus souvent : *Mnium undulatum*, *Eurhynchium prælongum*, *Leucodon sciuroides*, *Neckera complanata*, principalement.

VII. — Mais j'insisterai surtout sur la présence de tout un groupe d'espèces très rares pour la région : *Cylindrothecium repens* sur lequel je ne m'arrête pas, car il est d'ordinaire tout à fait sporadique, malgré les nombreux ramuscules de propagation qu'il porte souvent en abondance; puis *Anomodon longifolius* et *Lejeunea serpyllifolia* qui, bien que vigoureuses, restent très localisées au pied de quelques arbres, ce qui n'est guère explicable par des difficultés de propagation, puisqu'elles sont répandues en d'autres régions. Leur exemple témoigne de la *délimitation étroite des stations qui conviennent à certaines espèces exigeant un ensemble plus grand que pour d'autres de conditions positives ou négatives*.

Il est curieux, d'autre part, de noter la réunion ici de quatre espèces plus habituelles aux régions méridionales et littorales : *Eurhynchium speciosum*, *Hypnum resupinatum*, *Fissidens crassipes*, *Trichostomum tophaceum*. Ceci ne semble correspondre à aucune condition climaterique favorable du vallon; il est possible qu'il s'agisse tout simplement de quelques-unes de ces espèces

dont j'ai parlé antérieurement, qui, réputées très rares, surgissent en foule sous les pas des botanistes qui ont su les observer. (Voir 2^e partie, pp. 214 et 216).

VIII. — Je veux enfin profiter de cette occasion pour faire remarquer les services mutuels que peuvent se rendre la phytogéographie d'un coin de terrain et son historique. Combien il est regrettable que nous ne puissions disposer d'une description analogue à celle-ci, faite il y a soixante-dix ans, à l'époque où GODRON herborisait aux Fonds de Toul ! Que de remarques intéressantes il serait possible de faire au lieu de quelques considérations qui demeurent bien hypothétiques, en raison des maigres documents dont je dispose.

L'*Aulacomnium palustre* est une plante « des tourbières, prairies et bois marécageux des terrains siliceux (1) », qui existait aux Fonds de Toul vers 1840 et en a disparu. C'est donc que le caractère de tourbière y était plus accentué que de nos jours et que les eaux y étaient plus pures. Inutile de chercher à deviner, d'après ce fait unique, ce qui s'est passé depuis, mais il est vraisemblable que, s'il était possible de retrouver dans le sol tourbeux les débris des Mousses qui l'ont constitué, on verrait d'autres espèces disparues, et notamment des *Harpidia*, comme il en existe tant dans les grands marais de Saône, près de Besançon, où précisément l'*Aulacomnium* est assez répandu. Le vallon de Champigneulle, notamment en amont du vieil étang, a passé, sans aucun doute, par les premières phases de formation d'une tourbière en pays calcaire, tourbières qui s'enrichissent de plus en plus en plantes calcifuges, à mesure que leur croissance leur permet de purifier davantage les eaux. Les nombreuses vicissitudes de l'histoire du vallon n'ont pas permis cette libre croissance et l'installation d'une florule à caractères simples et bien définis. Parmi les Phanérogames, le *Molinia cærulea* peut être envisagé comme un reste de cette flore de tourbière.

VI. LE MARAIS DE PIXERÉCOURT ET LE VALLON DU RUISSEAU DE CHAVENOY

Les Nancéiens qui, par le plus grand des hasards, jetteraient les yeux sur ces lignes, seraient sans doute bien surpris d'ap-

(1) HUSNOT, *Muscologia gallica*, p. 260.

prendre qu'il existe un marais près de la ferme de Pixérécourt, près de laquelle leurs promenades du dimanche les font si souvent passer. A peine grand, en effet, comme un jardinet de villa suburbaine, ce nom de marais ne lui convient qu'à défaut d'un diminutif absent de la langue. C'est tout simplement la partie la plus basse de ce « ravin de Pixérécourt » dont il fut question à propos du « plateau de Malzéville », dont les sources, signalées à ce chapitre, ne peuvent écouler leurs eaux suffisamment vite. La route de Malzéville à Lay-Saint-Christophe, traversant le bas du ravin sur un remblai, est sans doute l'obstacle principal qui empêcha l'assainissement complet de ce coin de terre traversé par un réseau de ruisselets, qui doivent franchir l'obstacle sous un unique aqueduc. La description détaillée du plateau de Malzéville me dispense d'en dire davantage et je me contenterai de rappeler que toutes les eaux de ce petit marais ont traversé un massif de calcaire jurassique. La brève description de florule placée ici est donc destinée à indiquer une petite station très accessible, comparable à certains points du vallon de Champigneulles.

On observe là un groupement remarquablement vigoureux de *Hypnum cuspidatum*, qui fructifie très bien, *H. commutatum*, *Amblystegium flicinum*, *Mnium Seligeri*, *Bryum pseudotriquetrum*, avec une quantité un peu moindre, bien que communs également, de *Brachythecium rutabulum* et *Eurhynchium piliferum*, avec sa même forme jaune observée dans les marais de Champigneulles. Une nouveauté ici est la présence de *Philonotis calcarea*, exclusivement dans les filets d'eau eux-mêmes, en touffes profondes et vigoureuses. On ne trouve là que la plante ♀ ; il y a cinq ou six ans, j'y ai transporté la plante ♂, intentionnellement recueillie dans ce but à Liverdun (Voir la station de La Flie) ; mais mes tentatives de rapprochement de cette famille mal unie n'ont rencontré aucun succès ! Est-ce la faute du climat, l'espèce fructifiant surtout en montagne ? Est-ce sa vigueur trop grande qui stérilise la plante, comme cela arrive si souvent ? Avons-nous affaire à une race se propageant facilement par des moyens végétatifs, mais inapte à se reproduire ? Autant de questions entre lesquelles il serait intéressant de pouvoir choisir !

Sur la terre humide, rarement visible parmi les herbes, j'ai observé *Pottia minutula*, var. *rufescens* et *Riccia glauca*.

Les pierres humides d'un des ruisselets qui se déversent dans le marais m'ont offert *Amblystegium varium*; mais le plus intéressant est certainement celui qui longe tout le ravin et dont le lit, non loin des sources, renferme un merveilleux tapis de *Philonotis calcarea*, toujours ♀.

En aval de la route, au contraire, ces plantes disparaissent; de très beaux Batrachospermes vivent sur les pierres inondées dans un courant très rapide, et, sur les bords, croissent fréquemment *Aneura pinguis* et *Pellia Fabroniana*.

J'ai observé *Leskea polycarpa* assez fréquemment à la base des saules du marais, mais très rarement *Pylaisia polyantha*.

J'ai eu l'occasion de relever assez complètement la florule phanérogamique de la station. Les Carex dominent: *Carex glauca* Mur., *C. flava* L., *C. hirta* L., *C. paludosa* Good., *Scirpus palustris* L., *Scirpus compressus* Pers.; cette dernière plante, qui abonde dans les filets d'eau, est presque une rareté de la région. Je citerai encore, sans plus préciser: *Holcus lanatus* L., *Glyceria fluitans* R. Br., *Juncus glaucus* Ehr., *Mentha rotundifolia* L., *Scrofularia aquatica* L., *Rhinanthus*, *Lysimachia nummularia* L., *Helosciadium nodiflorum* Koch., *Potentilla Anserina* L., *Equisetum palustre* L.; il n'en faut pas plus, je crois, pour fixer l'aspect de la station.

*
**

L'autre station annoncée dans le titre de ce chapitre n'a pas plus d'importance et pas beaucoup plus d'étendue que la précédente. En lui consacrant quelques lignes, je n'ai d'autre intention que d'établir entre elles un bref parallèle.

Le ruisseau de Chavenoy, qui vient se jeter dans l'Amézule, affluent de droite de la Meurthe, près du village de Lay-Saint-Christophe, descend du bois de Faulx, installé sur le plateau calcaire dont celui de Malzéville n'est qu'un flot. C'est un ruisselet pittoresque, aux eaux rapides, dans lequel on peut recueillir *Eurhynchium rusциforme*, et, sur les rives, *Hypnum cuspidatum*, *Eurhynchium piliferum*, *Amblystegium filicinum*, *Aneura pinguis*, etc... Mais, sans nous attarder à relever une florule connue, gravissons rapidement la pente: un petit vallon latéral, venant de l'est, se présente à nous; nous le délaissons pour continuer à

suivre le vallon principal exactement orienté du sud au nord et bientôt nous atteignons, sur la rive gauche du ruisseau, un coin de prairie où, en été, les aigrettes de l'*Eriophorum latifolium* Hoppe attirent le regard. Serrée entre la forêt à l'est, et le ruisseau à l'ouest, cette prairie quelque peu marécageuse, mais pourtant régulièrement exploitée, correspond sans nul doute à un ancien fond d'étang, comme l'indiquent les restes d'une ancienne digue à peine visible actuellement. On en trouvera facilement l'emplacement, qui est situé au croisement du ruisseau et de la courbe de niveau de 260 mètres (carte au 1/50000^e). Cette situation élevée (le confluent, à 2^k 5 en aval, n'est qu'à 200 mètres) a certainement évité à cet étang des abords vaseux, mais je crois qu'il ne serait guère possible d'en reconstituer l'histoire.

Toutefois ce coin de prairie est resté quelque peu marécageux par suite d'un drainage insuffisant, la pente ayant été très diminuée. Un beau tapis d'*Hypnum cuspidatum* le recouvre, fertile à la fin du printemps, accompagné, chaque fois que l'humidité augmente quelque peu, d'une très grande quantité de *Bryum pseudotriquetrum*, *Hypnum stellatum*, *Fissidens adianthoides*, toutes fertiles en été, et de *Climacium dendroïdes* et *Mnium Seligeri*, stériles.

Ces trois dernières espèces (le *Mnium* mis à part), nous les avons trouvées sur le sol tourbeux du vieil étang de Champigneulle, mais non dans les marécages de Pixérécourt; elles représentent donc un groupement distinct de celui des quatre autres, ayant des exigences plus rigoureuses. Mais l'intérêt réside principalement, ici, dans la présence de *Camptothecium nitens* Schp., dont j'ai été très surpris de trouver deux beaux gazonnements, l'un tout près du barrage, l'autre plus en amont. C'est une espèce « des tourbières et prés tourbeux des zones moyenne et subalpine... AC. dans les Vosges, sur le granite et le grès vosgien, depuis 400 mètres, ... également C. sur les plateaux tourbeux du haut Jura (1) ». Dans la région vosgienne, je l'ai rencontrée de très nombreuses fois, mais toujours stérile, ce qui lui enlève un de ses moyens de dissémination à longue distance. Jusqu'ici, dans les nombreux marécages que j'ai explorés, je ne l'ai pas observée à moins de 100 kilomètres de Nancy. Je suis donc assez

(1) BOULAY, *Musciniées de la France*. Première partie : *Mousses*, p. 139.

disposé à admettre qu'il s'agit bien, dans ce cas, d'un résidu de flore antérieure ayant pu s'installer grâce à des conditions longuement favorables, et se maintenir ensuite grâce au substratum humique produit peu à peu dans un fond d'étang.

Je ne fais pas ici de relevé plus complet de la flore de cette station, trop analogue, en dehors des particularités mises en relief, à celles qui ont été décrites précédemment.

APPENDICE

2^o Liste d'espèces nouvelles pour la région

A la fin de la première partie de cette publication, j'ai placé une liste de plus de 130 espèces nouvelles pour la région que j'étudie. Mes recherches ultérieures permettent d'ajouter une nouvelle liste contenant encore plus de 80 noms nouveaux. L'ensemble donnera, en attendant l'achèvement du travail, une première idée de la flore du coin de terrain exploré.

MOUSSES

<i>Amphoridium Mougeoti</i> Schp.	<i>Leptobarbula berica</i> Schp.
<i>Barbula commutata</i> Jur.	<i>Mnium Seligeri</i> Jur.
<i>Barbula pulvinata</i> Jur.	<i>Oncophorus Bruntoni</i> Lindb.
<i>Barbula reflexa</i> (Brid.) Limpr.	<i>Phascum mitriforme</i> (Limpr.) Wtt.
<i>Barbula sinuosa</i> (Wils.) Braith.	<i>Plagiothecium elegans</i> Schp.
<i>Bartramia pomiformis</i> Hedw.	<i>Plagiothecium undulatum</i> Br. E.
<i>Brachythecium plumosum</i> Br. E.	<i>Polytrichum commune</i> L.
<i>Bryum cuspidatum</i> Schp.	<i>Polytrichum strictum</i> Banks.
<i>Bryum pallens</i> Sw.	<i>Pottia caespitosa</i> C. M.
<i>Buxbaumia aphylla</i> L.	<i>Pottia Heimii</i> Br. E.
<i>Campylopus flexuosus</i> Brid.	<i>Pterygophyllum lucens</i> Brid.
<i>Campylopus fragilis</i> Br. E.	<i>Rhabdoweisia fugax</i> Br. E.
<i>Campylopus subulatus</i> Schp.	<i>Rhacomitrium heterostichum</i> Brid.
<i>Distichium capillaceum</i> Br. E.	<i>Rhacomitrium lanuginosum</i> Brid.
<i>Didymodon tenuirostris</i> Wils.	<i>Rhacomitrium protensum</i> Braun.
<i>Dicranum longifolium</i> Ehr.	<i>Seligeria Doniana</i> C. M.
<i>Dicranum spuriium</i> Hedw.	<i>Tetradontium Brownianum</i> Schw.
<i>Fissidens crassipes</i> Wils.	<i>Thuidium delicatulum</i> Mitt.
<i>Grimmia ovata</i> W. et M.	<i>Thuidium hirticosum</i> Mitt.
<i>Heterocladium squarrosulum</i> Voit.	<i>Trichostomum tophaceum</i> Brid.
<i>Hycomium flagellare</i> Br. E.	<i>Ulota intermedia</i> Schp.
<i>Hypnum polygamum</i> (Br. E.) Wils.	<i>Webera carnea</i> Schp.
<i>Hypnum resupinatum</i> Wils.	<i>Webera cruda</i> Schp.

SPHAIGNES

<i>Sphagnum acutifolium</i> (Ehr.) R. et W.	<i>Sphagnum papillosum</i> Lindb.
<i>Sphagnum auriculatum</i> Schp.	<i>Sphagnum parvifolium</i> (Sendt.) Wtt.
<i>Sphagnum compactum</i> D. C.	<i>Sphagnum pulchrum</i> (Lindb.) Wtt.
<i>Sphagnum crassicaudum</i> Warn.	<i>Sphagnum pungens</i> Roth.
<i>Sphagnum fallax</i> V. Kling.	<i>Sphagnum quinquefarium</i> (Lindb.) Wtt.
<i>Sphagnum imbricatum</i> (Hsch.) Rus.	<i>Sphagnum subbicolor</i> Hampe.
<i>Sphagnum medium</i> Limpr.	<i>Sphagnum subnitens</i> R. et W.

HÉPATIQUES

<i>Aplozia amplexicaulis</i> Dum.	<i>Lejeunea serpyllifolia</i> Lib.
<i>Aplozia autumnalis</i> (D. C.) Heeg.	<i>Lophozia caesecta</i> (Schmit.) Dum.
<i>Ancura palmata</i> (Hedw.) Dum.	<i>Lophozia caesectiformis</i> (Breidl.) Boul.
<i>Anthoceros punctatus</i> L.	<i>Lophozia incisa</i> Dum.
<i>Blepharostoma trichophyllum</i> Dum.	<i>Lophozia ventricosa</i> Dum.
<i>Blepharozia ciliaris</i> Dum.	<i>Marsupella emarginata</i> Dum.
<i>Cephalozia lunulifolia</i> Dum.	<i>Marsupella Funckii</i> Dum.
<i>Cephalozia curvifolia</i> Dum.	<i>Mesophylla scalaris</i> Dum.
<i>Cephaloziella Starckii</i> (Nees) Schiff.	<i>Pleuroschisma trilobatum</i> Dum.
<i>Cephaloziella erosa</i> (Limpr.) Schiff.	<i>Riccia sorocarpa</i> Biseh.
<i>Cephaloziella stellulifera</i> (Tayl.) Schiff.	<i>Saccogyna graveolens</i> Lindb.
<i>Cephaloziella trivialis</i> Schiff.	<i>Scapania umbrosa</i> Dum.
<i>Cincinnulus argutus</i> Dum.	<i>Scapania undulata</i> Dum.

Maxéville-Nancy, le 1^{er} juillet 1910.

SUR

LA PRÉPARATION DU RADIUM

Par M. A. GUNTZ

Le radium n'a pu être isolé jusqu'ici. Mais de nombreux chercheurs se sont préoccupés de ce problème, et tout récemment le professeur Elster disait, dans une conférence (1), que c'était le devoir des physiciens et chimistes de l'Institut autrichien du radium de chercher à isoler ce métal en employant les méthodes que j'avais employées pour préparer le baryum.

Le radium appartenant manifestement à la classe des métaux alcalino-terreux, j'ai pensé que, d'après les propriétés de ces métaux en fonction de leur poids atomique, on pouvait, *a priori*, indiquer le mode de préparation du radium et quelques-unes de ses propriétés.

Pour cela, étudions comment, d'après mes recherches, varient avec le poids atomique les propriétés et le mode de préparation des métaux alcalino-terreux.

Première méthode de préparation en partant de l'amalgame. — Les amalgames se préparent en employant une solution de chlorure et une cathode de mercure d'autant plus facilement que leur poids atomique est plus grand; leur stabilité croît également dans le même sens.

CONCLUSION. — L'amalgame de radium doit se former facile-

(1) 81^e Réunion des naturalistes et médecins allemands (septembre 1909).

ment par l'électrolyse de son bromure; on ne doit pas espérer décomposer facilement l'amalgame de radium par la chaleur dans le vide.

Deuxième méthode. Action de l'hydrogène sur les amalgames.

— Les hydrures sont d'autant plus stables que le poids atomique du métal est plus élevé; ils sont tous dissociables par la chaleur et volatils dans le vide; leur volatilité est peu différente.

CONCLUSION. — L'hydruire de radium RaH^2 doit se former facilement par l'action de l'hydrogène sur son amalgame, et l'hydruire formé doit se dissocier dans le vide, le métal formé devant pouvoir se sublimer sur un corps froid.

Troisième méthode. — La préparation des métaux par électrolyse du chlorure fondu est d'autant plus difficile que le poids atomique est plus élevé. Ca et Sr s'obtiennent difficilement par électrolyse; le baryum n'a pu être préparé par cette méthode.

CONCLUSION. — On ne doit pas pouvoir obtenir le radium par électrolyse de son bromure fondu, à cause de la formation du sous-sel.

Quatrième méthode. — Les oxydes alcalino-terreux chauffés avec de l'aluminium dans le vide donnent d'autant plus difficilement le métal dans le vide que le poids atomique est plus élevé.

CONCLUSION. — Le radium pourrait, mais difficilement, s'obtenir en chauffant l'oxyde de radium avec l'aluminium.

Cinquième méthode. — Les amalgames des métaux alcalino-terreux donnent avec l'azote des azotures dont la stabilité croît avec le poids atomique; ces azotures sont dissociables dans le vide à haute température et peuvent donner le métal comme l'hydruire, mais beaucoup plus difficilement.

CONCLUSION. — L'amalgame de radium chauffé dans l'azote doit donner un azoture dissociable dans le vide qui peut, mais très difficilement, donner le métal.

En résumé, comme le bromure de radium est un corps très cher dont il faut éviter de perdre la plus petite parcelle, je crois que parmi toutes ces méthodes il faudrait, pour obtenir du radium, en employant les précautions indiquées dans mes mémoires

pour obtenir le baryum pur par la méthode de l'hydrure, préparer :

1° L'amalgame de radium par électrolyse de son bromure avec une cathode en mercure ;

2° Chauffer cet amalgame d'abord dans le vide pour le concentrer, puis dans l'hydrogène pour former l'hydrure ;

3° Dissocier l'hydrure dans le vide, puis condenser le métal sur un corps froid, s'il est suffisamment volatil.

Cette méthode aurait le grand avantage de ne pas perdre trace de radium, sauf dans la volatilisation du métal. Quant aux propriétés du radium, elles doivent être semblables à celles du baryum, métal blanc d'argent donnant facilement un amalgame, un hydrure, un azoture, un ammonium. Il doit décomposer facilement l'eau.

SUR LA PRÉPARATION

DE

QUELQUES NITRATES ANHYDRES

Par MM. GUNTZ et MARTIN

Nous avons étudié la préparation des nitrates anhydres de Mn, Cu, Ni, Co, qu'on n'avait pu obtenir jusqu'ici. Nous avons réussi à déshydrater les nitrates cristallisés en les traitant par un excès d'acide azotique anhydre. Ces composés ont tous été analysés et nous avons déterminé leur chaleur d'hydratation. Chauffés, ils se décomposent facilement, mais beaucoup moins que leurs hydrates.

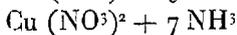
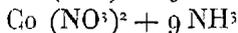
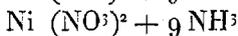
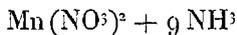
Nous avons essayé d'obtenir ces nitrates par double décomposition, en traitant le nitrate d'argent sec dissous dans divers composés par le métal dont on voulait obtenir le nitrate.

Nous avons essayé dans l'acétone et le benzonitrile la préparation des nitrates de cuivre et de manganèse, mais il se forme des complexes dont on ne peut enlever la matière organique.

Dans l'ammoniac liquide, ces doubles décompositions se passent de même, mais ici encore l'ammoniac entre en combinaison avec les nitrates.

Nous avons employé toujours un excès de métal précipitant; par évaporation à l'air libre, il est toujours resté un nitrate ammoniacal.

Nous avons obtenu ainsi :



Ces composés ont tous été analysés.

OUVRAGES

REÇUS PAR LA SOCIÉTÉ PENDANT L'ANNÉE 1910

N. B. — Il n'est pas envoyé d'accusés de réception; la liste des ouvrages reçus, rédigée avec soin, en tient lieu

I — Publications périodiques

- ACREALE. — Atti e rendiconti dell'Accademia di Scienze lettere ed arti degli Zelanti. Vol. V-VI.
- ALBUQUERQUE. — Bulletin of University of New Mexico, nos 53-55.
- AMIENS. — Bulletin de la Société linnéenne du nord de la France. T. XIX, 1908-1909.
- Bulletin de la Société industrielle. T. XLVII, 1909, nos 3-4; t. XLVIII, 1910, nos 1-2.
- ANGERS. — Bulletin de la Société d'études scientifiques. XXXVIII^e année, 1908.
- Bulletin de la Société industrielle et agricole d'Angers et du département de Maine-et-Loire. 1909, n^o 12; 1910, nos 1-10.
- ANN ARBOR. — Annual report of the University of Michigan. 1909.
- ARGENTON. — Société scientifique. Année 1909, n^o 2.
- AUTUN. — Bulletin de la Société des sciences naturelles. 1909, 22^e Bulletin.
- BALE. — Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft. B. XX, H. 2-3; B. XXI.
- BELFORT. — Société belfortaine d'émulation. 1910.
- BERGEN. — Bergens Museums Aarbog. 1909, 3; 1910, 1-2.
- Aarsboretning. 1909.
- An Account. Vol. V, 27-30.
- BERLIN. — Sitzungsberichte der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften. 1909, nos 40-53; 1910, nos 1-39.
- BERNE. — Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft. 1701-1739.
- Actes de la Société helvétique des sciences naturelles. 92^e session, à Lausanne.
- BESANÇON. — Mémoires de la Société d'émulation du Doubs. 8^e série, 3^e vol., 1908.
- BESSE. — Annales de la Station limnologique. T. I, fasc. 3-4; t. II, fasc. 1.
- BÉZIERS. — Bulletin de la Société d'études des sciences naturelles. 1909.
- BONN. — Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens. 1909, 2.
- Sitzungsberichte der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. 1909, 2.

- BORDEAUX. — Actes de la Société linnéenne de Bordeaux, t. LXIII, 1909.
 — Procès-verbaux de la Société des sciences physiques et naturelles, 1908-1909.
- BOSTON. — Proceedings of the American Academy of arts and sciences. T. XLV, nos 2-20.
- BOURG. — Annales de la Société d'émulation et d'agriculture. 1909, fasc. 4; 1910, fasc. 1, 2, 3.
 — Société des naturalistes de l'Ain. 1910, fasc. 1, 2.
- BRESLAU. — Schlesische Gesellschaft für vaterlandische Kultur. 1908. 86° J.
- BRÜNN. — Verhandlungen des naturforschenden Vereins. 1908. B. XLVII.
- BRUXELLES. — Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique :
 Bulletin (Cl. des sciences). 1909, nos 9-12; 1910, nos 1-6.
 Mémoires couronnés, in-8. T. II, fasc. 6.
 Annuaire. 1910.
 — Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique. 1909, fasc. 4; 1910, fasc. 1, 2, 3.
- BUCAREST. — Institut météorologique de Roumanie. Année XVII, 1908; année XVIII, 1909.
- BUENOS-AIRES. — Anales del Museo nacional. T. XI et XII.
 — Boletini mensual. 1909, fasc. 1-6 et 8-12.
- CAEN. — Mémoires de l'Académie nationale des sciences, arts et belles-lettres. 1909.
- CARCASSONNE. — Société d'études scientifiques de l'Aude. T. XXI, 1910.
- CARLSRUHE. — Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins. 1908-1909.
- CHALON-SUR-SAÔNE. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire. T. XV, fasc. 3; t. XVI, fasc. 1, 2, 4.
- CHICAGO. — Field Museum of natural history. Vol. IX; vol. X, fasc. 1, 2, 3.
 Report series. Vol. III, fasc. 4.
- CINCINNATI. — Bulletin of the Lloyd library of Botany, Pharmacy and Materia medica. 1910, n° 12.
 Mycological, notes 30-35 (Index, vol. II, 1905-1908).
 Mycological, series, n° 4.
- COIRE. — Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft. LII. B.
- COLUMBUS. — The Ohio Naturalist. Vol. X, 3-8; vol. XI, 1-2.
- COPENHAGUE. — Oversigt over det Kongelige danske videnskaberne Selskab. 1909, 6; 1910, 1-5.
 Mémoires. T. VIII, 4.
- CRACOVIE. — Bulletin international de l'Académie des sciences. 1909, 9-10.
 Mathématiques, A. 1910, 1-7.
 Mathématiques, B. Sciences naturelles. 1910, 1-6.
 Catalogue. Vol. VIII, 3-4.
- ÉPINAL. — Annales de la Société d'émulation des Vosges. 1910.
- FLORENCE. — « Redia » R. Stazione di entomologia agraria. Vol. VI, 2.
- FRANCFORT-SUR-MAIN. — Bericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft. 1910, 1, 2, 3, 4.

- FRAUENFELD.** — Mitteilungen der Turgauischen naturforschenden Gesellschaft. XIX. H.
- FRIBOURG (Suisse).** — Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles.
 - Mathématique et physique. Mémoires. Vol. I, 2.
 - Bactériologie. B. I. H. 1, 2, 3.
- FRIBOURG-EN-BRISGAU.** — Berichte der naturforschend. Gesellschaft. B. XVIII, 1.
- GÈNES.** — Atti della Società ligustica di scienze naturali geografiche. Vol. XX, 2, 3, 4; vol. XXI, 1.
- GENÈVE.** — Société de physique et d'histoire naturelle. Vol. XXXVI, 2, 3.
- GIESSEN.** — Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. B. III, 1908-1909 (Register, 1-34).
 - Medizinische Abt. B. V.
- GOTHEMBOURG (Suède).** — Kung. Vetenskaps- och Vetterhets-Samhälleshandlingar. XII, 1909.
- GRANVILLE (Ohio).** — Bulletin of the Denison scientific Association. Vol. XIV, 17-18; vol. XV, 1.
- GRATZ.** — Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark. 1909, 1, 2.
- GRAY.** — Bulletin de la Société grayloise d'émulation. T. XII, 1909.
- GUÉRET.** — Mémoires de la Société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse. T. XVII, fasc. 1.
- HALIFAX.** — Nova Scotian Institute of natural Science. Vol. XII, 1907-1908, p. 2.
- HALLE.** — Nova Acta Kaiserliche Leopoldino-Carolinæ Akademie der Naturforscher. Vol. XC, 3, 4; vol. XCI, 3; vol. XCIII, 1.
- HARLEM.** — Société hollandaise des sciences. T. XV, 1, 2, 3, 4.
- HELSINGFORS.** — Sällskapet pro Faunä et Florä feunicä :
 - Acta Societatis Scientiarum, T. XXXVII, 2, 3, 4, 9, 10, 11; t. XXXVIII, 1, 3; t. XXXIX; t. XL, 1, 2, 3, 4.
 - Vetenskaps Societetens af Finska. T. I, 1908-1909, a. b. c.; t. II, 1909-1910, a. b. c.
 - Bidrag till... LXVII, 1, 2, 3; LXVIII, 1, 2.
 - Observations de l'Institut météorologique d'Helsingfors. 1903.
 - Observations météorologiques de la Finlande. 1899-1900.
- INNSBRUCK.** — Zeitschrift des Ferdinandeum für Tyrol und Vorarlberg. H. 54, 1910.
- KANSAS.** — The University geological Survey. Vol. IX, 1908.
- KHARKOFF.** — Travaux de la Société des sciences physico-chimiques de l'Université. T. XXXVI, 1908; t. XXXVII, 1909.
- KIEFF.** — Mémoires de la Société des naturalistes. T. XX, 4; t. XXI, 1.
- LANGRES.** — Bulletin de la Société des sciences naturelles de la Haute-Marne. 1910. T. VII, fasc. 1, 2, 4, 5.
- LAUSANNE.** — Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles. Nos 168, 169, 170, 171.
- LAVAL.** — Mayenne-sciences (société scientifique). 1909.
- LEIPZIG.** — Mitteilungen des Vereins für Erdkunde. 1908-1909.
 - Verhandlungen der königlich-sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1909, 4, 5; 1910, 1.

- LIÈGE. — Annales de la Société géologique de Belgique. T. XXXIII; t. XXXIV; t. XXXV.
- Mémoires de la Société des sciences. 3^e série, t. VIII, 1909.
- LIVERPOOL. — Proceedings of the Liverpool biological Society. Vol. XXIV, 1909-1910.
- LONDRES. — Jon a journal of Electromies, atomistics, Jonology, Radioactivity and raumchemisty. 1908-1909, vol. 1, fasc. 1-6.
- LOUVAIN. — Annales de la Société scientifique de Bruxelles. 1908-1909, 3, 4; 1909-1910, 1, 2.
- Revue des questions scientifiques. T. XV, 2; t. XVI, 1; t. XVII, 1, 2.
- LUXEMBOURG. — Institut royal grand-ducal (section des sciences naturelles et mathématiques).
- Archives trimestrielles. T. II-III, 1907-1908; t. IV, 1909, fasc. 1, 2, 3, 4; t. V, 1910, fasc. 1.
- LYON. — Actes de la Société linnéenne. 1910, 57.
- Annales de la Société botanique. 1909, 1, 2, 3, 4.
- MAGON. — Bulletin trimestriel de la Société d'histoire naturelle. 3^e vol., nos 10-13.
- MADISON. — Transactions of the Wisconsin Academy of sciences, arts and letters. Vol. XVI, p. 1, nos 1-6.
- MANCHESTER. — Proceedings of the literary and philosophical Society. Vol. LIV, 1, 2, 3.
- MARSEILLE. — Bulletin de la Société scientifique. 1909, 37^e année.
- MÉRIDA. — « Boletim mensal » de la section météorologique. 1909, 11-12; 1910, 1-10.
- METZ. — Bulletin de la Société d'histoire naturelle, 25^e cahier.
- MEXICO. — Bulletin mensuel de l'observatoire météorologique central. 1905, 1-12; 1906, 1, 2, 3; 1909, 5-12.
- Observatoire astronomique. T. I, nos 17-25; t. II, 5-7.
- Institut géologique. N^o 25 et atlas. Perezones. T. III, 3, 4, 5.
- Boletim de la Sociedad geologica mexicana. T. I, II, III, IV, V, VI, 1, 2.
- Memorias de la Sociedade cientifica Antonio Alzate. T. XXV, 9-12; t. XXVII, 4-10.
- MILWAUKEE (Wisconsin). — Bulletin of the Wisconsin natural history Society. Vol. III, 1903, 1-2, 3-4; vol. IV, 1906, 1-2, 3-4; vol. VII, 3-4; vol. VIII, 1, 2, 3.
- Bulletin of the public Museum. Vol. I, art. 1.
- MONTAUBAN. — Recueil de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Tarn-et-Garonne. T. XXV, 1909.
- MONTBÉLIARD. — Mémoires de la Société d'émulation. XXXVII^e, XXXVIII^e et XXXIX^e volumes.
- MONTEVIDEO. — Musco nacional Flora Uruguay. T. IV, 2.
- MONTPELLIER. — Mémoires de l'Académie des sciences et belles-lettres (section des sciences), 2^e série, t. IV, 1-2.
- Bulletin mensuel. 1910, 1-7; 1911, 1.

- MOSCOU. — Bulletin de la Société impériale des naturalistes. 1908, 1, 2, 3, 4.
- MUNICH. — Abhandlungen der königlich-baierischen Akademie der Wissenschaften. B. XXV, 1, 2, 3.
Sitzungsberichte. 1908, 2; 1909, 15-19; 1910, 1-4; Abt. der II kl.; III, Suppl., B. I; Abt. der II kl.; I, suppl. B. VII.
Mitteilungen der baierisch-botanischen Gesellschaft. B. II, 14.
- NANCY. — Bulletin de la Société de géographie de l'Est. 1909, 4^e trimestre; 1910, 1^{er} et 2^e trimestres.
— Bulletin de la Société industrielle de l'Est. 1910, nos 75 à 85.
— Bulletin de la Société lorraine de photographie. 1910, 1-10.
- NANTES. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'ouest de la France. T. IX, 4^e trimestre; t. X, 1^{er}, 2^e et 3^e trimestres.
- NAPLES. — Atti della reale Accademia di scienze morali e politiche. Vol. XXXIX, 1910. C. R., 1909.
— Annali di Neurologia. Anno XXVII, 6; anno XXVIII, 1, 2, 3, 4.
- NEUCHÂTEL. — Bulletin de la Société des sciences naturelles. T. XXXVI, 1908-1909.
- NEW-YORK. — Annals of the Academy of sciences. Vol. XIX, 1, 2, 3.
New-York public Library. 1909.
- NIMES. — Bulletin de la Société d'études des sciences naturelles. 1908, vol. XXXVI; 1909, vol. XXXVII.
- NIORT. — Mémoires de la Société de vulgarisation des sciences naturelles des Deux-Sèvres. 1^{er} volume, 1909.
- OVERLIN. — The Oberlin college Library. Vol. XXI, 2, 3, 4; vol. XXII, 1-2.
- PAMPROUX. — Bulletin de la Société régionale de botanique. 1909-1910.
- PARIS. — Feuille des Jeunes Naturalistes. Nos 471 à 483.
— Compte rendu des séances du Congrès des Sociétés savantes (section des sciences), 1909.
— Rapport annuel du laboratoire d'essais du Conservatoire national des arts et métiers. 1909.
— Association française pour l'avancement des sciences, 39^e session. 1910, Toulouse.
Bulletin mensuel, nos 17-20.
- PERPIGNAN. — Mémoires de la Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales. 1910, 51^e volume.
- PHILADELPHIE. — Proceedings of the Academy of natural sciences. Vol. LXI, 2-3; vol. LXII, 1.
— Journal. Vol. XIV, p. 1.
- PISE. — Atti della Società toscana di scienze naturali. Vol. XXV.
— Processi-verbali. T. XVIII, n° 6; t. XIX, nos 1-4.
- PORTO. — Annaes scientificos da Academia Polytechnica. Vol. V, 1, 2, 3.
- PRAGUE. — Sitzungsberichte der königlich-böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1909.
Jahresbericht. 1909.
— Acta Societatis entomologicae Bohemiae. T. VI, 1909, 4; t. VII, 1910, 1, 2, 3.

- PRESBOURG. — Verhandlungen des Vereins für Natur- und Heilkunde. 1906, t. XXVII; 1907, t. XXVIII; 1908, t. XXIX.
- ROME. — Annali della R. stazione chimico-agrario sperimentale di Roma. Vol. III, 1909.
- Bulletin de statistique agricole de l'Institut international d'agriculture. T. 1^{er}, nos 1-8.
- Atti della Reale Accademia reale dei Lincei. 1910, 1^{er} et 2^e semestres. Séance solennelle, 1910.
- ROUEN. — Bulletin de la Société des Amis des sciences naturelles. 1908, 1, 2.
- SAINT-DIÉ. — Bulletin de la Société philomathique vosgienne. 1909-1910.
- SAINT-GALL. — Jahrbuch der S. Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft. 1908-1909.
- SAINT-LOUIS. — Missouri Botanical Garden. 1909.
- SAINT-PÉTERSBOURG. — Bulletin du Comité géologique. T. XXVIII, 1-8.
- Mémoires n° 30.
- Bibliothèque. Nos 51-52.
- Mémoires de l'Académie impériale des sciences. T. XVIII, 10-13, 14-16; t. XXIII, 7-8; t. XXIV, 1-9.
- Bulletin. 1910, 1-18.
- Institut impérial de médecine expérimentale. — Archives des sciences biologiques. T. XV, 1, 2, 3, 4, 5.
- SAN FRANCISCO. — Proceedings of the Academy of Sciences of California. Vol. III, pp. 57-72.
- SASSARI. — Studi Sassari. Anno VII, fasc. 3.
- SION (Suisse). — Bulletin de la Société Murithienne du Valais. Fasc. XXXV, 1906-1908.
- STOCKHOLM. — Kongliga Svenska Vetenskaps Akademia. B. XLV, 1-7.
- Prix Nobel. 1907.
- Arkiv för Botanik... B. IX, 2, 3, 4.
- Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi... B. III, 4-5.
- Arkiv för Matematik... B. VI, 1.
- Arkiv för Zoology... B. VI, 1, 2, 3, 4.
- Arsbok... 1910.
- TOLUCA. — Bulletin météorologique de l'État de Mexico. T. XI, n° 8.
- TOULOUSE. — Mémoires de l'Académie des Sciences, inscriptions et belles-lettres. 1^{re} série, t. IX.
- Bulletin de la Société d'histoire naturelle. 1909, n° 4; 1910, n° 2.
- Bulletin de la Station de pisciculture. Nouvelle série, nos 9 à 10.
- TOURS. — Annales de la Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres. 1909, LXXXIX.
- UPSAL. — Nova acta Regiæ Societatis scientiarum Upsalensis. Série IV, vol. II, nos 7, 8, 9.
- URBANA. — State laboratory of natural history. Vol. VIII, nos 2-5.
- VIENNE. — Dankschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. B. LXXX, 1907; t. LXXXIV, 1909.
- Almanach. 1909.

- VIENNE. — Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften: Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Paléontologie. B. CXVII, 8-10; B. CXVIII, 1-10; B. CIX, 1-6.
- Verhandlungen der K. K. zoologischen und botanischen Gesellschaft. B. LIV.
- Erdbeben Commission. XXXIV; XXXIX.
- Annalen des K. K. naturhistorischen Hofmuseums. B. XXIII, 3-4; B. XXIV, 1-2.
- VITRY-LE-FRANÇOIS. — Société des Sciences et Arts. 1907, t. XXVI.
- WASHINGTON. — Experiment Station Record (Secretary of Agriculture). Vol. XX, index; vol. XXI, 7-8, index; vol. XXII, 1-8, index; vol. XXIII, 1-6.
- Smithsonian Institution. 1908, 1; 1909, 1.
- Fourth annual report of the Bureau of Ethnology. Nos 38, 39, 41, 42, 48.
- WIESBADEN. — Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. J. 63.
- WINTERTHUR. — Mitteilungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft. II. VIII, 1909-1910.
- ZAGRA. — Societas historico naturalis Croatia. T. XXI, 1-2.
- ZURICH. — Festschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zurich. 1909, 3-4; 1910, 1-2.

II — Mémoires originaux

- CABREIRA (A.). — Les mathématiques en Portugal. — Deuxième défense des travaux. Lisbonne. 1910, 1 vol. in-8.
- COLELLA (Dr R.). — Annali della climea delle malattie mentali e nervose della R. Università di Palermo. Palermo. 1909, 1 vol. in-4.
- Congrès (quatrième) international d'aéronautique. Nancy, 18-23 septembre 1909. Procès-verbaux, rapports et mémoires. Paris, 1909, 1 vol. in-8.
- COPPEY. — Contribution à l'étude des Hépatiques de la Haute-Saône. Caen. 1909, 1 br. in-8.
- CUFINO (L.). — Puzillus cryptogamarum canadensium. Genova, 1904. 1 plaq. in-8.
- Note micologiche italiane. Genova, 1906, 1 plaq. in-8.
- Osservazioni ed azzunte alla Flora del Canada. Genova, 1905, 1 plaq. in-8.
- Un manipolo di licheni dei diutorni di Napoli. Genova, 1906, 1 plaq. in-8.
- FISCHER JAKAB (1856-1906). — A Pozsonyi orvos-Termezet tndomanyi Egyesület Története. Pozsonyi, 1907, 1 vol. in-4.
- GUMARÃES (R.). — Les mathématiques en Portugal. Coïmbre, 1909, 1 vol. in-8.
- JANET (Charles). — Sur l'Ontogénèse de l'insecte. Limoges, 1909, 1 vol. in-8.
- Sur la morphologie de l'insecte. Limoges, 1909, 1 vol. in-8.
- Sur la morphologie des membranes basales de l'insecte. Beauvais, 1909, 1 plaq. in-8.

- JANET. — Sur la parthénogénèse arrhénotoque de la fourmi ouvrière. Beauvais, 1909, 1 plaq. in-8.
- Sur la nématode qui se développe dans la tête de *formica fusca*. Beauvais, 1909, 1 plaq. in-8.
- Note sur la phylogénèse de l'insecte. Rennes, 1909, 1 plaq. in-8.
- JOLY (Henri). — Les fossiles du jurassique de la Belgique avec description stratigraphique de chaque étage. 1^{re} partie : Infra-Lias. Année 1907. Bruxelles, 1907, 1 vol. in-folio.
- LAFFITTE (Louis). — Le problème de la percée des Vosges. Nancy, 1910, 1 br. in-8.
- LASTEYRE (DE) et VIDIER. — Bibliographie annuelle des travaux historiques et archéologiques publiés par les Sociétés savantes de la France. 1904-1905; 1905-1906. Paris, 1907-1908, 2 volumes in-folio.
- Bibliographie des travaux historiques et archéologiques publiés par les Sociétés savantes de la France. T. V, 3^e livraison. Paris, 1908, 1 vol. in-folio.
- MEYER (Kirstine). — *Ole Romers adversariu*. Copenhague, 1910, 1 vol. grand in-8.
- NOËL (E). — Sur l'hydrogéologie tunisienne. Paris, 1909, 1 plaq. in-4.
- SAUSSURE (René de). — Exposé résumé de la géométrie des « Feuilletés ». Genève, 1910, 1 vol. in-folio.

SOCIÉTÉS CORRESPONDANTES

Sociétés françaises

- AMIENS. — Société linnéenne du nord de la France. (21, rue de Noyon.)
— Société industrielle.
- ANGERS. — Société d'études scientifiques.
— Société industrielle et agricole. (7, rue Saint-Blaise.)
- ARCACHON. — Société scientifique.
- AUTUN. — Société des sciences naturelles.
- BELFORT. — Société helfortaine d'émulation.
- BESANÇON. — Société d'émulation du Doubs. (Palais Granvelle.)
- BESSE. — Station limnologique.
- BÉZIERS. — Société d'études des sciences naturelles. (Au Muséum, place des Halles.)
- BORDEAUX. — Société linnéenne.
— Société des sciences physiques et naturelles. (20, cours Pasteur.)
- BOURG. — Société d'émulation et d'agriculture. (15, rue du Docteur-Ebrard.)
— Société des naturalistes de l'Ain.
- CÆN. — Académie nationale des sciences, arts et belles-lettres.
— Société linnéenne de Normandie.
- CARCASSONNE. — Société d'études scientifiques de l'Aude.
- CHALON-SUR-SAÔNE. — Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire.
- CHARLEVILLE. — Société d'histoire naturelle des Ardennes. (Au Vieux Moulin.)
- CHAUMONT. — Société des sciences naturelles de la Haute-Marne.
- CHERBOURG. — Société nationale des sciences naturelles.
- ÉPINAL. — Société d'émulation du département des Vosges.
- ÉVREUX. — Société libre d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres de l'Eure.
- GRAY. — Société grayloise d'émulation.
- GUÉRET. — Société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse.
- HAVRE (LE). — Société géologique de Normandie.
- LANGRES. — Société des sciences naturelles de la Haute-Marne.
- LAVAL. — Mayenne-Sciences.
- LEVALLOIS-PERRET. — Association des naturalistes. (37^{bis}, rue Lannois.)
- LYON. — Société linnéenne. (2, place Sathonay.)
— Société botanique. (8, cours Gambetta.)
- MACON. — Société d'histoire naturelle.

- MARSEILLE. — Société scientifique industrielle.
 — Annales de la Faculté des sciences.
- MONTAUBAN. — Académie des sciences, lettres et arts de Tarn-et-Garonne.
- MONTBÉLIARD. — Société d'émulation.
- MONTPELLIER. — Académie des sciences et lettres (Section des sciences).
- NANCY. — Académie de Stanislas.
 — Société de médecine.
 — Société de géographie de l'Est.
 — Commission météorologique du département de Meurthe-et-Moselle.
 — Société lorraine de photographie.
 — Société industrielle de l'Est.
- NANTES. — Société des sciences naturelles de l'ouest de la France. (Au Muséum d'histoire naturelle.)
- NIMES. — Société d'études des sciences naturelles.
- NIORT. — Société de vulgarisation des sciences naturelles des Deux-Sèvres.
- PAMPROUX (Deux-Sèvres). — Société régionale de botanique.
- PARIS. — Académie des sciences. (A l'Institut, 23, quai de Conti.)
 — Association française pour l'avancement des sciences. (28, r. Serpente.)
 — Laboratoire d'essais du Conservatoire des arts et métiers. (292, rue Saint-Martin.)
 — La Feuille des Jeunes Naturalistes. (35, rue Pierre-Charron.)
 — Muséum d'histoire naturelle. (Jardin des Plantes, rue Cuvier.)
 — Bibliothèque universitaire de la Sorbonne. (A la Sorbonne.)
- PERPIGNAN. — Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales.
- REIMS. — Société d'étude des sciences naturelles.
- ROUEN. — Société des Amis des sciences naturelles.
- SAINT-DIÉ. — Société philomathique vosgienne.
- TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres. (26, port Saint-Étienne.)
 — Université. (2, rue de l'Université.)
 — Société d'histoire naturelle. (17, rue de Rémusat.)
- TOURS. — Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département d'Indre-et-Loire. (4^{bis}, rue Origet.)
- VERDUN. — Société philomathique de Verdun.
- VERSAILLES. — Société des sciences naturelles et médicales de Seine-et-Oise.
- VITRY-LE-FRANÇOIS. — Société des sciences et arts.

Sociétés étrangères

- ACIREALE. — Accademia di scienze, lettere ed arti degli zelanti.
- ALBUQUERQUE. — University of New Mexico.
- AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie der Wetenschappen (Académie royale des sciences).
- ANN ARBOR. — University of Michigan.
- BALE. — Naturforschende Gesellschaft.
- BATAVIA. — Koninklijke natuurkundige vereeninging in Nederl.-Indië.

- BELLINZONA (Suisse). — Societa ticinese di scienze naturali.
- BERGEN. — Bergens museums Aarbog.
- BERLIN. — Kœnigl.-Preussische Akademie der Wissenschaften. (W., 35, Potsdamerstrasse, 120.)
- BERNE. — Naturforschende Gesellschaft. (Kesslergasse, 41.)
— Schweizerische naturforschende Gesellschaft. (Stadt der Bibliothek.)
- BONN. — Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westfalens. (Maarflachweg, 4.)
— Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
- BOSTON (Massachusetts). — American Academy of Arts and Sciences.
- BRESLAU. — Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur.
- BRUNN. — Naturforschender Verein.
- BRUXELLES. — Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique.
— Société royale de botanique de Belgique.
- BUCAREST. — Institut météorologique de Roumanie.
- BUENOS-AIRES. — Museo nacional. (Casilla del Correo, 470.)
- CARLSRUHE. — Naturwissenschaftlicher Verein.
- CHEMNITZ (Saxe). — Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- CHICAGO. — Field Museum of Natural History.
- CINCINNATI. — Lloyd library of botany, pharmacy and materia medica, 309, W. Court Street.
- COIRE. — Naturforschende Gesellschaft Graubündens.
- COLMAR. — Société d'histoire naturelle.
- COLUMBUS (Ohio). — Ohio State University.
- COPENHAGUE. — Kongelige danske videnskabernes selskabs (Académie royale danoise des sciences). (Vestre Boulevard, 35.)
- CRACOVIE. — Académie des sciences.
- DANZIG. — Naturforschende Gesellschaft.
- DAVENPORT. — Academy of sciences.
- FLORENCE. — R. Stazione di entomologia agraria. (19, Via Romana.)
- FRANCFORT-SUR-LE-MAIN. — Seakenbergische Naturforschende Gesellschaft. (Viktoria Allee, 7.)
- FRANCFORT-SUR-L'ODER. — Naturwissenschaftlicher Verein.
- FRAUENFELD. — Thurgauische naturforschende Gesellschaft.
- FRIBOURG-EN-BRISGAU. — Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau (grand-duché de Bade).
- FRIBOURG (Suisse). — Société fribourgeoise des sciences naturelles.
- GÈNES. — Società ligustica di scienze naturali e geografiche.
- GENÈVE. — Jardin botanique.
— Société de physique et d'histoire naturelle.
- GIessen. — Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
- GËRLITZ (Silésie). — Naturforschende Gesellschaft.
- GOTHENBOURG. — Kungl. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles handlingar.
- GRANVILLE (Ohio). — Denison scientific Association.
- GRATZ. — Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark.
- HALIFAX. — Institute of natural science.

- HALLE-A-SAALE. — Kaiserliche Leop.-Carol. Akademic. (Wilhelmstrasse, 37.)
 HAMBourg-JOHANNEUM. — Wissenschaftlicher Verein.
 HARLEM. — Société hollandaise des sciences (Spearne, 17).
 HELSINGFORS. — Vetenskaps-Societetens af Finska (Société des sciences de la Finlande).
 — Sällskapet pro Faunä et Florä fennicä (Société pour la faune et la flore de la Finlande).
 — Geografiska föreningen i Finland.
 INSPRUCK. — Ferdinandeum für Tyrol und Vorarlberg.
 KANSAS. — Kansas university quaterly.
 KHARKOFF. — Société des sciences physico-chimiques (Université).
 KIEW. — Société des Naturalistes attachés à l'Université impériale de Saint-Wladimir, à Kiew.
 LAUSANNE. — Société vaudoise des sciences naturelles. (École de chimie.)
 LEIPZIG. — Königl.-Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften.
 — Verein für Erdkunde.
 LIÈGE. — Société géologique de Belgique.
 — Société royale des sciences.
 LIVERPOOL. — Biological Society.
 LONDRES. — Journal « Jon ».
 LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles. (11, rue des Récollets.)
 LUCERNE. — Naturforschende Gesellschaft.
 LUXEMBOURG. — Institut royal grand-ducal de Luxembourg (Section des sciences naturelles et mathématiques).
 — Société des Naturalistes luxembourgeois.
 MADISON. — Wisconsin Academy of sciences, arts and letters.
 MANCHESTER. — Litterary and philosophical Society. (36, George Street.)
 MANILLE. — Ethnological Survey for the Philippines Islands.
 MERIDA. — Section météorologique de l'État de Yucatan (Mexique).
 METZ. — Société d'histoire naturelle.
 MEXICO. — Sociedad científica Antonio Alzate. (Palma, 13.)
 — Observatoire météorologique de Tacubaya.
 — Sociedad geologica mexicana (6^a Del Cyprès, n^o 176).
 MILWAUKEE. — Wisconsin natural history Society.
 MONTEVIDEO. — Museo nacional.
 MOSCOU. — Société impériale des naturalistes.
 MUNICH. — Bayerische botanische Gesellschaft. (Lindwurmstrasse, Nr 12).
 MUNSTER. — Westfälischer Provinzial Verein für Wissenschaft und Kunst.
 NAPLES. — Accademia reale di scienze morali e politiche.
 — Società di naturalisti.
 — Annali di Neurologia.
 NEUCHÂTEL. — Société des sciences naturelles (Suisse).
 — Société neuchâteloise de géographie.
 NEW-YORK. — Academy of sciences. (77th. Street and Central Park West.)
 — New-York public library.
 OBERLIN (Ohio). — The Oberlin College library.
 OFFENBACH. — Verein für Naturkunde in Offenbach am Main.

- OSNABRUCK. — Wissenschaftlicher Verein.
- PHILADELPHIE. — Academy of natural sciences of Philadelphia (Pensylvanie).
- PISE. — Società toscana di scienze naturali.
- PORTICI. — Annali della Regia scuola superiori di agricoltura.
- PORTO. — Academia polytechnica.
- PRAGUE. — Königl.-Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften in Prag.
— Societas entomologica Bohemæ.
- PRESBOURG. — Verein für Natur- und Heilkunde.
- RIO-DE-JANEIRO. — Observatoire astronomique et météorologique. (Ministère de l'agriculture, industrie et commerce.)
— Museo Nacional.
- ROME. — Accademia reale dei Lincei.
— Institut international d'agriculture.
— R. Stazione chimico agraria sperimentale. (Via Leopardi, 17.)
— Società Italiana per il progresso delle scienze. (26, Via del Collegio Romano.)
- SAINT-GALL. — Sankt-Gallische naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- SAINT-LOUIS (Missouri). — Academy of sciences. (3817, Olive Street.)
— Missouri botanical Garden. (3817, Olive Street.)
- SAINT-PÉTERSBOURG. — Académie impériale des sciences.
— Comité géologique (Institut des Mines).
— Institut de médecine expérimentale.
- SAN-FRANCISCO. — Academy of sciences of California.
- SAN JOSÉ. — Museo nacional de Costa-Rica.
- SASSARI. — Studi Sassari.
- SION (Suisse). — Société Murithienne du Valais.
- STOCKHOLM. — Kongl. Svenska Vetenskaps Akademien (Académie royale suédoise des sciences).
- TOLUCA (Mexique). — Service météorologique de l'État de Mexico.
- TROÏZNOSSOWSK-KIACHTA. — Société impériale russe de géographie (Sibérie occidentale).
- UPSAL. — Regia societas scientiarum Upsaliensis.
- URBANA (Illinois). — State laboratory of natural history.
- VIENNE. — Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien (mathemat. u. wissenschaftliche Abt.).
— Kaiserl.-Königl. naturhistorisches Hofmuseum.
— Kaiserl.-Königl. zoologische und botanische Gesellschaft. (III 3, Mechelgasse, n° 2.)
- WASHINGTON (D. C. U. S. A.). — Smithsonian Institution.
— Bureau of Ethnology.
— Experiment station record (secretary of agriculture).
- WIESBADEN. — Nassauischer Verein für Naturkunde.
- WINTERTHUR. — Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- ZAGRA. — Societas historico-naturalis croatica.
- ZURICH. — Naturforschende Gesellschaft.
-

TABLE DES MATIÈRES

ANNÉE 1910 — SÉRIE III, TOME XI, FASCICULES I, II, III

	Pages
Bureau et Conseil d'administration	v
Liste des membres de la Société.	v
I — PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES	
	xi
II — MÉMOIRES ORIGINAUX	
<i>Le Lophodermium macrosporum</i> , parasite des aiguilles d'épicéa, par M. Émile MER.	1
Note sur l'âge et l'industrie paléolithique des grottes d'Istein (grand- duché de Bade), par M. Mathieu MEG.	60
Origine et mode de formation du minerai de fer oolithique de Lorraine, par M. Stanislas MEUNIER.	67
Sur la surface libre d'une nappe aquifère sur une prévision de débit de source (Zaghouan), par M. E. NOËL.	97
Flore fossile du Trias en Lorraine et en Franche-Comté, par P. FLICHE (<i>Suite et fin</i>)	222
Les Conidiosporés, par M. Paul VUILLEMIN	129
Caractérisation de faibles quantités de safran (Application à la liqueur de menthe verte), par M. P. GRÉLOT.	173
Les Muscinées des environs de Nancy, par M. A. COPPEY (<i>2^e partie; suite</i>).	181
Sur la préparation du Radium, par M. A. GUNTZ	265
Sur la préparation de quelques nitrates anhydres, par MM. GUNTZ et MARTIN.	268
Ouvrages reçus par la Société pendant l'année 1910.	269
Sociétés correspondantes.	277