

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. JULES BERGERON

Professeur de Minéralogie et Géologie à l'Ecole Centrale
des Arts et Manufacturés



PARIS

G. STEINHEIL, ÉDITEUR

2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

—
1912

TITRES DIVERS

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES (6 AOUT 1876).

LICENCIÉ ÈS SCIENCES NATURELLES (31 JUILLET 1880).

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES (3 AOUT 1889).

FONCTIONS DANS L'ENSEIGNEMENT

Préparateur adjoint de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris (7 mars 1878).

Préparateur de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris (1^{er} octobre 1878).

Sous-directeur du laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Paris (1^{er} novembre 1891).

Directeur adjoint du laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Paris (10 mai 1897).

Directeur adjoint honoraire du laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Paris (16 janvier 1905).

Chargé par MM. Hébert et Munier-Chalmas de faire des conférences aux candidats à l'agrégation des Sciences naturelles (Géologie) (1890-1904).

Chargé du cours de Minéralogie et de Géologie à l'École centrale des Arts et Manufactures (20 février 1893).

Professeur du cours de Minéralogie et de Géologie à l'École centrale des Arts et Manufactures (1^{er} novembre 1894).

FONCTIONS HORS DE L'ENSEIGNEMENT

Collaborateur adjoint au service de la Carte géologique détaillée de la France (24 mai 1884).

Collaborateur principal au service de la Carte géologique détaillée de la France (15 juin 1891).

Membre du jury d'admission (classe 6) à l'Exposition universelle de 1900 (1898).

Membre du Jury international des récompenses (classe 63) à l'Exposition universelle de 1900 (18 mai 1900).

Membre du Comité d'admission et d'installation de l'Exposition Franco-Britannique de Londres en 1908 (25 novembre 1907).

Vice-Président des Comités d'admission et d'installation (classe 63) de l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles en 1910 (20 juin 1909).

SOCIÉTÉS SAVANTES

Vice-Président de la Société géologique de France (1892).

Vice-Président de la Société géologique de France (1897).

Président de la Société géologique de France (1898).

Président de la 4^e section (mines et métallurgies) de la Société des Ingénieurs civils de France (1907-1908).

Vice-Président de la Société des Ingénieurs civils de France (1909).

Président de la Société des Ingénieurs civils de France (1910).

RÉCOMPENSES

Lauréat de l'Institut (prix Vaillant).

(Partagé entre les membres de la Mission envoyée par l'Académie des Sciences pour l'étude des tremblements de terre en Andalousie) (27 décembre 1888).

Lauréat de la Société géologique de France (prix Viquesnel) (1890).

Grand prix à l'Exposition Franco-Britannique de Londres (13 octobre 1908).

Grand prix à l'Exposition universelle et internationale de Bruxelles (18 octobre 1910).

LISTE DES PUBLICATIONS

1. — Recherches expérimentales sur le mode de formation des cratères de la Lune. *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. XCV, p. 324, 14 août 1882.
2. — Excursions géologiques aux environs de Beauvais (en collaboration avec M. Charles Janet). *Mémoires de la Société académique de l'Oise*, 1883.
3. — Note sur les terrains Silurien et Dévonien de Murasson (Aveyron). *Bull. Soc. géol. de France*, 1884, 3^e série, t. XII, p. 121.
4. — Note sur les Strobiles du *Walchia piniformis*. *Bull. Soc. géol. de France*, 1884, 3^e série, t. XII, p. 533.
5. — Sur la constitution géologique de la Serrania de Ronda (en collaboration avec M. Michel Lévy). *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. C, p. 1054, 20 avril 1885.
6. — Sur le terrain permien des départements de l'Aveyron et de l'Hérault. *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. CI, p. 179, 13 juillet 1885.
7. — Sur les roches cristallophylliennes et archéennes de l'Andalousie occidentale (en collaboration avec M. Michel Lévy). *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. CII, p. 640 et 709, 15 et 22 mars 1886.
8. — Sur la constitution géologique de la Montagne Noire. *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. CIV, p. 530, 21 février 1887.
9. — Note sur le bassin houiller d'Auzits (Aveyron). *Bull. Soc. géol. de France*, 1887, 3^e série, t. XIV, p. 263.
10. — Étude paléontologique et stratigraphique des terrains anciens de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1887, 3^e série, t. XV, p. 373.
11. — Note sur l'existence probable d'une nouvelle assise du Dévonien inférieur sur le versant méridional de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1887, 3^e série, t. XV, p. 756.
12. — Sur l'hypérite d'Arviou. *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. CV, p. 247, 25 juillet 1887.

13. — Observation sur la « Notice sur la carte géologique du département du Tarn ». *Association française Avancement des Sc. Congrès de Toulouse*, 1887, t. XVI, 1^{re} partie, p. 230.
14. — Observation sur l'origine et les causes des volcans et des tremblements de terre. *Assoc. franç. Avanc. des Sc. Congrès de Toulouse*, 1887, t. XVI, 1^{re} partie, p. 236.
15. — Observation sur le Silurien de Belgique. *Assoc. franç. Avanc. des Sc. Congrès de Toulouse*, 1887, t. XVI, 1^{re} partie, p. 238.
16. — Observation sur les faunes silurienne et dévonienne de la Haute-Garonne. *Assoc. franç. Avanc. des Sc. Congrès de Toulouse*, 1887, t. XVI, 1^{re} partie, p. 238.
17. — Étude géologique de la partie sud-ouest de la Montagne Noire. *Assoc. franç. Avanc. des Sc. Congrès de Toulouse*, 1887, t. XVI, 2^e partie, p. 477.
18. — Étude géologique du bassin houiller de Carmaux. *Assoc. franç. Avanc. des Sc. Congrès de Toulouse*, 1887, t. XVI, 2^e partie, p. 492.
19. — Note sur les terrains primitif, archéen, cambrien et silurien du versant méridional de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1887, 3^e série, t. XVI, p. 240.
20. — Réponse à une note de M. de Rouville. *Bull. Soc. géol. de France*, 1887, 3^e série, t. XVI, p. 245.
21. — Sur la présence de la faune primordiale (Paradoxidien) dans les environs de Ferrals-les-Montagnes (Hérault) (en collaboration pour la partie paléontologique avec M. Munier Chalmas). *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. CVI, p. 375, 30 janvier 1888.
22. — Sur la présence de la faune primordiale (Paradoxidien) dans les environs de Ferrals-les-Montagnes (Hérault). *Bull. Soc. géol. de France*, 1888, 3^e série, t. XVI, p. 282.
23. — Réponse au docteur Frech de Halle. *Bull. Soc. géol. de France*, 1888, 3^e série, t. XVI, p. 935.
24. — Note sur les bassins houillers de Graissessac et de Decazeville. *Bull. Soc. géol. de France*, 1888, 3^e série, t. XVI, p. 1032.
25. — Sur le Cambrien et sur l'allure des dépôts paléozoïques de la Montagne Noire. *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. CVII, p. 760, 5 novembre 1888.
26. — Note sur les roches éruptives de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1888, 3^e série, t. XVII, p. 54.
27. — Étude géologique de la Serrania de Ronda (en collaboration avec M. Michel Lévy). *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences de l'Institut de France*, 1889, t. XXX, p. 471.
28. — Étude géologique du massif ancien situé au sud du Plateau Central. Thèse pour l'obtention du grade de docteur ès sciences. *Annales des Sciences géologiques*, 1889, t. XXII.

29. — Présentation de fossiles nouveaux trouvés à Cabrières. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, 3^e série, t. XVII, p. 466.
30. — Sur une nouvelle espèce d'*Arethusina* et sur le Dévonien de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, 3^e série, t. XVII, p. 356.
31. — Réponse à la note de M. le professeur de Rouville sur le Paléozoïque de l'Hérault. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, 3^e série, t. XVIII, p. 13.
32. — Sur la présence dans le Languedoc de certaines espèces de l'étage e₁ du Silurien supérieur de Bohême. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, 3^e série, t. XVIII, p. 171.
33. — Observations sur le niveau de l'Arenig inférieur de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, 3^e série, t. XVIII, p. 177.
34. — Observations sur de nouvelles formes de Trilobites trouvées dans l'Arenig inférieur. *Bull. Soc. géol. de France*, 3^e série, t. XVIII, p. 364.
35. — Sur une forme nouvelle de Trilobites de la famille des *Calymenidæ* (genre *Calymenella*). *Bull. Soc. géol. de France*, 1890, 3^e série, t. XVIII, p. 365.
36. — La faune primordiale. *Feuille des jeunes naturalistes*, 20^e année, septembre 1890.
37. — Observations sur la dalle des Pyrénées et le Dévonien de la Montagne Noire. *Comptes rendus séances Soc. géol. de France. B. S. G. F.*, 1891, 3^e série, t. XIX, p. XLVIII.
38. — Observations relatives à l'origine de la serpentine. *Comptes rendus séances Soc. géol. de France. B. S. G. F.*, 1891, 3^e série, t. XIX, p. CXLV.
39. — La faune dite « primordiale » est-elle la plus ancienne? *Revue générale des Sciences*, t. II, p. 781, 13 déc. 1891.
40. — Contributions à l'étude géologique du Rouergue et de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1892, 3^e série, t. XX, p. 248.
41. — Sur les terrains anciens de la Bohême et du Harz. *Comptes rendus séances Soc. géol. de France. B. S. G. F.*, 1892, 3^e série, t. XX, p. CIII.
42. — Notes paléontologiques. Crustacés I. *Bull. Soc. géol. de France*, 1893, 3^e série, t. XXI, p. 333, 2 pl.
43. — Sur les différents termes du Cambrien. *Comptes rendus séances Soc. géol. de France. B. S. G. F.*, 1893, 3^e série, t. XXI, p. CVIII.
44. — Notes paléontologiques. Crustacés II. *Bull. Soc. géol. de Normandie*, 1894, t. XV, p. 42, 1 pl.
45. — Réponse à MM. de Rouville, Delage et Miquel. *Comptes rendus séances Soc. géol. de France*, séance du 19 février 1894. *B. S. G. F.*, 3^e série, t. XXII, p. XXXIV.
46. — Montagne Noire. Roches cristallines. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1894, t. VI, p. 61.
47. — Note sur l'allure des couches paléozoïques dans le voisinage des plis tertiaires de Saint-Chinian. *Bull. Soc. géol. de France*, 1894, 3^e série, t. XXII, p. 576.

48. — Notes et observations à propos de la communication de M. de Longraire sur les séismes et les volcans. *Mém. Soc. Ing. civ. de France*, 1895, t. I, p. 442.
49. — Sur les calcaires cambriens de la Montagne Noire. *Comptes rendus des séances Soc. géol. de France. B. S. G. F.*, 1895, 3^e série, t. XXIII, p. xcvii.
50. — Sur le métamorphisme des schistes cambriens de la Montagne Noire. *Comptes rendus des séances Soc. géol. de France. B. S. G. F.*, 1895, 3^e série, t. XXIII, p. cxcix.
51. — Remarques relatives à deux notes de M. Miquel. *Bull. Soc. géol. de France*, 1895, 3^e série, t. XXIII, p. 337.
52. — Montagne Noire. Rapport sur la campagne de 1894. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1895, t. VII, p. 67.
53. — Notes paléozoïques. Crustacés III, 2 pl. *Bull. Soc. géol. de France*, 1895, 3^e série, t. XXIII, p. 465.
54. — Sur le métamorphisme du Cambrien de la Montagne Noire. *Comptes rendus Ac. des Sc.*, t. CXXI, p. 911, 9 décembre 1895.
55. — Le plateau du Sidobre. *La Nature*, 8 février 1896.
56. — Les récentes études sur les faunes les plus anciennes. *Revue générale des Sciences*, 1896, t. I, p. 259.
57. — Montagne Noire. Rapport sur la campagne de 1895. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1896, t. VIII, p. 95.
58. — De l'extension possible des différents bassins houillers de la France. *Mém. Soc. Ing. civ. de France*, 1896, t. I, p. 727, pl. 169.
59. — Des eaux chlorurées sodiques dans leurs relations avec les terrains lagunaires. *Congrès international d'hydrologie. Session de Clermont-Ferrand*, 1896, p. 259.
60. — Sur quelques roches métamorphiques de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1896, 3^e série, t. XXIV, p. 533.
61. — Sur les formations de la surface lunaire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1896, 3^e série, t. XXIV, p. 534.
62. — Résultats des voyages de M. Fourreau au point de vue de la géologie et de l'hydrologie de la région méridionale du Sahara algérien. *Mém. Soc. Ing. civ. de France*, 1897, t. I, p. 36.
63. — Feuille de Bédarieux (Roches éruptives tertiaires). *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1897, t. IX, p. 338.
64. — Observations sur l'origine des alluvions pliocènes de Courbezou et sur les roches basaltiques des environs de Bédarieux. *Bull. Soc. géol. de France*, 1897, 3^e série, t. XXV, p. 662.
65. — Montagne Noire. Feuille de Bédarieux. Extrémité orientale du massif ancien. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1898, t. X, p. 423.
66. — Allure des couches paléozoïques sur le versant méridional de la Montagne Noire. *Comptes rendus Ac. Sc.*, t. CXXVI, p. 1675, 6 juin 1898.

67. — Étude sur le versant méridional de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1898, 3^e série, t. XXVI, p. 472.
68. — Remarque à propos de l'assimilation faite par MM. Brögger et Schmidt de la faune de la base de l'Ordovicien de la Montagne Noire avec celle de l'étage de Tremadoc. *Bull. Soc. géol. de France*, 1898, 3^e série, t. XXVI, p. 487.
69. — Expérience sur la cristallisation dans un courant liquide (en collaboration avec M. Goldberg). *Bull. Soc. géol. de France*, 1898, 3^e série, t. XXVI, p. 487.
70. — Résumé des observations faites à la réunion extraordinaire de Barcelone dans les terrains primaires. *Bull. Soc. géol. de France*, 1898, 3^e série, t. XXVI, p. 542.
71. — Remarque sur la succession de dépôts par évaporation. *Bull. Soc. géol. de France*, 1898, 3^e série, t. XXVI, p. 730.
72. — Observations sur les calcaires paléozoïques de Montcada. *Bull. Soc. géol. de France*, 1898, 3^e série, t. XXVI, p. 763.
73. — Note sur les terrains paléozoïques de Barcelone et comparaison avec ceux de la Montagne Noire (Hérault). *Bull. Soc. géol. de France*, 1898, 3^e série, t. XXVI, p. 867.
74. — Progrès de la minéralogie et de la géologie dans les cinquante dernières années. *Mém. Soc. Ing. civils*, 1898, t. II, p. 513.
75. — Feuille de Bédarieux. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1899, t. X, p. 509.
76. — Note sur la base du Carbonifère dans la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 36.
77. — Allocution présidentielle. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 145.
78. — Note paléontologique. Crustacés IV. Étude de quelques Trilobites de Chine. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 499 avec pl.
79. — Forage d'un puits artésien aux Cheminières près Castelnaudary (Aude). *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 614.
80. — Étude des terrains paléozoïques et de la tectonique de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 617, pl. xviii-xx.
81. — Compte rendu de l'excursion au col de Sainte-Colombe. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 680.
82. — Compte rendu de l'excursion de Saint-Pons à Saint-Chinian. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 682.
83. — Compte rendu de l'excursion à Roquebrun. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 724.
84. — Les basaltes de l'Escandorgue et du Salagou. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 739.

85. — Terrains paléozoïques de la Montagne Noire. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 741.
86. — Compte rendu de l'excursion de Laurens et Gabian. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 747.
87. — Compte rendu de l'excursion de Cabrières. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 760.
88. — Compte rendu de l'excursion au pic de Bissous. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 765.
89. — Observations sur le Trias des environs de Bédarieux. *Bull. Soc. géol. de France*, 1899, 3^e série, t. XXVII, p. 788.
90. — Feuille de Carcassonne. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, t. XI, p. 148, 1900.
91. — Observations faites sur le bord méridional du lac de Mouriscot, près Biarritz. *Bull. Soc. géol. de France*, 1900, 3^e série, t. XXVIII, p. 22.
92. — Le massif de la Montagne Noire. *Livret-guide publié par le Comité d'organisation du VIII^e Congrès géologique international*, 1900.
93. — Étude géologique du bassin houiller de Decazeville (Aveyron), (en collaboration avec MM. Jardel et Picandet). *Bull. Soc. géol. de France*, 1900, 3^e série, t. XXVIII, p. 745, pl. XII.
94. — Feuilles d'Albi et de Saint-Affrique. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1902, t. XII, p. 447.
95. — Feuilles de Saint-Affrique et du Vigan. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1903, t. XIII, p. 577.
96. — Le volcanisme et ses théories. Lettre à M. van den Broeck. *Bull. Soc. belge de géol. pal. et hydrol.*, 1903, t. XVII, p. 552.
97. — Observations relatives à la tectonique de la Haute-Vallée de la Jalomita (Roumanie). *Comptes rendus Ac. des Sc.*, t. CXXXVII, p. 1009, 7 décembre 1903.
98. — Sur les nappes de recouvrement du versant méridional de la Montagne Noire. *Comptes rendus Ac. des Sc.*, t. CXXXVIII, p. 394, 8 février 1904.
99. — Alimentation de Paris en eau potable, d'après les travaux de la commission de perfectionnement de l'observatoire de Montsouris. *Mém. Soc. Ing. civils de France*, 1904, t. I, p. 84, pl. 61.
100. — Observations relatives à la structure de la haute vallée de la Jalomita (Roumanie) et des Carpathes roumaines. *Bull. Soc. géol. de France*, 1904, 4^e série, t. IV, p. 54.
101. — Note sur les nappes de recouvrement du versant méridional de la Montagne Noire et des Cévennes aux environs du Vigan. *Bull. Soc. géol. de France*, 1904, 4^e série, t. IV, p. 180.
102. — Sur les nappes de recouvrement des environs de Barcelone (Espagne), (en collaboration avec M. Jaime Almera). *Comptes rendus Ac. des Sc.*, t. CXXXVIII, p. 1627, 20 juin 1904.

103. — Sur les nappes de recouvrement des environs de Barcelone (Espagne ,
(en collaboration avec M. Jaime Almera). *Bull. Soc. géol. de France*,
1904, 4^e série, t. IV, p. 705.
104. — Feuilles de Saint-Affrique et du Vigan. *Bull. Serv. Carte géol. de France*,
1904, t. XV, p. 211.
105. — Observations à propos d'une communication de M. Laur. *Bull. Soc.
géol. de France*, 1905, 4^e série, t. V, p. 106.
106. — Sur la tectonique de la région située au nord de la Montagne Noire.
Comptes rendus Ac. des Sc., t. CXL, p. 466, séance du 13 février 1905.
107. — Feuilles de Saint-Affrique et du Vigan. *Bull. Serv. Carte géol. de France*,
1905, t. XVI, p. 94.
108. — Aplicacion de la teoria de los mantos recubrientes al estudio del
Macizo del Tibidado de Barcelona (en collaboration avec M. Jaime
Almera). *Memor. Real. Acad. d. Sc. y Artes, Barcelona*, 1905, 3^e série,
t. V, 18, p. 261.
109. — Feuille de Rodez. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1906, t. XVI, p. 362.
110. — Sur l'allure du bassin houiller de Saarbrück et de son prolongement
en Lorraine française (en collaboration avec M. Paul Weiss). *Comptes
rendus Ac. des Sc.*, 1906, t. CXLII, p. 1398.
111. — Le bassin houiller de Lorraine. *Comptes rendus mensuels Soc. ind. min.*,
p. 302, séance du 4 juillet 1906.
112. — Feuille de Rodez. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1907, t. XVII, p. 190.
113. — Observation au sujet d'une communication de M. M. Limanowski.
Bull. Soc. géol. de France, 1907, 4^e série, t. VII, p. 66.
114. — Sur l'origine de la serpentine de la série cristallophyllienne de
l'Aveyron et du Gard. *Comptes rendus Ac. des Sc.*, t. CXLIV, p. 983,
séance du 6 mai 1907.
115. — Sur les relations qui existent entre les accidents d'âge tertiaire et d'âge
primaire dans les Causses et dans les Cévennes. *Bull. Soc. géol. de
France*, 1907, 4^e série, t. VII, p. 595.
116. — Remarques sur l'allure des failles qui traversent les Causses et sur celle
des failles de la région de Saint-Affrique et de Camarès. *Bull. Soc.
géol. de France*, 1907, 4^e série, t. VII, p. 598.
117. — Compte rendu de l'excursion du 5 oct. 1907 entre Nant et Sauclières.
Bull. Soc. géol. de France, 1907, 4^e série, t. VII, p. 599.
118. — Compte rendu de l'excursion du 6 oct. 1907 aux environs du Vigan.
Bull. Soc. géol. de France, 1907, 4^e série, t. VII, p. 601.
119. — Compte rendu des excursions des 7 et 8 octobre 1907 du Vigan à l'ob-
servatoire de l'Aigoual et à Pont d'Hérault. *Bull. Soc. géol. de
France*, 1907, 4^e série, t. VII, p. 608.
120. — Remarques au sujet de plaques calcaires d'âge cambrien, provenant de
Chine. *Bull. Soc. géol. de France*, 1908, 4^e série, t. VIII, p. 442.

121. — Feuille de Rodez. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1908, t. XVIII, p. 79.
122. — Sur l'existence probable de nappes de charriage en Bretagne (2 fig.). *Bull. Soc. géol. de France*, 1909, 4^e série, t. IX, p. 13.
123. — Observations à propos d'une communication de M. Termier : « Sur l'existence de terrains charriés, du dessous du Houiller de Gironcourt (Vosges) ». *Bull. Soc. géol. de France*, 1909, 4^e série, t. IX, p. 76.
124. — Sur l'âge de la formation du détroit de Gibraltar. *Bull. Soc. géol. de France*, 1909, 4^e série, t. IX, p. 228.
125. — Remarques sur la tectonique de la région parcourue par la Société géologique durant la réunion extraordinaire dans la Sarthe et dans la Mayenne. *Bull. Soc. géol. de France*, 1909, 4^e série, t. IX, p. 572, 574, 582, 611, 649, 666.
126. — Étude des vibrations du sol lors des tremblements de terre. Conséquences au point de vue théorique. *Mém. Soc. Ing. civils de France*, 1909, t. I, p. 344.
127. — De la science géologique et de ses applications à l'industrie. *Procès-verbaux des séances de la Soc. des Ing. civils de France*, 7 janvier 1910, p. 8.
128. — De l'action des poussées venues du sud sur l'allure des assises paléozoïques du N.-O. de la France (4 fig.). *Bull. Soc. géol. de France*, 1910, 4^e série, t. X, p. 166.
129. — Observations à propos d'une communication de M. L. Azéma sur les nappes de charriage de la région de Camaret (Finistère). *Bull. Soc. géol. de France*, 1910, 4^e série, t. X, p. 421.
130. — Observations sur la tectonique des Carpathes roumaines à propos d'un mémoire récent. *Bull. Soc. géol. de France*, 1910, 4^e série, t. X, p. 578.
131. — Puits absorbants. *Rapport spécial. Commission des inondations. Rapports et documents divers*, 1910, p. 579.
132. — Feuille de Rodez au 1/80.000 et feuille de Toulouse au 1/320.000. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 1910, t. XXI, p. 124.
133. — Observations à propos de quelques remarques sur la constitution intérieure du globe terrestre par M. Jean Rey. *Mém. Soc. Ing. civils de France*, 1911, t. I, p. 41.

CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE

(Service de la Carte géologique de la France)

Feuilles au 180.000 en collaboration avec MM. Deperet, Nicklés, Thévenin, Dereims, Authelin.

134. — CARCASSONNE (Feuille N° 243).

135. — CASTRES (Feuille N° 231).

136. — BÉDARIEUX (Feuille N° 232).

137. — ALBI (Feuille N° 219).

138. — SAINT-AFFRIQUE (Feuille N° 220).

139. — LE VIGAN (Feuille N° 221).

140. — RODEZ (Feuille N° 207).



INTRODUCTION

Mes études ont porté principalement sur les terrains primaires du massif montagneux situé aux confins des départements de l'Aveyron, du Tarn, de l'Hérault et de l'Aude. Les géographes y ont distingué plusieurs régions qu'ils ont désignées sous les noms de Monts de Lacaune, Montagne de l'Espinouse, Monts du Minervois et Montagne Noire. Mais toutes ces régions ayant entre elles des affinités géologiques évidentes, et se faisant suite les unes aux autres, il m'a paru préférable de les grouper sous un même nom, celui de la Montagne Noire, qui en est le massif le plus important par son relief comme par son extension.

Ainsi que j'ai pu m'en assurer en étudiant les terrains primaires de la Feuille du Vigan de la Carte géologique de la France, ceux-ci ont la même constitution géologique et la même allure que ceux de la Montagne Noire ; ils en sont séparés par les terrains secondaires de la région des Causses, mais, en profondeur, ils se continuent. Par suite, on peut dire que la Montagne Noire se rattache, au point de vue géologique, aux Cévennes dont elle représenterait l'extrémité S.-O.

Lorsque, en 1883, sur les conseils de mes maîtres, Hébert et Munier-Chalmas, j'entrepris l'étude de la Montagne Noire, telle que je viens de la définir, les environs de Cabrières, village situé sur son flanc méridional et presque à son extrémité orientale,

étaient seuls connus pour les fossiles primaires qui y avaient été recueillis. Mais ce n'était, comme le disait Murchison, qu'une « oasis » au milieu d'une vaste région de cent kilomètres de long sur plus de quarante kilomètres de large, à peu près inconnue au point de vue géologique. Grâce aux travaux de Fournet, Graff, de Verneuil, de Grasset, de Rouville et de Tromelin, on savait qu'en ce point du Languedoc, il avait été trouvé des fossiles appartenant à différents terrains primaires ; mais il semblait que bien des niveaux fissent défaut, tant les faunes étaient incomplètes dans chaque terrain. De plus on ignorait quelle était la tectonique du pays, aucun travail d'ensemble n'ayant été fait sur la Montagne Noire.

Je fis mes premières courses dans les terrains primaires du Languedoc en 1883 ; mais lors de mon passage à Montpellier, j'appris de M. de Rouville qu'il allait publier une « Monographie géologique de la commune de Cabrières ». Par déférence pour le savant doyen de la Faculté des sciences de Montpellier, qui étudiait la région depuis près de trente ans, je m'abstins de revenir dans l'Hérault avant la publication de son Mémoire.

En attendant de reprendre mes recherches sur le versant méridional de la Montagne Noire, j'explorai, dans l'espérance d'y trouver des horizons fossilifères, les terrains primaires compris entre les Causses de l'Aveyron vers l'est, et les assises secondaires et tertiaires du Quercy, de l'Albigeois et du Castrais vers l'ouest. Cette région s'étend de Figeac au nord, à Revel au sud-ouest et à Lodève au sud-est : elle comprend ce que dans le pays on appelle le « Ségalas » et le « Rougier de Saint-Affrique » ; mais comme elle correspond à la plus grande partie de l'ancien Rouergue, c'est sous ce dernier nom que je l'ai désignée. (Voir la carte, fig. 2, p. 79.)

Je n'y retrouvai les terrains fossilifères qu'en quelques points et seulement sur le versant septentrional de la Montagne Noire ; mais j'avais eu ainsi l'occasion de faire des études sur les bassins houillers de Decazeville, de Carmaux, etc., et d'aborder certains problèmes intéressant le Massif Central.

Le Mémoire de M. de Rouville ayant enfin paru, je repris en 1886 l'exploration du versant méridional de la Montagne Noire ; mais pendant les trois années qui s'étaient écoulées depuis ma première

ournée, le savant doyen de la Faculté des sciences de Montpellier avait découvert plusieurs horizons fossilifères importants que les déterminations paléontologiques de MM. Barrois, von Kœnen et Frech permirent d'assimiler à des niveaux déjà connus. Cependant il en restait encore d'autres à trouver et pendant trois ans il y eut émulation entre M. de Rouville et moi, pour les découvrir. Je fus assez heureux pour en rencontrer quelques-uns, parmi lesquels ceux du Cambrien, jusque-là inconnus en France.

Sur le désir que m'exprima M. Hébert, qui songeait à prendre sa retraite, de présider la soutenance de ma thèse de doctorat ès sciences naturelles, je rédigeai hâtivement mes notes et je les publiai en 1889 sous le titre de : *Étude géologique du massif ancien situé au sud du Plateau Central*. Mais je me rendais très bien compte que mon travail n'était pas au point et je le reconnaissais dans l'Introduction de mon mémoire.

La même année, je repris mes études sur le terrain ; et progressivement je fus amené à compléter certaines de mes observations, comme aussi à modifier quelques-unes de mes conclusions prises prématurément.

Ces études relatives à la Montagne Noire et au Rouergue constituant la partie la plus importante de mes travaux, je consacrerai à leur analyse une grande part de cette notice. Je m'occuperai d'abord de la question stratigraphique ; je dirai quelle est la succession des étages géologiques, quels sont leurs caractères ; puis je passerai en revue les roches éruptives et métamorphiques qu'on y rencontre, montrant quelles relations existent entre elles. J'insisterai surtout sur les points où mes études ont apporté quelque éclaircissement. Puis m'appuyant sur tous ces faits, je tracerai l'histoire géologique des régions étudiées, en indiquant quelle est leur tectonique et aussi quels sont actuellement leurs caractères au point de vue de la géographie physique.

Dans la seconde partie de cette notice, j'analyserai mes autres travaux : je parlerai d'abord de mes études paléontologiques, d'ailleurs peu nombreuses, qui ont eu pour but de décrire quelques formes nouvelles caractéristiques des assises où on les trouve. Je dirai en-

suite quels ont été les résultats au point de vue géologique de mes voyages en Bohême, en Saxe, dans le Hartz, dans le Palatinat, en Espagne, en Roumanie et en Bretagne.

Je terminerai par l'analyse de mes travaux de géologie appliquée concernant soit des bassins houillers, soit des questions d'hydrologie.

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA MONTAGNE NOIRE ET DU ROUERGUE

STRATIGRAPHIE

Le versant méridional de la Montagne Noire étant de beaucoup le plus riche en horizons paléozoïques comme en fossiles, c'est lui qui m'a permis d'en établir la succession typique; aussi est-ce de ce versant surtout qu'il sera question dans ce chapitre. Par contre, il m'a présenté de très grandes difficultés quand il s'est agi d'établir cette succession, parce que les niveaux fossilifères se trouvent dans des écaillés appartenant à une nappe de charriage; or, par suite de ce charriage, il y a eu souvent laminage et disparition de certains horizons, d'où contacts anormaux. De plus, les érosions ont morcelé les écaillés et en ont parfois isolé les lambeaux. C'est ce qui explique comment, bien que mes recherches sur le terrain aient été menées aussi méthodiquement que possible, les horizons ont été reconnus, non dans leur ordre normal stratigraphique, mais comme au hasard. Je ne suivrai donc pas, dans l'étude que je vais faire, l'ordre chronologique de la découverte des étages, mais bien l'ordre stratigraphique, en commençant par les plus anciens.

TERRAIN CAMBRIEN

Il semble bien que ce soit le plus ancien de ceux qui affleurent dans la Montagne Noire et le Rouergue, mais il se présente sous deux aspects différents, selon qu'il a été métamorphisé ou non,

et il est possible qu'une partie des roches métamorphiques qui lui sont attribuées soient plus anciennes que le Cambrien.

Celui-ci se rencontre sur les deux versants de la Montagne Noire ; je commençai par le chercher sur le versant sud, et je le trouvai en 1888 (24) (1) à la place où j'avais prévu qu'il se trouverait (47-49). La faune ne laissait aucun doute sur l'âge des sédiments qui la renfermaient : elle appartenait bien au Cambrien, et de plus l'abondance de *Paradoxides rugulosus* permettait de ranger exactement ces schistes cambriens du Languedoc dans la partie moyenne de l'étage acadien, si l'on se reporte à la classification établie en Scandinavie (80).

Partant de ce niveau bien déterminé, il fut relativement facile de reconnaître les autres étages cambriens : au-dessus des schistes fossilifères vient une série de schistes avec intercalations de bancs gréseux à la partie supérieure. Dans les grès se voient de grandes surfaces couvertes de ripple-marks et parfois des traces de méduses(?) très différentes de celles décrites par Walcott (80). Cette série, qui ne renferme que des empreintes, doit représenter l'Acadien supérieur et une partie du Potsdamien ; elle se termine par des schistes qui au point de vue lithologique sont identiques à ceux de la base du Silurien (25) ; mais on n'y trouve pas encore de fossiles ordoviciens.

A leur partie inférieure, les schistes à *Par. rugulosus* passent (43), par l'intermédiaire de calcschistes, à des calcaires très puissants. Dans les calcschistes se retrouvent des fossiles acadiens (31-47) ; dans les calcaires qui renferment des tiges d'encrines indéterminables (51), j'ai reconnu des traces de *Coscinocyathus* et d'*Archæocyathus* caractéristiques du Géorgien (47), étage inférieur du Cambrien.

Sur le versant méridional de la Montagne Noire les affleurements des différents étages cambriens forment des bandes parallèles entre elles, alternativement calcaires et schisteuses, les premières correspondant à des anticlinaux de Géorgien dont la charnière a été enlevée

(1) Les nombres en caractères gras et entre parenthèses renvoient à la liste des publications.

par érosion, tandis que les secondes sont des synclinaux occupés par l'Acadien et le Potsdamien ; toutes ces bandes représentent en réalité des plis isoclinaux plongeant le plus souvent vers le sud.

La même série de sédiments se retrouve sur le versant septentrional de la Montagne Noire et dans les environs du Vigan ; mais sans fossiles. Elle est également affectée de plis isoclinaux et les mêmes phénomènes d'érosion ont encore mis les calcaires géorgiens à nu.

La même faune acadienne avec des facies lithologiques très voisins se retrouvent dans le Cambrien de la Bohême, de la Sardaigne et de l'Espagne ; ces régions communiquaient largement entre elles et faisaient partie d'un vaste géosynclinal qui traversait l'Europe suivant une direction N.E.-S.O.

TERRAIN SILURIEN

Étage ordovicien. — Cet étage débute par des schistes identiques à ceux du Potsdamien et ils sont en concordance parfaite de stratification avec eux. Ils ne s'en distinguent que par la présence de nodules siliceux noirs renfermant assez fréquemment des fossiles ou des débris de fossiles déterminables. La même faune se rencontre dans les schistes, mais alors les exemplaires sont beaucoup moins bien conservés. Ce sont des formes toutes différentes de celles du Cambrien et appartenant à des genres qui sont incontestablement siluriens. Je reconnus que cette faune devait être rangée tout à fait à la base de l'Ordovicien (19) ; mais comme alors le sous-étage de Tremadoc qui, en Angleterre, avait été fait pour des couches supposées de passage entre le Cambrien et l'Ordovicien, était très mal défini et que les géologues anglais le considéraient comme n'ayant pas d'existence propre, j'attribuai cette faune aux assises les plus inférieures de l'étage d'Arenig et je désignai ce niveau sous le nom d'un fossile nouveau qui y était particulièrement abondant : le *Bellerophon OEhlerti*. Plus tard Schmidt, Brögger et Pompeckj y reconnurent la

faune qui caractérise le niveau de Tremadoc tel qu'il a été finalement établi par les géologues du Nord. Ce niveau doit donc être rapporté au sous-étage de Tremadoc (68), caractérisé par les genres *Niobe*, *Euloma*, etc. Mais les espèces du Languedoc ne sont pas celles de la Scandinavie : ce sont sans doute des espèces représentatives.

Les autres subdivisions de l'Ordovicien qui ont été reconnues sur le versant méridional de la Montagne Noire, sont les suivantes de bas en haut : schistes noir-bleu à *Asaphelina Miqueli* et *Amphion Escoti*; schistes argileux verts dans lesquels M. Barrois a reconnu des *Didymograptus* et des *Tetragraptus*; ces Graptolites sont accompagnés de Trilobites des genres *Ampyx*, *Agnostus*, etc. Puis viennent des schistes gréseux micacés avec traces de vers désignées par M. de Saporta sous le nom de *Vexillum Rouvillei*. Cet ensemble représente l'Arenig inférieur et moyen des géologues anglais. L'Arenig supérieur est constitué par des grès identiques, comme facies et comme faune, aux Grès armoricains de la Bretagne et de la Normandie. Dessus reposent les schistes à grands *Asaphus* et *Ogygia* du sous-étage de Llandeilo d'Angleterre. L'Ordovicien se termine par des grauwackes à *Orthis Actoniæ* qui passent à des calcaires à *Corylocrinus* et à *Juglandocrinus*; cet ensemble correspond au sous-étage de Caradoc.

Sur le versant septentrional, je n'ai pu reconnaître comme niveaux ordoviciens, pris dans des synclinaux cambriens, que le sous-étage de Tremadoc et les Grès armoricains.

A l'époque ordovicienne, le géosynclinal, passant par la Bohême, la Bavière, le Languedoc et l'Espagne, devait communiquer plus facilement qu'à l'époque cambrienne avec la mer qui recouvrait le Nord de l'Europe, car la série ordovicienne est aussi complète que dans le pays de Galles.

Étage gothlandien. — Comme partout, il est caractérisé par des schistes et des calcaires noirs ampéliteux, riches en Graptolites du groupe des Monoprionidés et en *Cardiola interrupta*. Dans les environs de Gabian, les calcaires se développent beaucoup et on y

trouve une riche faune comparable à celle de la Bohême (32). Généralement, le Gothlandien est très réduit en épaisseur par suite de la nature argileuse des schistes et de la structure en boules des calcaires ; sous l'action des poussées dont je parlerai plus loin, les sédiments de cet étage ont disparu en grande partie.

Je ne connais sur le versant septentrional que deux bandes de Gothlandien accompagnant l'Ordovicien et pincé, comme lui, dans des synclinaux ; seule la bande de Murasson renferme des Orthocères et des Graptolites caractéristiques (3).

TERRAIN DÉVONIEN

Son existence a été signalée depuis longtemps dans la Montagne Noire : on savait qu'il y avait des marbres griottes, des calcaires à goniatites ferrugineuses et des calcaires à polypiers siliceux, appartenant à ce terrain. Mais les assimilations d'étages n'avaient pas été encore faites, lorsque, en 1885, M. Barrois détermina le calcaire à polypiers siliceux comme Coblentzien supérieur. Depuis, toute la série dévonienne a pu être reconnue, mais ce fut un travail long et minutieux (23-28-30), car elle affleure surtout dans la région la plus disloquée.

Étage gédinnien. — Partant du Coblentzien supérieur, je cherchai à établir la série inférieure. Immédiatement en dessous, ce sont des calcaires le plus souvent dolomitiques (40), jusqu'à présent sans fossiles, qui reposent indifféremment sur le Gothlandien ou sur un horizon quelconque de l'Ordovicien, quand la série a été soumise à de violentes poussées. Ces calcaires doivent donc représenter les assises inférieures du Coblentzien et tout le Gédinnien. D'autre part, dans le plateau du Falgairas, au nord de Neffiez, ce sont des grès très bien lités qui reposent directement sur le Gothlandien (40) ; on n'y a jamais rencontré que des débris d'encrines absolument indéterminables, mais dont le diamètre peut atteindre jusqu'à 10 millimètres. D'ailleurs ces grès ne sont recouverts par aucun ter-

rain, de telle sorte que leur âge ne pouvait être précisé. Ce ne fut qu'après un voyage dans le Hartz, où je vis de pareils grès reposant sur le Gothlandien et surmontés directement par le Coblentzien, que je pus les rapporter sûrement au Gédinnien. En les étudiant avec soin, je reconnus que les lits de silice sont formés de petits cristaux de quartz juxtaposés, entre lesquels il y a des vides disposés régulièrement. C'est la même structure que dans les calcaires métamorphiques dont je parlerai plus loin ; parfois quand les cristaux de quartz adhèrent peu les uns aux autres, la roche devient pulvérulente. De tous ces faits, je conclus que ces grès ne sont autre chose que les calcaires dolomitiques précédemment signalés, mais métamorphisés, silicifiés ; je n'ai pu d'ailleurs trouver la cause apparente de cette transformation.

Étages Coblentzien et Eifélien. — Il ne m'a pas été possible d'établir de distinction entre le Coblentzien supérieur et l'Eifélien ; je laisserai donc ensemble ces deux subdivisions.

Étage Givétien. — Les couches à *Spirifer cultrijugatus* sont recouvertes dans la région de Cabrières par un calcaire blanc, cristallin, dit dans le pays « calcaire blanc du Pic de Bissous » ; il renferme de nombreux fossiles dont plusieurs sont nouveaux, tandis que d'autres sont abondants dans les calcaires de Konieprus en Bohême. Je n'hésitai pas à le ranger dans le Givétien (23), m'appuyant sur sa faune et sur sa position stratigraphique dans la série dévonienne de la région. Mais mon opinion fut vivement attaquée ; elle finit cependant par être corroborée par M. Haug dans son étude sur les Goniatites : il reconnut dans le calcaire blanc du Pic de Bissous des exemplaires de *Meneceras terebratum* : ce qui confirmait son âge givétien ; enfin M. de Rouville y a trouvé *Strin-gocephalus Burtini*.

Étage Frasnien. — A ce Givétien formé de calcaire cristallin blanc à sa partie inférieure et rouge à sa partie supérieure, succède un calcaire noir bitumineux, à odeur fétide, renfermant le *Gephyroceras intumescens* et représentant, par suite, l'étage frasnien.

Étage Famennien. — L'étage famennien débute par des calcaires noirs vacuolaires ; dans le fond des cavités on peut recueillir de nombreux fossiles qui étaient pyriteux et qui ont été transformés en hématite brune : ce sont surtout des Goniatites, en particulier des *Tornoceras*, des *Chiloceras*, etc.

Puis viennent les marbres griottes avec leurs nombreuses variétés, renfermant soit fréquemment de grands Orthocères, des Clyménies, des *Tornoceras*, soit rarement des Stromatopores.

Sur ces marbres rouges, reposent des calcaires gris renfermant également de grands Orthocères et de grandes Clyménies. On les désigne parfois dans le pays sous le nom de « griottes gris » lorsqu'ils sont noduleux. Leur âge n'était pas fixé parce que, ces calcaires étant très compacts et très durs, il est très difficile d'en extraire des fossiles. Au milieu de ces calcaires apparaissent des lambeaux de schistes jaunes argileux. Dans le Hartz, sur les calcaires à Clyménies, qui sont l'équivalent de nos marbres griottes, reposent des schistes jaunes argileux avec Cypridines ; dans ces schistes, il y a des amandes plus ou moins volumineuses de calcaire gris : c'est le niveau à Cypridines qui termine la série dévonienne. J'ai assimilé entre elles ces deux formations, bien que dans la Montagne Noire je n'aie pas trouvé d'Ostracodes (88-136).

Durant le Gothlandien et tout le Dévonien, le géosynclinal, dont j'ai signalé l'existence dès le Cambrien, met largement en communication la Bohême avec l'Espagne ; la mer s'étend durant le Dévonien supérieur jusqu'en Westphalie et dans le Nassau. Il y a communication avec la partie nord-est du Massif Central où M. Albert Michel-Lévy a retrouvé le Famennien.

TERRAIN CARBONIFÈRE

Étage dinantien. — Au calcaire gris du niveau à Cypridines succède, en concordance de stratification, un ensemble constitué par des alternances de bancs de calcaires et de bancs de lydienne ; ces der-

niers sont plutôt des nodules disposés en lits (75). Ces nodules sont formés de silice fournie par des Radiolaires qui pullulent dans ces bancs. Fréquemment la silice s'est concrétionnée autour de fossiles très riches en phosphate de chaux ainsi que M. Rust l'a signalé. Il en résulte que ces nodules ont été exploités pour leur phosphate. L'âge de cette formation a été méconnu pendant longtemps, bien qu'on y connut des débris d'Orthocères et de Céphalopodes enroulés, mais ils étaient trop mal conservés pour être déterminés. Je finis par trouver dans un nodule une section de *Glyphioceras*, genre qui débute avec le Carbonifère inférieur (76).

Cette série de bancs de calcaire et de lydienne se charge assez rapidement d'argile à sa partie supérieure; finalement elle passe à des schistes légèrement micacés dont la cassure a un éclat mat; quand ils ont été comprimés, ils se fragmentent en prismes irréguliers, ce qui leur donne un aspect fibreux, de là le nom de schistes xyloïdes qu'ils ont reçu. Ils occupent de grandes surfaces et sont rarement fossilifères: ils renferment alors *Productus semireticulatus*, *Posidonomya Becheri*, etc. caractéristiques du sous-étage tournaisien (66). Comme on le verra plus loin, c'est la détermination de cette faune qui m'a permis de reconnaître l'existence de nappes sur le versant méridional de la Montagne Noire. Au milieu de ces schistes apparaissent des poudingues formés de galets roulés, de quartz blanc et de lydienne noire.

Ces schistes deviennent gréseux et jaunâtres à leur partie supérieure; on y trouve des débris de *Lepidodendron Weltheimianum*, etc. Il y a en outre des *Phillipsia* et beaucoup de moules internes de petits Gastropodes.

L'étage dinantien se termine par des calcaires gris à *Productus giganteus* du Viséen.

Le géosynclinal dont il a été question déjà plusieurs fois persiste durant le Carbonifère inférieur, tel qu'il était à l'époque du Dévonien supérieur. Mais à partir du Carbonifère moyen, il n'existe plus en tant que synclinal; une chaîne de montagnes s'y est formée, ainsi que je le dirai plus loin.

Étages westphalien et stéphanien. — Postérieurement au Dinan-

tien, il se produisit dans la Montagne Noire des plissements et même des charriages qui intéressèrent les terrains primaires déposés antérieurement.

L'étage westphalien n'est représenté par aucun sédiment et c'est pendant qu'il se déposait ailleurs que se formaient, sur le pourtour comme à l'intérieur du Massif Central, des dépressions qui, dès le début du Stéphanien, ont reçu des sédiments apportés par des cours d'eaux venant des horsts. Je reviendrai plus loin sur la question (pp. 42 et 77).

TERRAIN PERMIEN

Étage autunien. — La partie inférieure du Permien du Midi étant mal définie lorsque j'en entrepris l'étude, je cherchai à la comparer à celle du Permien d'Autun (28). Mais je voulus pousser la comparaison plus loin et j'allai dans les régions classiques de l'Allemagne, c'est-à-dire en Saxe et dans la vallée de la Nahe (40), voir sur place le Rothliegende inférieur, qui est l'équivalent de l'Autunien de la classification française.

Les conclusions auxquelles j'arrivai sont les suivantes: les couches de Cusel, par lesquelles débute le Rothliegende inférieur d'Allemagne, sont représentées à Decazeville par les schistes à poissons (*Acanthodes Bronni*, *Palæoniscus Blainvillei*, *P. Voltzii*) qui reposent sur le toit du Houiller supérieur. On connaît ces schistes aux découvertes de la Vaysse et de Salle; ils existent encore à Rulhe et en d'autres points, mais ils sont difficiles à distinguer des schistes qui leur sont supérieurs. Ils équivalent aux schistes d'Igornay, de la région d'Autun.

Puis c'est le niveau des schistes de Lebach ou *Brandschiefer* qui semblent affleurer en un bien plus grand nombre de points que les autres horizons parce qu'ils sont plus faciles à reconnaître à leur couleur noire et à leur cassure ayant l'aspect mat de la suie. Ils représentent les schistes de Muse.

Le niveau supérieur, correspondant aux schistes de Millery,

renferme des grès plus ou moins schisteux généralement riches en végétaux et plus particulièrement en *Walchia*. C'est à ce niveau qu'il faut rapporter les *ardoises* de Lodève bien connues par la richesse de leur flore.

Étage saxonien. — Les premiers horizons du Rothliegende supérieur des Allemands ou Saxonien sont caractérisés par des conglomérats formés aux dépens de roches éruptives, différentes selon les niveaux ; c'est ce qui a permis d'y distinguer plusieurs horizons. Dans le Rouergue et la Montagne Noire, le Saxonien débute également par des conglomérats, mais seules les roches métamorphiques de la région en ont fourni les éléments, de telle sorte qu'il n'est pas possible d'y faire de subdivisions comme dans la vallée de la Sarre. Dans les deux pays, le reste du Saxonien est constitué de même par des grès et des marnes rouges (étage de Kreuznach). Peut-être les lentilles calcaires qui apparaissent parfois à la partie supérieure de cet étage représentent-elles le Zechstein ou Thuringien (28) ; on n'y a jamais trouvé de fossiles.

L'Autunien et le Saxonien sont bien représentés sur le versant méridional de la Montagne Noire ; mais c'est surtout dans le Rouergue qu'ils occupent de vastes surfaces.

ROCHES ÉRUPTIVES ET MÉTAMORPHIQUES

Les roches éruptives de la Montagne Noire et du Rouergue ne m'ayant présenté aucune particularité intéressante au point de vue minéralogique, sauf de rares exceptions que je signalerai à l'occasion, je ne m'occuperai que de leurs gisements et des relations qui peuvent exister entre elles. Puis je parlerai des roches métamorphiques, en indiquant les relations que j'ai reconnues entre elles et les roches éruptives précédemment étudiées.

ROCHES ÉRUPTIVES

C'est le granite qui joue le rôle de beaucoup le plus important ; les roches qui en dérivent, acides (aplites) ou basiques (lamprophyres), forment des filons ou des massifs d'importance secondaire, d'ailleurs très variable selon les régions. On en connaît des massifs dans la Montagne Noire ; aux environs du Vigan, dans les Cévennes et dans le Rouergue près de Villefranche-de-Rouergue.

MONTAGNE NOIRE. — Dans la Montagne Noire, le granite forme trois pointements orientés suivant la direction générale du massif, c'est-à-dire N. 70° E. (134-135-136). Tous sont constitués par un granite à structure grenue rappelant beaucoup la granulite, aussi l'ai-je figuré sur les cartes avec la teinte et le symbole de cette dernière roche. Ces trois pointements doivent en profondeur être en relation entre eux. Il semble qu'il faille rattacher à celui d'Angles, le plus septentrional des trois, le massif de Ginestier, dans lequel le mica noir est beaucoup plus abondant que dans les autres ; le granite a dû subir en ce point une action endomorphique de la part des roches sédimentaires situées en profondeur.

A cette même venue granitique, appartient le pointement qui se trouve à l'est de Castres, sur le bord septentrional de la Montagne Noire et que l'on désigne sous le nom de Sidobre. La disposition parfois très curieuse des blocs, résultant de la décomposition de la roche éruptive, donne à cette région un aspect des plus pittoresques (55).

Autour des pointements de la Montagne Noire et du Sidobre, les filons de granulite et de pegmatite, parfois même de pegmatite graphique, sont très abondants. Ils traversent les gneiss qui les entourent, tantôt parallèlement à la direction générale, tantôt suivant une direction N. O. - S. E. Parfois la tourmaline, d'élément accessoire, devient élément principal et forme avec le quartz des filons de tourmalinite.

C'est au granite de la Montagne Noire qu'il faut rattacher le massif du Mendic, situé au nord de Saint-Martin-d'Orb et formé de

microgranite et de microgranulite. De même pour la porphyroïde des environs nord de Graissessac qui est identique à celle du Ravin Mairus de l'Ardenne (28). A la suite des travaux de M. Jacques de Lapparent, elle doit rentrer dans le groupe des microgranites; par suite elle peut être considérée comme une apophyse du Mendic.

En plusieurs points de la région schisteuse qui entoure la Montagne Noire, j'ai constaté la présence de filons d'une roche blanche que j'ai désignée sous le nom de blaviérite, à cause de ses analogies avec une roche de ce nom reconnue par MM. Oehlert et Munier-Chalmas, en Bretagne. Pour M. de Lapparent, ce serait une rhyolite altérée. J'en ai signalé plusieurs gisements sous le nom de blaviérite au voisinage de la microgranulite du Mendic, sur le versant septentrional de la Montagne Noire, dans les environs de Lodève, dans le Rouergue, jusque dans les environs de Capdenac, à Asprières, enfin dans les environs du Vigan (28). C'est probablement la même roche que M. Termier avait déjà déterminée dans l'Albigois comme rhyolite.

Les roches lamprophyriques sont représentées par des porphyrites andésitiques micacées, des diabases le plus souvent à structure ophitique, enfin par des kersantites qui sont rares (28).

MASSIF DU SAINT-GUIRAL. — Il s'étend, au nord du Vigan, des environs de Saint-Jean-du-Buel (Aveyron) à Saint-Bonnet (Gard) et il est orienté sensiblement E.-O. (138-139); il est constitué par un granite porphyroïde dans lequel les cristaux d'orthose, présentant la macle de Carlsbad, peuvent atteindre une longueur de huit centimètres (117-119).

Ce massif est très pauvre en filons aplitiques et lamprophyriques; on n'en voit guère que dans les roches sédimentaires qui l'entourent immédiatement. Parmi les lamprophyres de cette région, il faut ranger les fraidronites d'Émilien Dumas qui sont des porphyrites micacées, et aussi certaines variétés basiques d'orthophyres.

MASSIF DE VILLEFRANCHE. — C'est le plus intéressant au point de vue des roches dérivées du granite (140). Une route longeant la rive droite de l'Aveyron, permet de voir côte à côte des filons de toutes

ces roches : tantôt ce sont des filons de granite à grains fins presque sans mica, à côté de granite micacé; tantôt ce sont de nombreux filons de microgranite et microgranulite. Les porphyrites micacées constituent la variété de lamprophyre la plus fréquente. Le granite de Villefranche se désagrège fréquemment en arène par suite de la kaolinisation facile de son orthose.

Dans les environs d'Arviu, il y a deux roches éruptives : une péridotite et une norite dont je parlerai plus loin, à propos du métamorphisme, parce qu'elles me paraissent dues à des actions endomorphiques exercées sur le granite par des roches sédimentaires.

Je traiterai de l'âge des roches éruptives en faisant l'Histoire géologique du Rouergue et de la Montagne Noire (p. 44).

L'étude des roches éruptives basiques d'âge tertiaire, que j'ai rencontrées dans les terrains primaires, ne m'a donné aucun résultat particulièrement intéressant. Ce sont des basaltes du type dit « basalte des plateaux ». Parfois les microlites d'augite constituent presque à eux seuls la roche qui passe alors au type limburgite (136). Ce n'est que vers le sud, dans les environs d'Agde, que les roches basiques deviennent de très belles labradorites, mais elles sont plus récentes (63).

Toutes ces venues basaltiques, d'âge pliocène moyen, semblent avoir été accompagnées de projections, mais je n'ai jamais trouvé d'appareil volcanique complet, sauf du côté d'Agde.

ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Tous les termes de la série métamorphique étant bien connus, je crois inutile de rappeler quels ils sont et de les décrire à nouveau. Je me contenterai de signaler la façon dont ils se groupent entre eux et dont ils se présentent.

Ils sont toujours en relation plus ou moins visible avec le granite ou les roches éruptives qui en dérivent; de telle sorte que des sédiments, de même composition lithologique et de même âge,

présentent des caractères différents, selon la façon dont ils ont été soumis à l'action du granite ou de ses émanations (43). Ces notions, dues en France à MM. Michel Lévy et Barrois, firent lentement leur chemin et à l'époque où je rédigeai ma thèse (1889) je dus encore admettre l'existence du « terrain primitif ».

MONTAGNE NOIRE. — Cependant j'avais constaté au milieu des gneiss et des micaschistes la présence de bandes de schistes dans lesquels s'étaient développés des cristaux d'andalousite et de staurotide, ainsi que cela a lieu dans les schistes au voisinage du granite (47-28). Très convaincu que je n'avais jamais affaire qu'à des roches métamorphiques, quelle que fût leur cristallinité, je cherchai le passage d'une même assise de l'état naturel à l'état cristallin. Le versant septentrional de la Montagne Noire pouvait seul me fournir la solution du problème, car c'est le seul où les bandes cambriennes dont j'ai parlé plus haut (p. 18) semblent venir buter contre le massif cristallin; tandis que sur le versant méridional elles lui sont parallèles.

Pour être sûr de bien suivre les mêmes schistes de l'extérieur à l'intérieur du massif cristallin, je mis à profit le fait que dans ces bandes cambriennes, les calcaires géorgiens et les schistes acadiens et potsdamiens sont toujours associés. A 1.500 mètres au nord-ouest de Murat, passe une bande calcaire sur laquelle a été bâti le village de Causse. Au nord et au sud de cette bande, se trouvent les mêmes schistes. En suivant cet ensemble qui est orienté suivant la direction N.E.-S.O., on voit les calcaires conserver leurs caractères pétrographiques, tandis que de chaque côté les schistes deviennent à sérécite, puis micacés; enfin, ils forment des micaschistes auxquels font suite des gneiss à mesure que l'on s'avance dans le massif cristallin (50). Le calcaire s'enfonce finalement sous les gneiss et il disparaît, alors que les actions métamorphiques qu'il a déjà subies n'ont fait que le rendre plus cristallin. Cette même bande calcaire redevient visible, en partie transformée en amphibolite (50), et à une cote bien inférieure à celle où on l'a quittée, dans le fond de la vallée du ruisseau de Viau au nord du village de Nages, au milieu des gneiss. Les érosions ont entamé assez profondément

sa couverture de schistes métamorphiques pour la laisser paraître au jour.

De ces faits on peut conclure : d'une part que la série cristalline de la Montagne Noire est bien métamorphique et d'autre part qu'elle appartient au Cambrien.

Dans cette même région, autour des pointements de granite que j'ai signalés, ce sont généralement des gneiss qui affleurent. Ils présentent un grand nombre de variétés de structure (gneiss grenu, gneiss œillé surtout); mais au point de vue de leur composition minéralogique, ils sont rarement à amphibole, exceptionnellement à grenat; je n'ai jamais trouvé de gneiss à cordiérite. Le calcaire forme des bandes plus ou moins développées au milieu des gneiss. Il a conservé très fréquemment ses caractères extérieurs : la calcite est en cristaux visibles à l'œil nu, formant des lits très réguliers; mais au milieu de ces cristaux il y en a de quartz, ainsi que des squelettes de cristaux d'amphibole et de pyroxène. Parfois ce sont de vraies cornes vertes compactes, et finalement des amphibolites. Exceptionnellement apparaissent des leptynites dues au métamorphisme des grès.

Lorsque le métamorphisme atteint son maximum, les gneiss passent au granite; ce dernier ne se distingue qu'à sa structure en balles de coton qui en est souvent caractéristique, comme aussi au défaut d'alignement de ses éléments. Mais le granite peut comme roche d'intrusion s'élever dans les roches antérieurement métamorphisées; dans les gneiss, il n'a produit comme action métamorphique qu'une exagération de leurs caractères métamorphiques; tandis que dans les schistes micacés, comme dans les schistes à séricite et à minéraux, il introduit à son contact des feldspaths, de la silice; il développe les plages de mica : il y a gneissification des schistes. C'est ce qui s'est produit pour le massif granitique le plus méridional, entre Ramondens et les Martyrs.

Autour de la région granitique et gneissique axiale qui correspond au maximum de métamorphisme, s'est formée une zone de micaschistes avec passage très rapide du gneiss aux micaschistes : cette zone est très étroite. Par contre, la zone des schistes à séricite, avec ou sans cristaux de silicates d'alumine, est très large.

Sur les deux versants se remarquent des bandes de roches plus métamorphiques, notamment de gneiss, intercalées au milieu de schistes dont le métamorphisme s'atténuait progressivement. Le fait s'explique par la formation d'anticlinaux à l'intérieur desquels les minéralisateurs se sont élevés plus haut que dans les roches environnantes : par suite le métamorphisme s'est accusé davantage pour une même cote atteinte par l'érosion.

Étant donné le grand nombre des roches acides issues des massifs granitiques de la Montagne Noire et qui en traversent les flancs, il n'est pas étonnant que l'on retrouve des traces de métamorphisme à de très grandes distances de la région gneissique.

Pour toute roche métamorphique il se pose deux questions d'âge : à quelle époque les sédiments étudiés se sont-ils déposés ? à quelle autre époque ont-ils été modifiés ? D'après ce que j'ai dit plus haut, il n'y a pas de doute qu'une partie des roches métamorphiques n'appartiennent au Cambrien. Malgré toutes mes recherches, je n'ai pu trouver de niveau moins ancien atteint de métamorphisme. Cependant les sédiments de tous les terrains primaires, jusques et y compris ceux du Dinantien, auraient pu être modifiés, car l'action du granite ne s'est fait sentir que postérieurement au charriage d'une nappe, charriage qui date au plus tôt de la fin du Dinantien, ainsi que je l'établirai plus loin (p. 41).

SIDOBRE. — Autour du Sidobre, on ne constate que des phénomènes de métamorphisme de contact : les schistes se sont chargés de feldspaths sur une très faible épaisseur ; ils sont encore devenus micacés et à minéraux. Les calcaires renferment des cristaux de trémolite et d'actinote au voisinage immédiat du granite. Ainsi qu'on peut le constater dans la vallée de l'Agout, celui-ci a entraîné des blocs anguleux de schistes feldspathisés et micacés, sans qu'aucune action endomorphique paraisse l'avoir modifié.

SAINT-GUIRAL. — Autour de ce massif, il n'y a aucun passage des granites aux gneiss (95). Le contact de la roche éruptive et des schistes se fait brutalement : le granite enveloppe les schistes qui présentent des cassures à arêtes vives. Mais les éléments du granite,

beaucoup plus fins que dans la roche éruptive, ont injecté les schistes feuilletés par feuilletés : les schistes après avoir été transformés en schistes micacés ont été gneissifiés. Parfois ils présentent à la surface des lits de mica, des cristaux de staurotide en formation ; il semble que ce soit les traces d'un premier stade de métamorphisme. Jusqu'à plusieurs kilomètres du granite, dans tout le massif schisteux qui l'entoure, on retrouve des schistes à minéraux (104). Fréquemment, au contact des filons de microgranite qui constituent autant d'apophyses du granite, les schistes sont devenus noirs ; ils sont alors très riches en matière pigmentaire et sont voisins des *Knotenschiefer* des pétrographes allemands.

Les calcaires dolomitiques du Géorgien ont été modifiés également au contact du granite ou de ses apophyses. J'y ai retrouvé dans les environs d'Aumessas et surtout au château du Tour, près Mandagout, quelques-uns des minéraux que M. Lacroix a signalés dans ses *Mémoires sur le granite des Pyrénées et sur ses phénomènes de contact* : trémolite, grenat, talc et serpentine (114). Dans la masse calcaire se reconnaissent des bandes de couleur plus foncée, bleu noirâtre, remplies de taches pigmentaires.

A côté de ces roches métamorphiques bien connues, j'en signalerai une autre que j'ai rencontrée dans les environs du Vigan, non loin du château du Tour et près du Plo-Vidal. Elle a l'aspect et la structure de la meulière : c'est une sorte de brèche calcaire entre les morceaux de laquelle il y a de la silice cristallisée. Parfois le calcaire a disparu et il reste une roche caverneuse ; ou bien la silice s'est substituée au calcaire et forme une roche compacte et litée ; dans ce cas elle est comparable aux grès du Falgairas, de la base du Dévonien (p. 21).

Les enclaves sont très rares dans le massif du Saint-Guiral ; quand il en existe, elles sont identiques à celles que j'ai signalées dans le Sidobre.

Les roches métamorphiques dont il vient d'être question sont d'âge cambrien, car j'ai pu les rattacher à d'autres non métamorphiques représentant le Géorgien, l'Acadien et le Potsdamien. Mais de plus, ainsi que je le dirai en parlant de la tectonique, ces mêmes roches

cambriennes sont renversées et font partie d'une nappe dont le charriage date du Westphalien.

ROUERGUE. — Dans le Rouergue, il n'y a que deux régions métamorphiques qui soient intéressantes ; les autres sont de faible étendue et ne présentent aucune particularité.

De ces deux régions, l'une s'étend au sud-est et au sud, l'autre à l'ouest et au sud-ouest de Rodez. La première est constituée presque uniquement par des gneiss à gros éléments, passant par places, notamment dans les environs de Villefranche de Panat, de Peyrebrune et de Salmicich, au granite typique avec la structure en balles de coton. Ces gneiss sont traversés par une grande bande d'amphibolite et de gneiss à amphibole décrivant un arc partant des environs nord de Salles-Curan, passant par les Intrans au sud de Pont-de-Salars, Dournetz, Arvieu, Pantezac, Alrance, Calmels, les environs du Viala du Tarn et aboutissant à Montjaux. Cette bande correspond à une zone primitivement riche en calcaire et en dolomie, aussi y trouve-t-on encore des minéraux riches en calcium et en magnésium ; c'est le grenat, comme dans les amphibolites d'Arvieu et des environs du Viala du Tarn ; c'est la serpentine, comme à Dournetz, à Arvieu, à Pantezac, au Minier du Tarn, où elle est associée aux calcaires d'où elle dérive.

C'est dans la même bande que se voient deux roches éruptives dérivant du granite par endomorphisme. Au nord de Pantezac pointe une norite (hypérite) au milieu d'un massif de serpentine. Elle est formée de grands cristaux d'hypersthène, de diallage et de diopside, qui en constituent le fond ; ceux d'hypersthène semblent avoir subi une sorte de torsion sous l'action de laquelle ils se sont parfois rompus. Entre ces cristaux et souvent dans leurs fissures, se voit une association de petits cristaux à angles arrondis de labrador, de diopside et de quartz (12-28). Cette roche éruptive est due à une action endomorphique exercée sur le granite par les roches calcaires qu'il aurait traversées en profondeur ; celles-ci sous l'action du granite auraient donné naissance aux pyroxènes et ce serait le granite qui aurait fourni les éléments feldspathiques et siliceux. Déjà, lorsque

je m'étais occupé de cette roche pour la première fois, je l'avais considérée, ainsi que faisait le professeur Beck pour les gabbros, comme une association d'une roche d'origine sédimentaire et d'une roche éruptive (28).

Tout autour de la norite, il y a une zone de cristaux fibreux d'anthophyllite qui la sépare de la serpentine. Cette variété d'amphibole est également due au métamorphisme de calcaires.

C'est encore à une action de même sorte que celle que j'ai signalée en parlant de la norite, que serait due une péridotite qui forme dyke près du château d'Arviu ; elle est d'ailleurs transformée en grande partie en serpentine.

Tous ces phénomènes d'endomorphisme ont été signalés et expliqués par M. Lacroix dans son étude sur le granite des Pyrénées et sur ses phénomènes de contact.

Cette première région gneissique passe sur ses bords aux schistes micacés et aux schistes à séricite avec ou sans minéraux, mais d'une façon si insensible qu'il est très difficile de tracer entre les deux roches une ligne de démarcation.

Il en est de même d'ailleurs pour le massif gneissique situé à l'ouest et au sud-ouest de Rodez. Dans celui-ci, les affleurements de granite au milieu des gneiss, avec passage de l'une à l'autre roche, sont pour ainsi dire inconnus. Il y a bien un massif granitique, celui de Villefranche-de-Rouergue, avec lequel les gneiss et les schistes métamorphiques qui les accompagnent doivent être en relation, mais en profondeur. Ce massif est un effet d'intrusion dans des schistes à séricite et à minéraux. A son contact, le long de son bord oriental, du côté de Saint-André, de Bor-et-Bar, les schistes sont feldspathisés.

En certains points, là où les schistes métamorphiques qui entourent le granite ont été creusés profondément par les cours d'eau, par exemple dans la vallée de l'Aveyron, au sud de Villefranche, apparaissent des bandes de calcaires cristallins renfermant du talc, des cristaux de trémolite et d'actinote ; elles sont accompagnées parfois d'amphibolites et toujours de serpentine. Les principaux gîtes sont ceux de Falgairrolles, de Combettes et de Cassagnes, tous dans

les environs de Najac. Cette série correspond à un métamorphisme plus avancé que n'est celui des schistes supérieurs (412).

Rien ne m'a permis de reconnaître l'âge du dépôt des sédiments métamorphisés du Rouergue. Leurs caractères pétrographiques sont ceux des roches métamorphiques de la Montagne Noire ; aussi dans toute la partie avoisinant cette région, là où on peut relier pour ainsi dire ces terrains cristallophylliens, par suite de leur même allure, à ceux de la Montagne Noire, les ai-je rattachés au Cambrien : ce fut le cas pour les schistes à sérécite des feuilles de Castres, d'Albi, de Saint-Affrique et du Vigan. Mais plus au nord, du côté de Rodez, là où il semble bien qu'il n'y ait plus de relations d'allure avec les régions situées plus au sud, je n'ai pas osé préciser l'âge des roches métamorphiques et je les ai rangées dans l'ensemble désigné par X dans la légende de la carte géologique de la France.

Cependant il est à remarquer que les calcaires, quand ils ont persisté dans leur état primitif, ainsi que les serpentines, les amphibolites, les gneiss amphiboliques et d'une manière générale toutes les roches qui proviennent des calcaires par métamorphisme, correspondent toujours aux axes de plis anticlinaux, comme c'est le cas pour les calcaires géorgiens au milieu des schistes acadiens et potsdamiens. Mais le Rouergue ne renfermant aucun terrain primaire fossilifère, la question de l'âge du métamorphisme ne semble pas devoir être jamais tranchée.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE LA MONTAGNE NOIRE ET DU ROUERQUE. — TECTONIQUE

Ainsi que je viens de le dire, il n'est pas possible de déterminer l'âge de dépôt des roches métamorphiques du Rouergue. Dans la Montagne Noire, les roches sédimentaires les plus anciennes qui aient été reconnues sont cambriennes ; on les rencontre d'ailleurs métamorphisées ou non, les unes à côté des autres sur les deux versants : sur le versant septentrional il y a, en plus, dans des synclinaux des vestiges de sédiments ordoviciens et gothlandiens, mais aucune trace de terrains plus récents. Ce sont les seules preuves que nous ayons que la mer silurienne a, comme la mer cambrienne, recouvert l'emplacement de la Montagne Noire. Les autres terrains primaires, en effet, n'ont de représentants que dans la nappe qui en recouvre en partie le versant méridional ; mais ils ne sont pas en place et viennent d'une région située plus au sud. Les mers qui les ont déposés se sont-elles étendues plus au nord, sur la Montagne Noire, le Rouergue et même le Massif Central ? Je serais porté à le croire. En effet, le facies des niveaux qui existent à la fois sur le versant septentrional et dans la nappe est le même ; par suite les mers cambrienne et silurienne s'étendaient du nord de la Montagne Noire jusque dans la région correspondant à la plaine de l'Aude et de l'Hérault. D'autre part, le Dévonien et le Carbonifère tout à fait inférieur, qui n'existent que dans la nappe, sont en concordance de stratification entre eux et avec les terrains plus anciens faisant partie de cette nappe. Il semble donc qu'il n'y ait eu aucun mouvement du sol depuis le Cambrien jusqu'au début du Carboni-

fère dans la région de la Montagne Noire. J'en conclus que la mer a dû la recouvrir pendant toute cette période. Ce qui viendrait encore à l'appui de cette manière de voir, c'est que dans cette dernière région, comme dans le massif situé au sud et au sud-est de Rodez, les gneiss qui affleurent maintenant et qui atteignent le maximum de métamorphisme, puisqu'ils passent au granite, ont dû se former en profondeur sous une très grande épaisseur de sédiments, à la fin du Dinantien, comme je le dirai plus loin. Pour que, à cette époque, il en fût ainsi, il fallait que sur le Cambrien, aux dépens duquel ont été formés les gneiss, il y eût la série primaire en entier. Enfin un autre argument peut être tiré de la présence du Famennien et du Dinantien dans la partie nord-est du Massif Central, où M. Albert Michel-Lévy les a reconnus, si, comme ce dernier l'admet, la série métamorphique sous-jacente représente le Primaire plus ancien.

A la fin du Tournaisien, commencent à s'esquisser des rides formant continents, d'où descendent des cours d'eau entraînant des végétaux, ainsi que des galets roulés de lydienne et de quartz blanc qui formeront poudingue dans la partie supérieure de ce même sous-étage.

A mesure que la période carbonifère s'écoule, les rides s'accroissent, et finalement tout le Massif Central se soulève. Dans la Montagne Noire, comme dans toute la partie orientale du Massif Central, il se forme, sous l'action de poussées venant du sud-est, des plis alternativement anticlinaux et synclinaux, ayant une direction N.E.-S.O. ou direction varisque ; tandis que vers l'ouest, sous l'action de poussées venant du sud-ouest, les plis prennent une direction N.O.-S.E. ou direction armoricaine. Ces derniers efforts ne se font sentir que faiblement dans la partie méridionale de la Montagne Noire.

A partir de ce moment la Montagne Noire existe et elle aura une histoire qui sera en relation avec celle du Massif Central dont elle fait partie. Elle débute donc par être une région plissée dont les érosions jusqu'à l'époque actuelle ont fait disparaître une très grande épaisseur de couches.

Postérieurement à la formation de ces plis, toujours sous l'action des poussées qui leur avaient donné naissance, il se produit une

nappe qui, venant du sud-est, s'est avancée vers le flanc méridional de la Montagne Noire qu'elle a recouvert en partie (401). Dans son mouvement de progression, elle s'est déchirée et ses lambeaux, formant trois écailles, se sont chevauchés les uns les autres. (Voir la carte, fig. 2, p. 79.) Tous les terrains primaires s'y trouvent depuis le Géorgien jusques et y compris le Viséen.

On ne peut préciser d'où vient cette nappe puisqu'on ne connaît dans le Midi aucune autre région où se trouve le Cambrien. Néanmoins, il est certain qu'elle doit avoir sa racine dans les plaines de l'Hérault et de l'Aude, dans cette dépression d'où est venue plus tard une partie des nappes des Pyrénées.

L'écaille inférieure se montre un peu à l'ouest de Caunes : les schistes du niveau de Tremadoc, surmontés directement par le Dévonien, ont été refoulés, avec une allure très irrégulièrement ondulée, sur le Cambrien redressé à la verticale. Le Dévonien supérieur au complet ainsi que les calcaires et lydiennes de la base du Carbonifère plongent très rapidement sous les schistes tournaisiens qui forment une plaine au sud de Caunes. Sur ces derniers schistes on trouve, par places, des lambeaux de calcaire viséen. Ce Carbonifère inférieur disparaît vers le sud sous les schistes ordoviciens, du niveau de Tremadoc, qui constituent la base de la seconde écaille.

La première écaille se prolonge vers l'est ; mais au niveau d'A-beuradou, par suite de l'arrêt des plis du Cambrien de la Montagne Noire, elle a pu cheminer vers le nord ; dans son mouvement de progression, il y a eu laminage et disparition de certains horizons dévoniens. Cette écaille s'est avancée, suivant la même direction, jusqu'au niveau de la vallée d'Usclats, et enfin jusqu'à Saint-Pons, où elle apparaît avec la série dévonienne très complète, surtout dans sa partie supérieure ; mais elle ne semble pas s'étendre au delà de la gare de Saint-Pons.

La seconde écaille débute encore, au voisinage de Caunes, par les schistes du niveau de Tremadoc. Elle suit la première, en la recouvrant, jusqu'à Saint-Pons, puis elle s'étend vers le nord-est jusqu'à Villeneuve, où elle disparaît sous le Trias. Elle est limitée au nord à la vallée du Jaur et de l'Orb et au sud elle plonge sous les dépôts tertiaires qui s'étendent de Caunes à Laurens ; vers l'est elle

disparaît théoriquement sous la troisième écaille, mais, en réalité, les « fenêtres » sont si nombreuses dans celle-ci qu'on ne cesse de voir son substratum.

On peut la diviser en trois régions d'après les terrains qui affleurent : la partie sud-ouest où le niveau de Tremadoc prédomine et où se montrent également quelques bandes cambriennes — la partie médiane formée de Cambrien, sauf en quelques synclinaux où se retrouve le niveau de Tremadoc — enfin la partie nord-est assimilable à une vaste cuvette occupée par le Dinantien. Celle-ci est bordée au nord et à l'ouest par des collines renfermant tous les horizons primaires jusques et y compris la base du Tournaisien.

Sous l'action des poussées venues du sud-est, il s'est formé des anticlinaux le plus souvent renversés vers le nord. Parfois ce sont des dômes dont les uns sont normaux, comme celui qui est situé au sud de Roquessels et qui ramène, par suite d'érosion, le Cambrien au milieu de la série primaire supérieure, tandis que les autres, comme celui de Poussarou qui n'intéresse que le Cambrien, sont épanouis en éventail.

C'est à l'extrémité orientale de cette deuxième nappe que se trouve le Pic de Bissous qui domine la région de Cabrières. Il appartient à la bordure septentrionale de la région nord-est et présente cette particularité que la série primaire, qu'il renferme en entier, est déversée vers le sud et par suite plonge vers le nord. Cette allure peut s'expliquer par le jeu d'une faille qui passe au nord du Pic de Bissous et qui met le Jurassique inférieur et moyen au contact de l'Ordovicien.

La troisième écaille est cantonnée entre Laurens et Villeneuve; c'est elle qui occupe la plus petite surface, mais elle renferme tous les horizons primaires, sauf ceux du Cambrien, et c'est elle qui a fourni les premiers fossiles primaires du Languedoc, ceux qui ont rendu célèbre la localité de Cabrières. Elle débute aussi par le niveau de Tremadoc, et elle repose sur des schistes tournaisiens; j'ai été assez heureux pour trouver, près de Roquessels, des fossiles dans ces deux niveaux, ce qui m'a permis d'affirmer leur âge différent et d'établir d'une façon certaine l'existence de nappes sur le versant méridional de la Montagne Noire.

Par suite de refoulements, de déchirures et de laminages, cette écaille est la plus difficile à interpréter : bien des termes ont disparu des séries, par suite d'actions mécaniques ; enfin les érosions ont isolé des lambeaux qu'on rattache difficilement entre eux.

Ces écailles sont limitées vers le nord par la faille du Pic de Bissous et vers l'est elles sont recouvertes par les assises secondaires. Néanmoins la nappe à laquelle elles appartiennent a dû se prolonger vers le nord-est jusque dans la région du Vigan. La série cambrienne y est complète, affectée de plis varisques et présentant les mêmes alternances de bandes calcaires et de bandes schisteuses déjà signalées dans la Montagne Noire. Mais on reconnaît que cette même série cambrienne renversée a été refoulée sur elle-même, comme au col de Mourès, où elle forme une écaille (404). Celle-ci se prolonge tout le long du massif ancien qui constitue l'axe des Cévennes et se perd sous des nappes de terrains secondaires. Elle n'est constituée que par le Cambrien.

Il n'est pas possible de dire d'où vient cette écaille ; mais il est bien vraisemblable qu'elle fait partie de la nappe qui recouvre le versant méridional de la Montagne Noire et que par suite elle vient de la même dépression de la plaine de l'Hérault et de l'Aube.

L'âge de formation de ces écailles résulte de ce fait qu'elles comprennent le Viséen comme horizon le moins ancien et que le Stéphanien du bassin de Neffiez repose directement sur la deuxième et la troisième écaille. Le charriage a donc dû se produire entre le Dinanien et le Stéphanien, c'est-à-dire durant le Westphalien.

Pendant que se formaient les écailles dont il vient d'être question, et même postérieurement à leur formation, les poussées sous l'action desquelles elles s'étaient produites et avaient progressé, s'exerçaient encore. Par suite, le magma granitique s'élevait des profondeurs à l'intérieur des anticlinaux qui venaient de se former et les roches sédimentaires se transformaient en ces roches métamorphiques dont il a été question plus haut. Mais le granite pouvait pénétrer plus haut encore. C'est ainsi que celui du massif de Saint-Guiral atteignait les calcaires de l'écaille du Vigan et y produisait à son contact les phénomènes de métamorphisme que j'ai signalés au château du Tour, à Aumessas et au Plo-Vidal (p. 33).

Au niveau du village des Verreries, dans la deuxième écaille de la Montagne Noire, il y a une bande de schistes à séricite, qui s'intercale dans le Cambrien et qui paraît être due à une action métamorphique profonde.

Enfin les roches éruptives dérivées du granite (granulite, microgranite, porphyrites, diabases, etc.) ont traversé les écailles.

De tous ces faits, on peut conclure que la venue du granite et de ses dérivés, ainsi que toutes les actions métamorphiques qu'ils ont produites, sont postérieures au charriage de la nappe, c'est-à-dire postérieures au Viséen. Mais comme, d'autre part, on trouve dans les sédiments houillers, dès le Stéphanien inférieur, des galets de roches métamorphiques, il faut conclure que la venue du granite est comprise entre la fin du Dinantien et le commencement du Stéphanien, c'est-à-dire qu'elle date du Westphalien.

L'histoire géologique du Rouergue ne commence pour nous qu'au moment où le Massif Central se plisse, c'est-à-dire après le Dinantien ; il subit alors l'action des poussées venant du sud-ouest et il est affecté de plis armoricains, d'ailleurs visibles seulement sur une faible étendue, dans sa partie occidentale. L'allure des couches y est plutôt en relation avec celle des massifs cristallins (granite et gneiss).

Ceux-ci se sont formés très vraisemblablement à la même époque que dans la Montagne Noire et dans les environs du Vigan, c'est-à-dire à l'époque westphalienne. La seule indication d'âge est fournie par le fait que les premiers conglomérats stéphanien du Rouergue sont riches en roches métamorphiques et parfois en granite. Dès lors on peut admettre que, à l'époque westphalienne, il y a eu une venue granitique dans les anticlinaux nouvellement formés ou même indépendante d'eux. Elle a rendu ces roches résistantes ; sous l'action des poussées qui continuaient à se faire sentir du sud-ouest et du sud-est, il n'y a plus eu de plissements, mais des soulèvements accompagnés de ruptures, et formation de chenaux d'effondrement.

C'est ce que confirme l'étude des bassins houillers du Massif Central. Pour le moment, je ne m'occuperai que de ceux de la Montagne Noire et du Rouergue, reportant l'étude générale des dépres-

sions houillères au paragraphe où j'analyserai un de mes mémoires traitant de la question (p. 77).

Sur le bord méridional de la troisième écaïlle de la Montagne Noire, s'est formée, antérieurement au Stéphanien, une dépression ayant la même direction que celle du massif. Les sédiments du bassin houiller de Neffiez qui, d'après les déterminations faites autrefois par M. Grand'Eury, dateraient du commencement du Stéphanien, s'y sont déposés; ils disparaissent vers le sud sous le Permien et le Trias.

Les autres bassins du Rouergue et de la Montagne Noire sont orientés indépendamment de toute direction armoricaine ou varisque; ils correspondent tous à des régions d'effondrement, à des chenaux que l'on peut suivre sur de grandes longueurs.

Ceux qui sont situés dans la partie occidentale du Rouergue jalonnent une faille dite d'Asprières-Villefranche-de-Rouergue qui a une direction N. 20° E. et qui est le prolongement d'une grande faille passant par Souvigny-Noyant-Mauriac. Celle-ci traverse tout le Massif Central et correspond à un chenal d'effondrement dans lequel se rencontrent de nombreux sédiments houillers. Il en est de même pour la faille d'Asprières-Villefranche; sur sa lèvre occidentale, au niveau de Najac et de Puech-Mignon, effleurent des sédiments houillers plongeant vers l'ouest sous le Permien et le Jurassique, tandis que vers l'est, ils butent contre les terrains métamorphiques du Rouergue (Voir pour ce chenal, p. 84).

A l'est de ce chenal s'en trouve un autre orienté N.-S. dans lequel s'est formé le bassin de Decazeville (p. 85); la partie méridionale daterait peut-être de la base du Stéphanien, tandis que la plus grande partie du bassin serait plus récente et de même âge que les couches supérieures de Saint-Étienne. Je reviendrai plus loin sur ce chenal (p. 63).

De ce bassin de Decazeville, part vers l'est une dépression d'effondrement, dite de Saint-Christophe, occupée par des sédiments permieniens que recouvre sur de grandes surfaces le Jurassique inférieur et moyen; elle est limitée au nord et au sud par des failles ayant sensiblement la direction E.-O.; mais, sur les bords N. et S., sont restés de petits lambeaux houillers correspondant, pour ceux du

nord, aux bassins du Lot et, pour ceux du sud, aux bassins des Palanges et du Levezou. Cette dépression doit donc contenir en profondeur des dépôts houillers. Puis le Permien disparaît sous les causses de Sauveterre et de Méjean. Mais les failles qui se montraient dans la région permienne persistent dans les causses, en subissant une légère inflexion vers le sud. Il est très probable qu'elles jalonnent encore en profondeur des dépôts permien et houillers.

En dehors des causses, il n'y a plus trace de cette dépression vers l'est; il est vrai que l'on a affaire à des roches cristallines dans lesquelles il est toujours bien difficile de reconnaître des cassures. Il est cependant à remarquer que dans le prolongement de la région faillée se trouve le bassin de Bessèges et de la Grand'Combe appartenant à la bordure sud-est du Massif Central. La dépression de Saint-Christophe correspondait-elle à un chenal reliant le bassin de Decazeville à celui de Bessèges? ou bien s'arrêtait-elle à un chenal orienté N.-S. et qui aurait été l'origine de la dépression des causses? Je n'ai pu trancher la question.

Le bassin de Carmaux (p. 67) appartient à une dépression d'effondrement orientée sensiblement E.-O. et limitée au nord et au sud par des failles ayant la même direction. Dans le prolongement de ce bassin vers l'est se rencontre celui de Brousse, situé à 32 kilomètres de Carmaux; le houiller y est à l'état de lambeaux isolés les uns des autres par des failles, et il disparaît finalement vers l'est sous le Permien de la dépression de Saint-Affrique.

Sur les bords de celle-ci, les failles ont des directions assez variées. Du côté de Montclar, on en voit qui sont orientées E.-O. Plus à l'est, dans la région des Causses, le Jurassique est coupé par des failles dont quelques-unes ont une direction N.E.-S.O. et sont en relation avec les alignements cambriens du versant septentrional de la Montagne Noire; mais il en est d'autres qui paraissent être dans le prolongement de celles de Brousse ou qui leur sont parallèles. Il est bien vraisemblable que ces accidents ne sont pas autre chose que des failles carbonifères ayant rejoué après le Jurassique.

Parmi celles-ci, il en est une qui passe un peu au sud de Sau-

clières, puis par Alzon et le Vigan. Les érosions qui ont attaqué les terrains secondaires formant la lèvre méridionale de la faille ont mis à nu, depuis Molières jusqu'à Sumène, une série de lambeaux houillers. La dépression que ceux-ci occupent est parallèle à la grande faille dont je viens de parler et aussi au massif granitique du Saint-Guiral.

Étant donnée la façon dont les dépôts houillers de Carmaux, de Brousse et de Sumène sont alignés, étant donné que tous sont limités de la même manière par des failles (117), je suis porté à les considérer comme appartenant à une même dépression d'effondrement, à un même chenal orienté, comme celui de Saint-Christophe, sensiblement E.-O. Il reliait très vraisemblablement le chenal de Villefranche-de-Rouergue au bord oriental du Massif Central, bord qui du côté de Sumène est caché sous des nappes de terrains secondaires.

Des deux bassins de Réalmont et de Graissessac (p. 69), le premier appartient à l'extrémité méridionale du Rouergue, tandis que le second se trouve sur le versant septentrional de la Montagne Noire. L'orientation de ce dernier est indépendante des plis varisques du massif. Si on suppose ces deux bassins prolongés, l'un vers l'est et l'autre vers l'ouest, ils se raccorderont suivant une direction sensiblement E.-O. parallèle aux précédentes. Il est très vraisemblable qu'il y a là encore un troisième chenal.

Si l'on tient compte de la façon dont sont disposés les bassins houillers du Rouergue, on voit qu'ils correspondent à des zones d'effondrement, ou chenaux antestéphaniens, dont les directions, parfois parallèles entre elles, semblent être en relation avec celles des massifs cristallins granitiques et gneissiques et nullement avec celles des plis armoricains et varisques.

L'existence de pareils chenaux traversant le Massif Central, parfois d'un bord à l'autre, comme je crois l'avoir bien établi (Voir encore p. 81), est un fait capital, car il explique comment cette région, émergée postérieurement au Dinantien, a pu être envahie par la mer durant le Permien et une grande partie du Jurassique, et aussi comment, à l'époque oligocène, des eaux douces ou saumâtres ont pénétré de nouveau dans quelques-uns de ces chenaux.

En effet, lorsque, à la fin du Stéphanien, se produisit un affaissement général du Massif Central, la mer envahit ces chenaux en déposant des sédiments concordants sur le Stéphanien. Cet affaissement s'accrut d'ailleurs pendant le Saxonien, ce qui explique la très grande extension et la très grande épaisseur de cet étage. D'après les caractères de ses sédiments, très riches en peroxyde de fer, la mer ne devait pas être profonde et, par suite, l'affaissement a dû être lent et continu.

A l'époque triasique, la mer se retire de la partie occidentale du Rouergue; au début elle est cantonnée vers l'est, mais à mesure que la période s'écoule, la mer gagne du terrain vers l'ouest (89); cependant elle n'atteint jamais la région de Villefranche. Vers la fin du Trias, il s'est formé de vastes lagunes d'évaporation.

Le Jurassique inférieur (Infralias et Sinémurien) est caractérisé par une nouvelle transgression très accusée de la mer. Il débute par des grès d'épaisseur variable attribués par certains auteurs au Trias, mais j'ai reconnu (107) qu'ils appartiennent sûrement à la base du Lias, car ils l'accompagnent toujours, même dans les régions où existe le Trias, comme à Saint-Rome de Tarn; ils sont donc indépendants de ce dernier terrain. Ces grès se reconnaissent en un très grand nombre de points, ce qui permet de se faire une idée de l'extension considérable du Jurassique dès son début.

N'ayant pas étudié personnellement les autres assises du Jurassique des Causses, je n'en dirai, d'après MM. Bleicher, de Rouville, Fabre, Gouret, Nicklès, Authelin, Glangeaud, Thévenin, que ce qu'il est nécessaire de savoir pour comprendre le rôle du Rouergue et de la Montagne Noire pendant cette période.

Contrairement à ce qui se passe en Bretagne et dans l'ouest de la France, la transgression précédente ne s'accrut pas pendant le Charmouthien. Mais elle s'accrut au Toarcien et au Bajocien inférieur. Il y a alors large communication entre la dépression de l'Aquitaine et celle qui forme la région des Causses. D'autre part, celle-ci était certainement en relation avec la mer qui occupait la future dépression rhodanienne et la région du Gard et de l'Hérault. Il est à remarquer que dans toute la série liasique se rencontrent

des niveaux riches en lignites, ce qui semble indiquer l'existence de continents, même aux moments de la plus grande extension de la mer; ces continents n'étaient sans doute que des îles parmi lesquelles devait figurer la Montagne Noire, au pied de laquelle se retrouvent des représentants de tous les étages jurassiques. Avec le Bajocien supérieur commence une régression qui atteindra son maximum au Bathonien inférieur. A ce moment, se constate l'existence, en un très grand nombre de points, de lagunes ou d'estuaires dans lesquels se déposaient des sédiments avec faune d'eau saumâtre. Dans le Larzac, c'est-à-dire au cœur même des Causses, il y a souvent dans cette série des intercalations de couches de lignites.

A partir du Bathonien, il n'y aura plus communication entre la région du Quercy et celle des Causses; le Rouergue les sépare et dès lors, leur histoire géologique sera distincte. Il se produit bien à l'époque callovienne un nouvel affaissement général, par suite duquel il y a une nouvelle transgression de la mer dans les régions du Quercy, des Causses et des Cévennes, mais sans que la communication se rétablisse entre elles. A la fin du Jurassique, comme pendant le Crétacé et le début du Tertiaire, la mer abandonne complètement le Rouergue, la région des Causses et la Montagne Noire qui, dès lors, vont former un ensemble tel que nous le voyons actuellement, mais avec une altitude bien moindre. Cet ensemble correspond à l'extrémité sud du Massif Central: il semble former une sorte de promontoire, à l'ouest duquel se trouve le géosynclinal de l'Aquitaine, tandis que, au sud, s'étend le géosynclinal sous-pyrénéen; de là, sur le pourtour de ce promontoire, des différences dans les faunes, dans la nature des sédiments et dans l'allure des dépôts, selon que l'on a affaire à l'un ou à l'autre de ces géosynclinaux.

Dans le géosynclinal sous-pyrénéen, la mer durant l'Éocène se tient sur le bord méridional de la Montagne Noire; cependant, dans les environs de Bédarieux, existent des calcaires avec faune saumâtre du Bartonien qui semblent indiquer l'existence d'un golfe.

A l'Éocène moyen commence à se dessiner la chaîne des Pyrénées; son ridement s'accroît au Bartonien pour atteindre son maximum

entre le Sannoisien et le Stampien. Il se produit de nouveaux plissements et de nouveaux charriages au sud de la Montagne Noire et des Cévennes. Les nouvelles nappes reconnues dans l'Hérault et entrevues dans le Gard sont venues déferler pour ainsi dire contre le flanc méridional de la Montagne Noire et des Cévennes, flanc contre lequel étaient déjà venues buter les nappes carbonifères (415).

Dans le géosynclinal de l'Aquitaine, durant le Lutétien inférieur et moyen se déposent, au voisinage de la Montagne Noire, des sables argileux rouges et des argiles sableuses dont les éléments proviennent du massif montagneux et ont été entraînés par les eaux de ruissellement; puis ce sont des calcaires lacustres qui représentent les autres termes de l'Éocène moyen et l'Éocène supérieur. Ils occupent les dépressions de Mazamet (vallée du Thoré) et de Castres, ce qui indique que, déjà à l'époque éocène, la partie occidentale de la Montagne Noire avait été attaquée par des cours d'eau qui se rendaient vers l'ouest, c'est-à-dire vers le bassin de l'Aquitaine. C'est à la fin de l'Éocène que des courants venant du sud-est ont entraîné dans le Castrais les éléments des poudingues de Palassou. A partir de ce moment, la ligne de partage des eaux existe telle que nous la voyons actuellement entre le bassin de l'Atlantique et celui de la Méditerranée.

Pendant l'Oligocène, un ruissellement très intense attaque le Rouergue et le versant septentrional de la Montagne Noire; il en résulte la formation de conglomérats à galets assez volumineux, de graviers et d'argiles. Dans quelques dépressions, à l'embouchure d'anciens cours d'eau, il se déposait des calcaires d'eau douce à fossiles stampiens.

Ces conglomérats et graviers qui peuvent, dans la région de Requista, atteindre des cotes supérieures à 800 mètres, ne se rencontrent que sur le versant atlantique. Cette disposition me semble pouvoir s'expliquer ainsi: sous l'action des poussées qui ont fait surgir les Pyrénées, le massif bordé par la Montagne Noire et les Cévennes s'est également soulevé. Il a atteint une altitude bien supérieure à la cote actuelle; mais les érosions ont enlevé une grande épaisseur de sédiments et la région a été transformée en pénéplaine. Néanmoins l'arête méridionale du plateau présente des cotes oscil-

lant entre 800 m. et 1.440 m. (Aigoual). Par suite du plongement général de ce plateau vers le nord et vers l'ouest, les eaux de ruissellement ont dû se réunir pour donner naissance aux cours d'eau du versant atlantique.

Les dépôts oligocènes lacustres sont cantonnés surtout à l'ouest de la grande faille de Villefranche-Asprières ; il est bien probable que cette région d'effondrement formait encore à cette époque un chenal qui, remontant vers le Cantal, a permis une communication entre l'Auvergne et le sud-ouest de la France.

Depuis la période oligocène, il y a eu peu de modifications dans le Massif du Rouergue et de la Montagne Noire. Il ne semble pas que les efforts sous lesquels se sont produits les soulèvements alpins, s'y soient fait sentir d'une façon spéciale ; peut-être ont-ils provoqué un nouveau mouvement ascensionnel, mais rien ne permet de le reconnaître. On ne possède en effet aucun renseignement sur l'histoire de ce massif durant le Miocène.

Par places, sur les Causses, se rencontrent des graviers pliocènes, vestiges d'anciens cours d'eau, mais il ne m'a pas été possible d'en reconstituer le tracé. Il n'en est qu'un que j'ai pu suivre, grâce à ses alluvions, depuis les environs de Bédarieux jusque dans le bois de Fuxian, à l'est de Laurens et au delà. Près de Bédarieux, celles-ci reposent à une cote de 300 mètres environ sur les dolomies du Jurassique moyen, alors que, tout autour, ces mêmes dolomies atteignent une cote de 600 mètres ; il y a donc eu effondrement de la région de Bédarieux avant le dépôt des alluvions pliocènes qui appartiennent vraisemblablement au Pliocène moyen.

C'est sans doute, comme partout ailleurs, aux époques miocène et pliocène que les cours d'eau actuels ont commencé à creuser leurs lits ; mais dans les vallées de la Montagne Noire comme dans celles du Rouergue, les dépôts miocènes et pliocènes font défaut : on n'y trouve que des alluvions pléistocènes, de telle sorte qu'on ne peut dater avec certitude le commencement de leur creusement dans les terrains paléozoïques. Cependant il est une vallée dont l'origine doit remonter au plus tôt à l'époque pliocène ; elle est suivie actuellement par le Jaur et l'Orb qui y coulent d'ailleurs en sens contraire. Cette vallée, creusée au contact de la deuxième

nappe et du versant méridional de la Montagne Noire, suit le prolongement de la faille que j'ai signalée au nord du Pic de Bissous (p. 40). Elle devait être occupée par un affluent du cours d'eau de Fuxian, qui ainsi que le Jaur actuel, coulait de l'ouest vers l'est. Il est probable que ce cours d'eau datait d'une époque plus ancienne que le Pliocène, car il se trouve dans le prolongement de la vallée du Thoré qui était déjà creusée au Lutétien.

C'est encore à cette même époque pliocène que les basaltes des plateaux, qui couvrent de grandes surfaces dans les Causses, sont venus au jour. On a depuis longtemps signalé la direction N.-S. suivant laquelle s'alignent leurs bouches de sortie, comme leurs coulées. Bien que ces basaltes n'aient pas fait éruption par des failles proprement dites, ils ont dû cependant venir au jour par des cassures ayant le plus souvent la direction générale N.-S. Celles-ci correspondaient vraisemblablement à d'anciennes failles, qui, si elles n'ont pas rejoué, ont pu du moins permettre l'ascension des basaltes. Dans la région des Causses les éruptions pliocènes se seraient donc produites, dans les mêmes conditions que dans la vallée de l'Allier où les roches éruptives de la période néogène sont venues au jour par des failles datant du Carbonifère. Je reparlerai plus loin de ces cassures des Causses (p. 86).

A l'époque pléistocène, les principales vallées déjà creusées à la fin de l'époque néogène, en particulier pendant le Pliocène, se sont approfondies. La plupart, en effet, présentent une terrasse située à une vingtaine de mètres au-dessus du fond du cours d'eau.

La disposition générale des ruisseaux sur le versant méridional de la Montagne Noire résulte de sa structure : des cours d'eau conséquents ont creusé de profondes vallées dans lesquelles, par suite de la disposition en bandes parallèles des différents niveaux primaires, viennent se jeter des cours d'eau subséquents. C'est le cas notamment pour l'Argendouble qui passe à Caunes. La fréquence des phénomènes de capture semble caractériser cette époque. Je me contenterai d'en donner quelques exemples. L'Hérault, en creusant toujours sa vallée vers le nord, s'est avancé jusque dans la région des Cévennes qui appartient au plateau du versant.

atlantique; il a capturé ainsi dans le massif de l'Aigoual la partie haute de plusieurs ruisseaux, affluents du Dourdou qui se jette dans le Tarn (119). De même, sur le versant méridional de la Montagne Noire, la vallée du Jaur qui, à l'époque pliocène, aboutissait à Bédarieux et débouchait dans le cours d'eau du bois de Fuxian, a été atteinte par un cours d'eau conséquent de direction N.-S. qui a capturé le Jaur au niveau de la localité actuelle de Tarassac; mais à partir de ce moment, dans la partie orientale de la vallée du Jaur, il s'est produit un cours d'eau descendant de l'est vers l'ouest qui a fini par creuser la vallée en sens inverse et par atteindre la région de Bédarieux. Dès lors, l'écoulement des eaux s'est fait vers l'ouest et c'est ce cours d'eau qui est devenu l'Orb.

Dans sa vallée, au niveau de la terrasse que j'ai signalée plus haut, se voient des deltas torrentiels au débouché de chaque vallon venant de la région cristalline de la Montagne Noire (57).

Actuellement encore sur le versant méridional de la Montagne Noire, nous assistons à une vraie capture : le ruisseau d'Héric qui a creusé son vallon dans le massif cristallin axial n'est plus séparé que par le col du Pas de la Lauze, déjà très bas, du ruisseau du même nom lequel a creusé de son côté le versant septentrional du massif gneissique. Ces deux ruisseaux finiront par faire disparaître ce col, et un jour ils n'en feront qu'un qui s'écoulera vers le sud.

Les phénomènes de capture n'ont pas été moins nombreux au nord de la Montagne Noire : les principales rivières, telles que le Tarn et l'Aveyron, qui prennent leur source dans la région des Causses, n'ont traversé le massif cristallin du Rouergue que parce qu'elles ont été capturées par d'anciens cours d'eau qui appartenaient au versant occidental de ce massif.

Les parties hautes de la pénéplaine que forme la Montagne Noire portent des dépressions peu profondes dans lesquelles existent des tourbières datant déjà très vraisemblablement de l'époque pléistocène. C'est de ces dernières que sortent vers le nord les cours d'eau du versant atlantique et vers le sud ceux du versant méditerranéen.

Telle est, sommairement contée jusqu'à nos jours, l'histoire géo-

logique de la Montagne Noire et du Rouergue. Mais on ne connaît bien une région que lorsque l'on sait quelles sont ses relations avec les régions voisines.

En décrivant chaque terrain, j'ai pris soin de montrer que depuis le Cambrien, jusques et y compris le Dinantien, la région de la Montagne Noire avait fait partie d'un vaste géosynclinal qui, partant de l'Espagne au sud, s'étendait vers le nord-est jusqu'en Bohême, en passant par la Catalogne, les Pyrénées, le Languedoc, le Massif Central, la Westphalie, le Hartz et la Bavière. Postérieurement au Dinantien, il s'est formé, dans une grande partie de ce géosynclinal et aussi en dehors, une série de plis ayant les directions armoricaine et varisque; parfois ces plissements ont été suivis de charriage et d'effondrements indépendants des plis. Tels sont les phénomènes observés dans la chaîne de montagnes dite hercynienne par Marcel Bertrand. Suess en a montré la continuité vers l'est en Asie et vers l'ouest en Amérique et il a donné le nom d'Altaïdes à cet ensemble de plis qui fait le tour de la terre.

La Montagne Noire et le Rouergue représentent donc une très minime partie des Altaïdes, partie dans laquelle on retrouve d'ailleurs tous les caractères distinctifs de la chaîne.

VOYAGES

BOHÊME

Espérant que mes recherches dans les terrains primaires du Languedoc seraient facilitées par la connaissance du Paléozoïque de la Bohême, je me suis rendu dans ce pays en 1891 (41). J'y ai fait une étude approfondie du Cambrien, puis des calcaires du massif de Konieprus dont le facies est celui du Givetien du Pic de Bis-sous. Enfin, j'ai eu occasion d'examiner les *Colonies* de Barrande et de m'assurer que les associations de faunes qu'il désignait sous ce nom n'étaient autre chose que des retours, par suite d'accidents tectoniques (plis, chevauchements, etc.), suivis d'érosions, de couches plus anciennes ou plus récentes au milieu de certains horizons ordoviciens.

HARTZ

Cette région étant classique pour le Dévonien, j'y ai fait deux voyages sous la conduite du professeur von Kœnen et du professeur Kock dont je suis heureux de rappeler l'excellent accueil. J'ai dit plus haut (p. 22 et 23) comment ces voyages m'avaient servi pour établir l'âge de plusieurs horizons du Dévonien.

Dans le Hartz, comme en Bohême, il y a des contacts anormaux dus à des actions mécaniques (24). Ces régions appartenant à la chaîne des Altaïdes, il n'est pas étonnant d'y retrouver les mêmes sortes d'accidents que dans la Montagne Noire.

ANDALOUSIE

Lors des tremblements de terre qui éprouvèrent si cruellement l'Andalousie au mois de décembre 1884, l'Académie des Sciences de Paris décida d'envoyer une mission pour y étudier les séismes, ainsi que la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. M. Fouqué, directeur de la Mission, voulut bien m'adjoindre à elle et il nous chargea, M. Michel Lévy et moi, d'étudier spécialement la serrania de Ronda (24), extrémité sud-ouest de la chaîne Bétique. M. Michel Lévy a fait l'étude pétrographique et géologique des roches métamorphiques, tandis que je me suis plus spécialement occupé des roches sédimentaires. J'ai reconnu l'extension du Saxonnien dans les environs de Yunquera, de Colmenar et de Marbella. La partie la plus intéressante de mes études eut pour objet un dépôt de sables pliocènes dits *bizcornil* dans les environs de San Pedro de Alcantara. A première vue, le nombre des espèces encore vivantes y est si grand qu'il semble que ces sables appartiennent à une époque très voisine de la nôtre, au Pleistocène (7). Mais l'étude plus approfondie de cette faune m'amena à des conclusions différentes (27) : j'ai pu y distinguer des formes appartenant sûrement au Pliocène inférieur et moyen ; d'autres vivent dans la Méditerranée, enfin d'autres proviennent de l'Atlantique et sont de mer profonde. Ces deux derniers caractères ne sont pas spéciaux au *bizcornil* ; ils se retrouvent dans le Pliocène des côtes de l'Algérie, dans celui de la Sicile, de Cos, de Chypre et de Rhodes, où ils étaient déjà connus. De plus les formes atlantiques prédominent sur celles de la Méditerranée. J'ai conclu de ces faits qu'il y avait communication entre les deux mers et, par suite, que le détroit de Gibraltar, ou une brèche similaire, existait déjà au début du Pliocène. Si l'on tient compte de l'âge relatif des sédiments pliocènes dans lesquels ont été rencontrées des formes atlantiques et de leur distribution géographique, on reconnaît que les dépôts de la Méditerranée orientale sont plus récents que les autres. Il est donc naturel d'admettre avec Tournouer et Fischer que la Méditerranée s'est

approfondie progressivement durant le Pliocène, de l'ouest à l'est, de telle sorte qu'à la fin de la période, les courants atlantiques pouvaient pénétrer jusqu'à Rhodes.

Si tous ces dépôts à faune atlantique et profonde se rencontrent aujourd'hui sur les bords de la Méditerranée à des cotes voisines de cent mètres, c'est que, durant la période pléistocène, de nombreuses dislocations ont façonné le détroit tel que nous le voyons aujourd'hui, en le modifiant probablement très peu sur ce qu'il était au début du Pliocène.

ROUMANIE

M. Mrazec, professeur à l'Université de Bucarest, et moi avons été chargés en 1903 d'étudier les gîtes de charbon de la haute vallée de la Jalomita dans les Carpathes roumaines (97-100).

Tous appartiennent au Lias; tous se présentent avec des formes lenticulaires plus ou moins régulières. Il semble qu'il y ait eu refoulement et même, par places, laminage. Les terrains secondaires qui accompagnent ce Lias présentent tous des traces de charriage : en particulier, les calcaires du Malm-Néocomien ont été entraînés dans les argiles du Barrémien où ils forment des klippes.

En rapprochant tous ces faits les uns des autres, je fus amené à conclure à l'existence d'une nappe de terrains secondaires, dans la haute vallée de la Jalomita.

Cependant il y avait de fortes présomptions pour que des charriages eussent intéressé également les assises tertiaires; les coupes publiées par MM. Mrazec et Teisseyre étaient d'ailleurs très suggestives à cet égard. En effet, il semble qu'il y ait continuité d'allure entre les sédiments dont je viens de parler et ceux qui constituent le Flysch de ces auteurs (Cénomaniens, jusqu'à l'Éogène inclus). Dans ce cas, la nappe de la haute vallée de la Jalomita se prolongerait jusque dans la zone tertiaire la plus rapprochée de la chaîne Carpathique. Or cette zone, d'après les coupes de MM. Mrazec et Teisseyre, reviendrait, par suite d'une faille inverse, sur l'Helvétien. Le même fait se reproduit tout le long du bord méridional des Carpathes. Dans ces conditions, j'émis comme très vraisemblable l'hypothèse que tout

le Tertiaire ancien de cette zone avait été amené par charriage sur l'Helvétien ; j'en déduisais que les îlots de terrains éogènes qui ont été tracés sur la carte de MM. Mrazec et Teisseyre au milieu des sédiments helvétiques, dans les environs de Bustenari, de Telega, etc., étaient des lambeaux d'une nappe de recouvrement ; enfin que le golfe de Slanic, au voisinage de la presqu'île de Valeni de Munte, dans lequel se montre l'Helvétien, n'était autre chose qu'une région dans laquelle se voyait le substratum par suite d'érosion.

Ces hypothèses relatives à l'allure des couches tertiaires ont été pleinement confirmées par les récents travaux de M. Mrazec et de ses élèves sur la même région.

ENVIRONS DE BARCELONE

Lors de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Barcelone, en 1898, M. le chanoine Almera nous montra une série primaire dans laquelle, à force de patience, il avait trouvé des faunes caractéristiques des différents étages reconnus également dans la Montagne Noire (70) ; mais si c'était les mêmes étages et les mêmes faunes dans les deux régions, c'était aussi les mêmes successions incomplètes, les mêmes anomalies stratigraphiques. Aussi, lorsque en 1903, j'eus reconnu l'existence de nappes de charriage dans la Montagne Noire, je songeai à les rechercher également en Catalogne. M. le chanoine Almera et moi avons donc repris ensemble l'étude tectonique de ces terrains primaires des environs de Barcelone, en particulier du Tibidabo qui domine cette ville. Nos conclusions furent bien celles que j'avais prévues (102-103).

La série primaire du Tibidabo offre un très grand développement de schistes siluriens et c'est dans les synclinaux qui les affectent que se rencontrent le Dévonien et le Carbonifère qui permettent de préciser l'allure des couches.

Dans la partie sud-ouest du versant septentrional du Tibidabo, nous avons pu compter jusqu'à deux superpositions de la série primaire plus ou moins complète, que nous avons assimilées à deux nappes. A l'extrémité orientale du même massif, dans les environs

de Montcada, nous en avons compté trois, mais là, les couches sont très plissées, très ondulées, et des érosions ayant isolé plusieurs de ces plis, il peut sembler, au premier abord, que les superpositions soient plus nombreuses et par suite qu'il y ait un plus grand nombre de nappes.

Les sédiments tournaisiens constituent le niveau le plus récent que nous ayons reconnu dans ces nappes ; mais il est bien vraisemblable que celles-ci sont de même âge que celle de la Montagne Noire, c'est-à-dire postérieures au Dinantien.

Les nappes ne sont pas cantonnées dans le Tibidabo : nous avons retrouvé dans les massifs primaires situés au sud du Llobregat et au nord du Rio Besos des contacts anormaux, des plissements et des étirements, en tous points comparables à ceux que nous venions d'observer dans le Tibidabo. Il n'est pas douteux que dans la chaîne primaire qui bordait la côte orientale de la Catalogne et qui a disparu en grande partie par effondrement, il y ait eu des nappes de recouvrement.

BASSE-NORMANDIE ET BRETAGNE

Ayant eu à faire en 1907 des études de géologie appliquée dans la région des gites ferrifères de Basse-Normandie, j'ai été très frappé de l'allure des bandes siluriennes qui les renferment. Le plus souvent elles se présentent avec l'aspect de plis synclinaux dans les flancs desquels il y aurait des lacunes par laminage, comme si, par suite d'un mouvement de la masse, il s'y était produit des glissements. Je fus amené ainsi à me demander si, dans la Basse-Normandie, il n'y avait pas eu des charriages ou, à défaut de véritables charriages, des déplacements horizontaux ; d'après les cartes géologiques de l'ouest de la France, il semble que l'allure des couches paléozoïques y soit partout celle que j'ai observée du côté de Domfront. Dans la région de Vitré, où M. Bigot, doyen de la Faculté des sciences de Caen, a bien voulu me conduire et me faire profiter de ses études, j'ai observé des faits analogues ; de même encore dans le Menez-Belair. La même année, lors de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France en Bretagne, dans la région de Nantes

et d'Ancenis, sous la conduite de MM. Édouard et Louis Bureau, les mêmes disparitions d'étages, les mêmes variations rapides d'épaisseur se montrèrent à nous. C'était donc en Bretagne, comme en Basse-Normandie, une série de faits qui avaient tous pour moi la même signification. Seules, des coupes devaient me permettre de contrôler mon hypothèse, et il n'y avait que les falaises qui pussent me les fournir. C'est pourquoi je suis allé étudier les environs de Crozon.

Sur la côte sud-ouest de la presqu'île de Camaret, dans la falaise qui s'étend au sud du promontoire de Pen-Hir, un massif de Grès armoricain repose sur la série silurienne aussi complète qu'on la connaît en Bretagne. A son contact, les couches de l'Ordovicien supérieur et du Gothlandien sont renversées vers le sud. Il semble bien, d'après l'allure des couches, qu'il y ait eu en ce point charriage du Grès armoricain du nord vers le sud (122). Cependant M. Barrois, en réponse à ma communication, a expliqué les contacts anormaux que je signalais, par des failles qui auraient intéressé de nombreux plis. Tout en reconnaissant l'ingéniosité de cette interprétation des faits, j'avoue n'avoir pas été convaincu.

Les mêmes problèmes de tectonique furent soulevés devant la Société géologique de France, lors de sa réunion extraordinaire dans la Mayenne en 1909. L'allure des assises primaires dans les régions où nous conduisirent M. et Mme Cehlert me parut être également en relation avec des charriages (125); d'ailleurs, la même année, ils avaient signalé des chevauchements de terrains paléozoïques les uns sur les autres dans la région de Sablé (Sarthe).

TRAVAUX DE PALÉONTOLOGIE

Au cours de mes études stratigraphiques j'ai eu occasion de rencontrer des fossiles qui par leur abondance étaient caractéristiques de certains niveaux. Je les ai décrits quand ils étaient nouveaux, mais j'ai réservé l'étude complète des faunes primaires de la Montagne Noire, pour le moment où l'exploration en serait terminée. Ne trouvant plus de formes nouvelles, j'ai commencé la rédaction de mémoires que je compte faire paraître dans les *Mémoires de paléontologie* de la Société géologique de France.

Cambrien. — La faune cambrienne a déjà été publiée par moi en partie, au moment où je l'ai découverte (28), mais il me reste à la compléter, en donnant les formes nouvelles et en faisant figurer des exemplaires mieux conservés que les premiers.

L'étude paléontologique du Cambrien m'offrant un intérêt tout spécial, M. H. Douvillé a eu l'amabilité de me communiquer des Trilobites rapportés de Chine. Les plus curieux (78) recouvraient une plaque calcaire, sans provenance bien certaine, appartenant à M. l'amiral Regnault de Premenil. Tous étaient nouveaux. L'espèce la plus abondante et la mieux conservée a reçu de moi le nom de *Drepanura Premenili*. Elle a été retrouvée depuis en plusieurs localités de Chine, mais accompagnée de formes nouvelles et différentes suivant ces localités. De là est résultée une discussion relative à l'âge qu'il convenait de lui attribuer. Je me contenterai d'exposer les conclusions non contestables auxquelles je suis arrivé (120).

Durant le Cambrien, il s'est déposé, en Chine, des calcaires caractérisés par la présence de *Drepanura Premenili*. Mais cette formation, qui a dû avoir une grande extension, d'après la distribution géographique de ses gisements, renferme plusieurs horizons, si l'on en juge par les faunes qui accompagnent cette espèce, ou bien présente des facies assez différents. En tout cas, il semble qu'un des niveaux cambriens de Chine soit caractérisé par ce fossile qui n'a aucun représentant en Europe. C'est la confirmation du fait énoncé déjà par les géologues qui se sont occupés de la Chine, comme par les géologues américains, qu'à l'époque cambrienne il y avait dans l'hémisphère septentrional, en Asie et dans l'Amérique occidentale, une faune différente de celle qui vivait alors en Europe.

Silurien. — Les premières assises siluriennes de la Montagne Noire renferment une faune nouvelle pour la région, dont j'ai décrit les fossiles les plus caractéristiques (33). Le plus abondant de ceux-ci est le *Bellerophon OEhlerti* dont le nom m'a servi pendant longtemps à désigner le niveau le plus inférieur de l'Ordovicien. J'ai dit précédemment (p. 19) pourquoi il faut assimiler celui-ci au niveau de Tremadoc d'Angleterre; par suite, pour certains genres que M. Munier-Chalmas et moi avons crus nouveaux, il convient de reprendre des noms donnés plus anciennement: c'est ainsi que notre genre *Calymmenopsis* doit redevenir le genre *Euloma* d'Angelin.

Des schistes noirs de la partie supérieure du niveau de Tremadoc renferment en abondance une forme très voisine, d'après les caractères de son pygidium, des *Dicellocephalus* du Cambrien d'Amérique; j'en ai fait le type d'un nouveau genre, le genre *Asaphelina*, parce que les caractères du céphalothorax ne permettent pas de le grouper avec les vrais *Dicellocephalus* (42).

Sous le nom générique nouveau de *Calymmenella* (35), j'ai distingué dans la famille des *Calymmenidæ* les espèces caractérisées par la forme rostrée de la partie antérieure du limbe; cette disposition les avait fait ranger souvent dans les *Homalonotus*. Le type du nouveau genre est *Calymmenella Boisseli*, qui est cantonné dans la

Montagne Noire dans des grès de même âge que les grès de May en Normandie. Dans cette dernière région, on connaît à ce niveau *Calymmene Bayani* qui est un vrai *Calymmenella*. MM. Œhlert et Bigot ont constaté en Bretagne et en Normandie que ce genre était bien cantonné dans le niveau que je viens d'indiquer et que par suite il en était caractéristique.

M. Lennier, conservateur du Musée du Havre, et M. Grenier m'ont confié l'étude de la faune ordovicienne d'Écalgrain, près du cap de la Hague (Cotentin) (44). Il semble bien que cette faune appartienne au niveau à *Calymmene Tristani* d'après la forme de quelques pygidiums ; mais elle comprend des espèces nouvelles : *Calymmene Lennieri*, voisin de *Calymmene Aragoi*, mais de très grande taille ; *Trinucleus Grenieri* et quelques débris de *Dalmanites*.

Dévonien. — Dans le Dévonien moyen et supérieur de la Montagne Noire existent des espèces nouvelles ou peu connues que j'ai trouvées d'autant plus intéressantes à faire figurer que leur âge était controversé (28).

Permien. — Ayant recueilli à Lodève, dans les dalles du Permien inférieur, quelques échantillons de *Walchia piniformis* remarquablement bien conservés, j'en ai étudié les cônes ; j'ai figuré quelques exemplaires dont j'ai cherché à déterminer le sexe (4).

Pliocène. — La faune du *bizcornil* de San Pedro de Alcantara (27) est caractérisée par un mélange de formes fossiles et vivantes. J'y ai déterminé 58 espèces de mollusques, dont 10 sont nouvelles et deux n'ont été rencontrées que dans l'océan Indien. Sur les 46 espèces déjà connues, 12 ne semblent pas dépasser le Pliocène supérieur. Les 34 qui vivent encore ont été trouvées également dans le Pliocène ; sur ce nombre, il y en a 7 qui vivent de préférence dans l'Atlantique et 3 dans la Méditerranée ; 16 sont de mer profonde. Cette étude a été particulièrement longue et délicate ; et je tiens à rappeler ici combien elle m'a été facilitée par Fischer et Munier-Chalmas qui ont bien voulu me faire profiter de la connaissance

qu'ils avaient des faunes vivantes ; les conclusions que j'en ai tirées sont de la plus grande importance puisqu'elles établissent que la communication entre l'Atlantique et la Méditerranée par le détroit de Gibraltar date du commencement du Pliocène.

Alors que j'étais secrétaire de la Société géologique de France, je m'étais rendu compte que ses ressources ne lui permettaient pas de publier autant de travaux de paléontologie qu'il eût été nécessaire pour satisfaire aux demandes des auteurs. A mon instigation, le Conseil de la Société se décida à éditer des mémoires spécialement consacrés à la Paléontologie ; c'est par des souscriptions annuelles distinctes des cotisations que la Société se procure les fonds qui lui sont nécessaires.

Après vingt ans d'existence, ces mémoires de paléontologie forment 18 volumes comprenant 43 mémoires, 346 planches et 3,463 pages de texte. Grâce à cette publication qui fut pendant longtemps en France la seule consacrée à la Paléontologie, notre Société a permis la mise au jour d'un grand nombre de mémoires de premier ordre.

TRAVAUX DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE

Appelé depuis 1893 à professer à l'École centrale des Arts et Manufactures un cours de Géologie et de Minéralogie appliquées, je me suis efforcé de montrer à mes élèves de quelle façon, dans la pratique, on peut utiliser les théories de la science géologique, et, par suite, de quelle importance est pour les ingénieurs la connaissance de ces théories. Non content de l'enseigner, j'ai fait dans ce sens des communications devant la Société géologique comme devant la Société des Ingénieurs civils; elles sont relatives à des bassins houillers, à des questions d'hydrologie et aux séismes. Je ne m'occuperai ici que des bassins houillers et de certaines questions d'hydrologie.

ÉTUDES RELATIVES A DES BASSINS HOUILLERS

Bassin de Decazeville. — Mes premières recherches sur ce bassin (9) eurent pour but d'établir si, conformément aux hypothèses de Boisse et de Grand'Eury, il y existait bien trois systèmes de couches de houille: le système inférieur ou d'Auzits, le système moyen ou de Campagnac, enfin le système supérieur ou de Bourran. La question d'âge relatif de ces systèmes avait son importance pratique, car il s'agissait de savoir si la Compagnie de Decazeville devait rechercher un système inférieur à ceux qu'elle exploitait et qui sont les deux derniers que j'ai énoncés. J'arrivai à établir stratigraphiquement la

superposition des étages telle que je viens de la donner ; mais les dépôts houillers ayant une origine torrentielle, il se pouvait qu'il y eût entre des deltas de même âge des superpositions en relation avec la rapidité relative de la formation des atterrissements ; je soumis les quelques végétaux que j'avais pu me procurer du toit des couches du système d'Auzits à l'examen de M. Zeiller qui voulut bien les déterminer et qui y trouva des caractères d'ancienneté rapprochant cette flore de celle de l'étage de Carmaux : les caractères paléontologiques ne sont donc pas en contradiction avec les données stratigraphiques.

De plus, j'essayai d'appliquer la méthode suivie avec tant de succès par M. Fayol dans ses recherches sur le bassin de Commentry. Je reconnus ainsi l'existence de plusieurs deltas formés par des cours d'eau dont je pus retrouver l'origine et je parvins de la sorte à reconstituer la successions de leurs crues. Je crois inutile de dire quels furent les résultats auxquels j'arrivai en 1888, puisque je vais les rappeler en analysant un travail plus récent sur le même sujet.

Lorsque la Compagnie des mines de Commentry et Fourchambault devint propriétaire des mines de Decazeville, M. Fayol, directeur général de cette Compagnie, entreprit un travail analogue à celui qu'il avait fait faire dans l'Allier et très aimablement il m'invita à y collaborer. C'est ainsi que, en 1898, MM. Jardel et Picandet, ingénieurs de la nouvelle compagnie, et moi avons repris à nouveau l'étude du bassin de Decazeville (93), sur lequel on possédait bien plus de renseignements qu'à l'époque déjà lointaine où j'avais publié mon premier mémoire (voir la carte ci-contre)(1).

En suivant la même méthode, c'est-à-dire en cherchant l'origine des cours d'eau d'après la composition lithologique de leurs alluvions, nous sommes arrivés aux conclusions que je vais exposer. Les premiers cours d'eau qui se jetèrent dans la dépression de Decazeville venaient du sud. Le plus ancien, celui qui déposa les premiers sédiments houillers, forma vers Antaignargues un delta, qui fut recouvert par celui de Haute-Serre (déjà reconnu en 1888). Un courant venant de Longuefont a recouvert en partie ce dernier delta sous les alluvions abondantes qu'il amenait. Les premières couches

(1) Figure extraite du *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 1900, 3^e s. T. XXV III. p. 715.

de houille se trouvent vers l'ouest sur ces dernières alluvions qui sont de coloration verte ; elles s'étendent sur le pourtour du conglomérat de Haute-Serre. Peut-être la partie orientale de ces dépôts a-t-elle été apportée par le cours d'eau de Longuefont, tandis que la partie occidentale l'aurait été par le cours d'eau de Lugan dont il sera parlé plus loin. Dans la région de Haute-Serre, il s'est formé un nouveau delta, riche en roches feldspathiques, au milieu duquel on remarque des intercalations de sédiments déposés par les courants de Longuefont et de Lugan qui déversaient toujours leurs eaux dans le lac de Decazeville ; au toit de ce conglomérat feldspathique se montrent les grattes et les couches de houille qui terminent le faisceau inférieur d'Auzits.

Au-dessus, ce sont de nouvelles grattes avec lits de houille qui commencent le faisceau de Campagnac du système moyen ; la constitution de ce dernier est très variable suivant les points. Le courant de Lugan persiste encore et il persistera de même durant le début du dépôt du système supérieur ; il n'est d'ailleurs pas connu par son delta, mais par l'association d'éléments que renferment ses alluvions. Il y a encore des alluvions déposées par un torrent venant de Valzergue.

Tous ces dépôts sont recouverts par un conglomérat granitique caractérisé par les dimensions énormes de ses blocs ; c'est la base du troisième système. La grosseur de ses éléments diminue en allant du nord au sud : il forme le delta du Moulin de Faux, déjà désigné sous le nom de delta de Montbazens en 1888. Il n'en reste plus que la partie orientale et terminale. Parfois le torrent de Lugan mêlait ses alluvions à celles de ce torrent.

Dans la région du Moulin de Faux, au conglomérat précédemment signalé, succède une gratte dans laquelle prédomine tel ou tel élément, selon le courant qui est le plus fort : celui du Moulin de Faux, ou celui de Lugan, ou enfin un nouveau, celui de Viviez qui vient du nord. Au milieu de cette gratte, il y a plusieurs couches de houille encore peu épaisses parce que l'on se trouve au voisinage du delta, mais qui deviennent plus puissantes à mesure que l'on s'en éloigne vers l'est : elles ont jusqu'à 50 mètres d'épaisseur à Bourran.

De la région du Pont de Bourran est venu un cours d'eau qui a

déposé un conglomérat puissant (delta du col des Estaques, 1888), renfermant des blocs et des bombes volcaniques d'une andésite à enstatite. Ce conglomérat recouvre les couches de houille du nord du bassin et aussi celles exploitées à Bouquiès ; ces dernières se rattachent à celles des Paleyrets, appartenant au système moyen. D'ailleurs, au-dessus, il y a de puissantes couches de houille qui paraissent se relier à celles du système de Bourran.

Après le dépôt du Permien, qui a recouvert le Houiller en concordance de stratification, il s'est produit une série de ploievements, parfois importants, qui peuvent être dus à des effondrements résultant du jeu nouveau de failles anté-houillères dont plusieurs sont N.-S. C'est sans doute par ces failles que sont venues au jour les roches dont les débris entrent dans la composition des deltas houillers.

Une pareille étude de la répartition des deltas entrant dans la constitution d'un bassin houiller, conduit à la détermination des régions dans lesquelles ont pu se déposer les végétaux houillers et par suite de celles où doit se trouver la houille. Elle a donc son importance au point de vue pratique, bien qu'elle soit purement théorique au premier abord.

Bassin de Carmaux. — Les dépôts tertiaires forment manteau sur le terrain houiller du bassin de Carmaux ; on ne connaît d'affleurements importants du Carbonifère supérieur, que dans la vallée du Cérrou. L'étude de ces affleurements aussi bien que des parties exploitées ne permet pas de tirer de conclusions relativement à son mode de formation.

Lorsque je me suis occupé de ce bassin pour la première fois, la question du sens de son prolongement était à l'ordre du jour : la Société des mines d'Albi, de formation nouvelle, venait de trouver des couches de houille inconnues jusque-là au sud de l'ancienne concession de Carmaux ; de là une tendance à orienter le bassin suivant une direction N.-S. Je commençai par chercher quelles étaient les limites actuelles du bassin ; l'allure des couches m'était d'ailleurs donnée par les travaux d'exploitation (18-28).

La partie exploitée était limitée de tous côtés par des failles ;

vers le nord, la faille limitative a une direction N. 75° O. ; vers l'est une faille sensiblement N.-S., visible à la surface et passant à l'ouest de Carmaux, a mis le Houiller en contact avec l'Éogène.

D'autre part, les sondages de recherche entrepris par la Société des mines d'Albi ont établi que la limite méridionale du gîte houiller correspond à une ligne dirigée sensiblement E.-O. et passant par Saint-Sernin. Au sud on ne connaît plus le Houiller qu'à Réalmont. D'ailleurs, dans la région exploitée, il n'y a ni pli, ni faille qui permette de dire que le bassin était orienté primitivement suivant la direction N.-S., et la dépression de Carmaux semble résulter d'effondrements dus à des failles parallèles à celles qui le limitent au nord et au sud. D'ailleurs on retrouve des affleurements houillers vers l'ouest, dans la vallée du Cérou : ils jalonnent le prolongement de la faille limite septentrionale ; vers le sud, ils disparaissent sous le Permien qui plonge lui-même, suivant cette direction, sous le Tertiaire. Plusieurs sondages entrepris jusqu'au voisinage de Cordes ont rencontré le Houiller, confirmant ainsi l'hypothèse émise par Dufrénoy et justifiant mes prévisions.

Extension du bassin de Carmaux. — Sur le plateau qui domine au nord la vallée du Cérou, il y a un lambeau houiller au niveau du village de Laparrouquial ; il se trouve à un niveau supérieur à celui du Cérou ; cependant il correspond à la base du bassin de Carmaux.

Plus au nord, c'est le synclinal houiller et permien de la vallée du ruisseau d'Aymer, qui occupe une dépression à une cote inférieure à celle du Houiller de Laparrouquial. Ces sédiments houillers, situés à des cotes très différentes les uns des autres, probablement par suite du jeu de failles dont on ne connaît que celle qui passe au nord du Cérou, se rattachaient les uns aux autres. De ces faits on peut conclure que le bassin houiller primitif devait avoir une grande extension vers le nord, sans pour cela être orienté suivant la direction N.-S., car les accidents du lambeau du ruisseau d'Aymer ont la même direction que ceux du bassin de Carmaux.

Les couches houillères et permienues plongent vers l'ouest sous le Tertiaire ; elles se prolongent sans doute dans la même direction, jusqu'au chenal d'Asprières-Villefranche ; mais que devien-

nent-elles au delà? Nous ne possédons aucune indication sur la façon dont se termine le chenal de Carmaux vers l'ouest. J'ai montré plus haut ce qu'il devenait vers l'est (p. 44).

Bassin de Graissessac. — Dans la partie occidentale du bassin, les conglomérats ont un très grand développement; ils ont été déposés par des cours d'eau qui attaquaient le Cambrien métamorphisé ou non, et qui par suite devaient venir de l'ouest; ce qui confirme cette hypothèse, c'est le fait que les éléments sont d'autant plus volumineux qu'ils sont situés plus à l'ouest (24).

Un autre conglomérat est cantonné au nord du village d'Andabre sur la bordure septentrionale du bassin. Il fait partie de la concession de Saint-Gervais, et Garella, ancien directeur des mines de Graissessac, l'avait désigné sous le nom de Seuil de Saint-Gervais. Ses éléments constituants sont uniquement des schistes et des calcaires cambriens non métamorphisés, roches qui ne se rencontrent qu'au nord du bassin. Par suite, on peut dire qu'au niveau d'Andabre, il y a un delta formé par un cours d'eau venant du nord. Dans ce conglomérat, comme dans le précédent, on retrouve les accidents que M. Fayol a signalés comme caractéristiques des deltas lacustres: failles locales, ramification des couches, etc.; ils créent parfois aux exploitants de très grandes difficultés.

Plus vers l'est, là où sont situées les exploitations de Graissessac, d'Estrechoux, de Camplong et du Bousquet-d'Orb, les deltas, s'il en existe, sont mal connus. Mais, en profondeur, dans cette même région, les couches sont affectées de nombreux plis en superposition les uns sur les autres et dont l'étude n'est pas encore achevée.

A l'est des affleurements du Bousquet-d'Orb, s'étend une grande cuvette permienne sous laquelle peut se prolonger le bassin houiller. Mais il doit être rejeté à une grande profondeur par suite du jeu d'une faille passant par ce village; cette faille est une de celles qui ont produit l'effondrement antérieur au Pliocène moyen et dont il a été question précédemment (p. 49).

Ce bassin de Graissessac, bien que situé sur le versant septentrional de la Montagne Noire, a une direction sensiblement E.-O., différente par conséquent de celle de ce massif. Dans son pron-

gement vers l'ouest, se rencontre le bassin de Réalmont, dont les couches affleurent dans le fond de la vallée du Dadou et de quelques vallons y aboutissant. Ce bassin a été l'objet de plusieurs recherches, abandonnées d'ailleurs au bout de peu de temps, et je n'ai pu me procurer aucun renseignement sur les résultats obtenus. D'après les affleurements, il aurait une direction sensiblement E.-O., mais il serait limité par des failles orientées N. 30° E., dont l'une passe par le ravin de la Valade à l'ouest du château du Cayla et l'autre près du hameau de la Grandarié haute; dans les ravins où le Tertiaire a été enlevé par érosion, il est possible de reconnaître la présence du Permien sur le Houiller (28).

Bassins houillers du Massif Armoricain. — Les bassins houillers de la Bretagne et de la Vendée se rencontrent dans trois synclinaux, ou peut-être plus exactement, dans trois dépressions d'effondrement qui peuvent être simples ou composées elles-mêmes de plusieurs dépressions juxtaposées. D'une manière générale, elles ont une direction N.O.-S.E. (direction armoricaine) et elles sont occupées en partie par des sédiments carbonifères qui peuvent appartenir à des étages différents.

Le groupe des dépressions septentrionales passe par Château-lin, Vitré, Laval et Sablé. Dans l'une d'elles, à Saint-Pierre-Lacour, est exploité un petit bassin houiller d'âge stéphanien, tandis que dans la Sarthe et dans la Mayenne, il y a des houilles ou plutôt des anthracites dinantiennes.

Le second groupe passe par Plogoff, Quimper, Plouay et Ancenis. On y trouve des sédiments dinantiens (Ancenis, bassin de la Basse-Loire) et stéphanien (Plogoff, Quimper), semblant cantonnés dans des dépressions différentes.

Le troisième groupe ou groupe méridional renferme les gîtes houillers de la Vendée. Il part des environs de Guérande, et est jalonné par les bassins de Chantonay, Vauvant, Faymoreau et Saint-Laurs. Les premiers seraient d'âge dinantien, les deux derniers d'âge westphalien.

Là où les dépôts houillers sont exploités, on a reconnu que dans leur partie haute, aux affleurements, ils offrent l'aspect de

synclinaux; mais quand on se rapproche de l'axe du bassin, on voit les couches prendre un plongement de plus en plus accusé et tendre progressivement vers la verticale. A la suite de l'étude spéciale que j'ai faite du bassin de Saint-Laurs (128) je suis arrivé à expliquer cette allure de la façon suivante : les sédiments houillers formaient primitivement un large synclinal; mais sous l'action de poussées qui, fréquemment dans le Massif armoricain, ont amené les assises à devenir verticales, les deux flancs se sont redressés. Parfois, comme dans le bassin de Saint-Laurs, le flanc méridional a gardé la trace d'un anticlinal renversé sur le synclinal, ce qui prouve bien que l'allure en question est due à une poussée venue du sud-ouest. Celle-ci n'a pas intéressé le Jurassique qui recouvre le Houiller; elle est donc, bien vraisemblablement, postérieure au dépôt du Houiller, c'est-à-dire au Westphalien dans le cas du bassin de Saint-Laurs.

Dans la partie supérieure du bassin de Chalonnnes, de la dépression Plogoff-Ancenis, l'allure des couches est encore celle d'un synclinal, mais le plongement devient vertical dans la partie axiale. D'après la coupe qui en a été donnée par Fages en 1865, le flanc méridional porte la trace de refoulements sous l'action de poussées venues encore du sud-ouest. Les sédiments houillers y sont d'âge dinantien.

Je n'ai pu avoir aucun renseignement sur le bassin houiller de Saint-Pierre-Lacour, le seul de la dépression de Châteaulin-Sablé. Il doit être rapporté au Stéphanien; j'ignore si l'on y trouvé également des traces de refoulement.

Si l'on compare l'allure des bassins houillers du Massif armoricain, à celle des bassins houillers de Ronchamp (p. 72), de Sarrebruck (p. 73) et du Pas-de-Calais, on voit que des deux côtés il y a eu des poussées de même sorte, mais dont les effets ont été différents; celles venues du sud-ouest ont produit des redressements de couches, tandis que les poussées du sud-est ont donné lieu à des charriages. Cette différence d'allure résulte de la façon dont se sont plissées les deux régions : dans l'ouest, les plis se sont formés au voisinage les uns des autres; dès le début des ridements ils ont constitué pour ainsi dire un bloc; à l'est, au contraire, où les plis

sont très espacés, les efforts tangentiels sous lesquels se forment les nappes ont pu produire tout leur effet.

Bassin de Ronchamp. — Les sondages entrepris dans ces dernières années pour retrouver le prolongement du bassin de Ronchamp vers le sud-ouest ont donné des coupes très différentes, même lorsque ces sondages étaient peu éloignés les uns des autres. Peut-être trouverait-on l'explication de ce fait dans l'existence de chevauchements tels que ceux que j'ai signalés dès 1908 dans des rapports inédits. J'ai relevé, en effet, dans la vallée de la Luzine, la coupe suivante : entre Chagey et Chenebier, des schistes dévoniens, très vraisemblablement de l'étage supérieur d'après leurs fossiles d'ailleurs mal conservés, ont été refoulés sur la série carbonifère. Celle-ci est constituée par des schistes tournaisiens, passant à leur partie supérieure à des calcaires gris bleu appartenant au Viséen ; ces derniers semblent avoir été écrasés, broyés, puis leurs éléments auraient été resoudés par de la calcite blanche. Sur le Dévonien refoulé, repose une série de schistes tournaisiens avec conglomérats à leur partie inférieure. D'autre part, à la base des sédiments houillers du bassin exploité à Ronchamp, comme à la base du Houiller reconnu dans les sondages de la Pissotte et de Belverne, se rencontre une puissante formation de roches granitiques écrasées, comparables à celles que MM. Friedel et Termier ont étudiées dans les environs de Saint-Étienne. Cette formation remonte au nord jusqu'à Gironcourt (Vosges), où M. Termier et moi (123) l'avons signalée recouverte par le Houiller. Il semble donc que, à la base du Houiller dans la région de Ronchamp et même vers le nord, le long du flanc occidental des Vosges, il existe des traces de charriage. Étant donné que le Carbonifère repose toujours sur ces roches charriées, je suis très porté à penser qu'il a participé aux mêmes mouvements qu'elles, mouvements qui n'ont pu s'opérer sans dislocations.

Plus tard, à l'époque permienne, grâce à ces dislocations, de nombreux filons d'orthophyre et de microgranulite ont pu pénétrer au milieu des sédiments houillers et ont rendu les recherches particulièrement difficiles.

Bassin de Sarrebruck. — En 1896, j'ai publié un mémoire (58) dont je reparlerai plus loin (p. 77) et dans lequel j'indiquais quelle était la façon de procéder pour retrouver la suite d'un bassin houiller disparu sous des terrains plus récents; je signalais entre autres celui de Sarrebruck comme pouvant se prolonger jusqu'en Lorraine française, sans d'ailleurs approfondir davantage la question. Cinq ans plus tard, elle nous fut posée, à Marcel Bertrand et à moi, par plusieurs industriels de l'Est. Naturellement mon rôle, en la circonstance, fut celui d'un élève plus que d'un collaborateur. En nous basant sur la récurrence des plis, ainsi qu'avait déjà fait Jacquot dans son étude sur le Houiller de la rive gauche de la Sarre, nous sommes arrivés à la conclusion que la continuité des assises houillères de Sarrebruck vers le sud-ouest était certaine. Cependant nous n'avons pas osé conseiller d'entreprendre des recherches à cause de la grande profondeur à laquelle nous prévoyions que l'on rencontrerait la houille. Encouragés, d'autre part, par les conclusions auxquelles M. Nicklès était arrivé de son côté, les mêmes industriels commencèrent une campagne de sondages. On sait quels furent ses résultats sous l'habile direction de MM. Nicklès et Villain. Quelques-uns me paraissent particulièrement intéressants parce que, selon moi, ils peuvent être interprétés de manière à donner une idée de la structure du bassin lorrain.

Les sondages de Laborde et d'Abaucourt ont atteint les couches de l'étage d'Ottweiler inférieur, c'est-à-dire la base du Stéphanien, aux cotes respectives de — 680 et — 657; dans le sondage de Dombasle, le Houiller appartient à la partie supérieure des charbons flam-bants ou Houiller moyen (Westphalien); il a été rencontré à la cote — 689 mètres. Par contre, aux environs du prolongement de la crête du bassin de Sarrebruck, crête qui correspond à l'accident que les Allemands désignent sous le nom de « Faille principale du Midi », le Houiller est plus ancien et il se trouve à une profondeur moindre: dans les sondages d'Eply, d'Atton et de Pont-à-Mousson, le niveau des houilles grasses, qui est le plus ancien du bassin de Sarrebruck et qui devrait être situé à un niveau inférieur, se trouve aux cotes respectives suivantes: — 505, — 586, — 624. Les couches les plus anciennes sont donc plus élevées que

les couches les moins anciennes; c'est également ce que l'on observe au niveau de la faille principale du Midi. Par suite, il y a, dans le bassin houiller lorrain, un accident comparable à celui bien connu du bassin de Sarrebruck. Il importait donc de savoir quel il était (110-111).

Comme cet accident met en contact le Trias au sud, avec le Houiller au nord, ce dernier plongeant suivant la même direction, plusieurs auteurs ont admis qu'il y avait une faille inverse. Mais à la suite d'un voyage d'études que j'ai fait dans ce bassin en 1905 avec MM. Fèvre et G. Sépulchre, j'ai été amené à en donner une interprétation différente.

Avant d'exposer ma manière de voir, je crois nécessaire de rappeler quelques faits. Les dépôts houillers de Sarrebruck ont été divisés en trois étages : inférieur ou des houilles grasses; moyen ou des houilles flambantes, et supérieur ou d'Ottweiler. Toute la série plonge vers le nord-ouest, les couches les plus anciennes étant cantonnées dans le sud. De ce côté le plongement varie de 30° à 40°, tandis que vers le nord il n'est plus que de 10° à 15°.

Le Houiller est affecté de dômes sur son bord méridional et aussi de failles faiblement inclinées sur l'horizontale; celles-ci se prolongent sur plusieurs kilomètres à travers les différentes concessions et elles découpent le Houiller en écailles. On les désigne sous les noms de failles Circé, Prometheus, etc. Elles ont des plongements différents, mais aucune ne plonge vers le sud. La plupart semblent rejoindre l'accident qui limite le bassin vers le midi.

Tous ces faits ont été bien établis dans la partie septentrionale du bassin, celle située au nord de la Sarre et qui est le plus activement exploitée. Au sud de cette rivière, l'allure des couches est moins bien connue. Seules, les mines de Petite-Rosselle, de Sarre et Moselle et de la Houve, dont les centres d'exploitation sont très éloignés les uns des autres et surtout de ceux de la partie septentrionale du bassin, nous donnent quelque idée de la façon dont se présente le Houiller en profondeur : comme dans la partie septentrionale, il est encore affecté de dômes et de failles.

Voici maintenant les faits qui ont attiré mon attention. Dans la concession de Frankenholz, à l'extrémité septentrionale du bassin, a

été creusée, suivant la couche n° 10, une descenderie qui permet de constater que si la couche de houille est restée en apparence parfaitement régulière et normale, elle présente en quelques rares points des amincissements, des étirements ou des cassures obliques; par contre, les schistes qui recouvrent la houille sont plissés, froissés avec nombreuses cassures obliques. Le Houiller présente donc les mêmes caractères que s'il avait été soumis à de fortes poussées. Mais il y a plus : une galerie au mur partie de cette même couche, et constituant le huitième niveau des exploitants, à une cote de — 119,82 et à une profondeur de 524 m. 86 a commencé par rencontrer quelques minces couches de houille (n°s 17, 18, 12 et 29 des exploitants); puis après avoir traversé un épais brouillage, assimilé à une faille et plongeant vers le nord, elle s'est avancée au milieu de schistes et de grès renfermant quelques exemplaires d'*Asterophyllites equisetiformis* et de *Callypteris conferta*. Pour M. Zeiller il n'y a pas de doute : c'est une flore autunienne. Toute la série permienne, dans la région de Frankenholz, est affectée d'un pli anticlinal dissymétrique, avec un plongement vers le nord plus accusé que vers le sud. Cet anticlinal est recouvert par le Houiller affecté du même pli, mais moins accusé que dans le Permien. Tous ces faits peuvent s'expliquer très simplement si le Houiller a été refoulé sur le Permien; quant au brouillage situé entre le Houiller et le Permien, il représenterait la brèche de friction inférieure à la nappe et due à son charriage. De pareilles zones de brouillage se retrouvent sous le Houiller dans la partie nord du bassin comme dans sa partie sud. Dans ces conditions, j'ai été amené à considérer le bassin de Sarrebruck comme formé par une nappe de charriage de très grande surface. Si l'on admet cette hypothèse, les dômes correspondent à autant de reliefs du substratum qui ont soulevé la nappe; quant aux grandes failles Circé, Prometheus, etc., qui partent de l'accident principal, ce sont des déchirures produisant autant d'écaillés dans la nappe.

L'anticlinal sub-houiller se prolonge très vraisemblablement vers le nord, dans la concession de Nordfeld. Au sud-ouest, dans la concession de Wellesweiler, d'après les coupes publiées par le service des mines prussien, il semble que le Houiller forme un

anticlinal dans le prolongement de celui de Frankenholz. Encore plus au sud-ouest, des sondages exécutés autrefois dans la vallée du Riesbach ainsi qu'à Elversberg et Neuhausel ont rencontré sous la couche de base de l'étage des charbons gras, un brouillage très épais, puis les assises bien caractérisées de l'étage d'Ottweiler.

Il me semble donc établi que : 1° dans la partie septentrionale du bassin il y a, correspondant à l'accident dit faille principale du Midi, un anticlinal dont les couches supérieures appartiennent tantôt au Permien, tantôt aux différents étages houillers ; différence qui s'explique soit parce que avant le charriage il y a eu érosion de la crête de l'anticlinal, soit parce que la nappe en passant sur la crête a entraîné une partie des sédiments ; 2° le Houiller du bassin proprement dit de Sarrebruck forme nappe.

Ce pli, comme la nappe qui le surmonte, se prolonge certainement vers le sud-ouest dans la partie méridionale du bassin. Dans la concession de Petite-Rosselle, sous l'étage des houilles grasses, c'est-à-dire sous le Houiller inférieur, une galerie au mur a rencontré un épais brouillage que j'assimile à celui de la base de la nappe vue plus au nord, puis vient un terrain houiller d'allure incertaine,

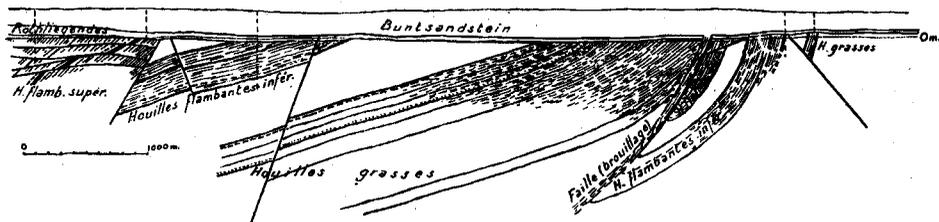


FIG. 1. — Coupe orientée O.-E., prise dans la mine de Merlenbach (d'après les documents fournis par la Société de Sarre et Moselle).

mais qui finit par plonger vers le sud et qui appartient à la partie inférieure de l'étage des charbons flambants supérieurs. Des refoulements se sont produits dans ce Houiller, par suite desquels on retrouve certaines couches en superposition sur elles-mêmes. Dans la concession de Sarre et Moselle, des travaux de recherche au mur entrepris dans la mine de Merlenbach (fig. 1), après avoir traversé une série de couches plongeant vers le nord et appartenant à l'étage

des charbons gras, ont rencontré sous le Trias un épais brouillage qui a été assimilé à une faille, et au delà duquel ils sont entrés dans les assises supérieures puis inférieures des charbons flambants, plongeant toutes également vers le nord. Je retrouve là encore la nappe, le brouillage sous-jacent, puis le flanc nord de l'anticlinal. Mais cet anticlinal serait légèrement dévié vers le sud, par rapport à sa direction primitive.

Si maintenant on se reporte à ce que j'ai dit des sondages exécutés en Lorraine française et de leur position relative, on constate que, au sud de la région qui correspond au prolongement de la crête de Sarrebruck, se trouvent les sondages qui ont rencontré le Houiller à la plus grande profondeur et aussi les couches houillères les moins anciennes, c'est-à-dire l'anticlinal du substratum; tandis que les sondages situés plus au nord ont atteint, à une moindre profondeur; des couches plus anciennes qui appartiendraient à la nappe. Il y aurait donc là une disposition identique à celle qui existe dans la partie septentrionale du bassin. D'ailleurs d'après les résultats des sondages du nord, il se pourrait bien qu'il y eût un dôme dans la région d'Atton-Eply. En Lorraine française l'allure des couches reste donc encore la même.

L'accident dit faille principale du Midi s'expliquerait, selon moi, par la rupture d'une nappe, suivant l'axe d'un anticlinal sur lequel elle aurait été charriée postérieurement au Permien inférieur, sous l'action d'une poussée venue du sud. Puis, les érosions auraient fait disparaître le flanc sud de la nappe mettant ainsi à jour la crête ou le flanc méridional de cet anticlinal. Ce serait antérieurement au dépôt du Trias que l'érosion se serait produite; mais toute la région aurait été recouverte ensuite par les Grès bigarrés.

DE L'EXTENSION POSSIBLE DES DIFFÉRENTS BASSINS HOUILLERS DE LA FRANCE. — ÉTUDE DES CHENAUX HOUILLERS DU MASSIF CENTRAL

Sous le premier de ces titres, j'ai fait en 1896, devant la Société des Ingénieurs civils de France, une communication dans laquelle

je me proposais de montrer que, dans le prolongement de certaines dépressions occupées par des bassins houillers français, on pourrait retrouver d'autres gites de houille (58). Je parlais du fait bien établi maintenant de la continuité des dépressions houillères sur de très grandes longueurs et, d'autre part, pour la recherche de leur prolongement sous des terrains plus récents, j'indiquais le parti que l'on pouvait tirer de la théorie des plis posthumes.

Dans ce travail, je fus amené naturellement à m'occuper des dépressions du Massif Central et de leur répartition. Mais depuis sa publication ont paru plusieurs cartes ou mémoires dus à MM. De Launay, Mouret et Poisson. Ces travaux m'ont amené à modifier sur bien des points ma manière de voir; je vais exposer comment j'interprète actuellement les faits.

Les trois dépressions armoricaines, dont il a été déjà question plus haut (p. 70), disparaissent sous le Jurassique du Bassin de Paris ou du détroit du Poitou, suivant la position qu'elles occupent. Mais elles se poursuivent sous les terrains secondaires où elles sont jalonnées par des failles qui ne sont autre chose que des failles carbonifères ayant rejoué après le Jurassique. On peut donc retrouver en profondeur les dépôts houillers dinantiens, westphaliens et stéphaniens qui accompagnent le Dinantien marin dans le Massif armoricain:

En suivant ces failles post-jurassiques vers l'est, on est conduit jusqu'à la bordure occidentale du Massif Central, sauf pour le groupe septentrional, celui de Châteaulin-Sablé, qui se perd sous le Jurassique du bassin de Paris, et dont le prolongement se rencontrerait peut-être dans la dépression houillère de Sancey, à l'extrémité septentrionale du Morvan.

La seconde dépression, celle de Plogoff-Ancenis, se prolongerait dans le Massif Central par celle de Chambon, qui est occupée par des dépôts dinantiens et d'abondants tufs orthophyriques.

La troisième, ou dépression vendéenne, n'aboutit à aucune dépression du Massif Central, mais il se pourrait cependant qu'il y eût une certaine relation entre elle et les bassins houillers de la région de Brives, ainsi que je le dirai plus loin.

Pour l'étude de ces dépressions, je diviserai le Massif Central

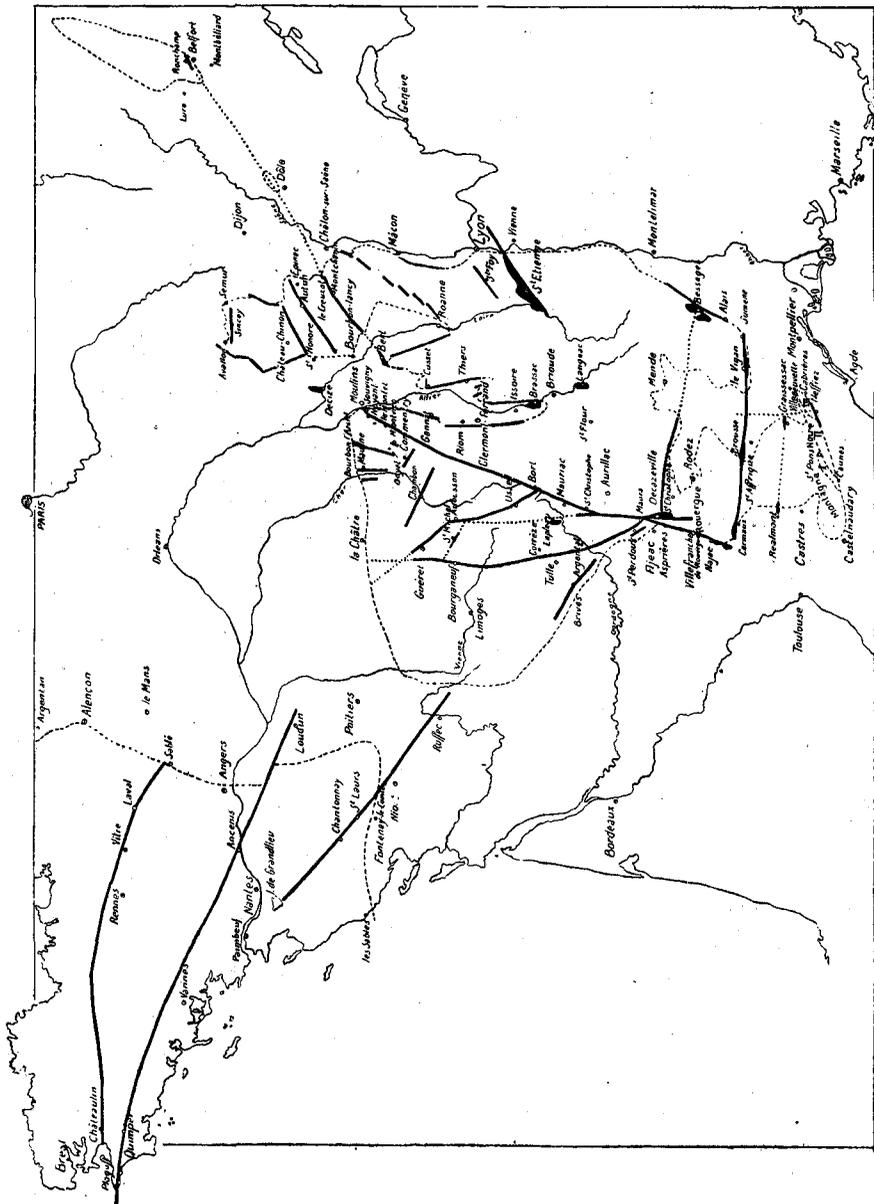


FIG. 2. — Carte montrant la disposition des plis et des chenaux carbonifères dans le Massif armoricain et le Massif Central (1).

(1) Étant donnée l'échelle de la carte, j'ai dû, pour qu'elle fût intelligible, représenter par un simple trait les failles, les dépressions et mêmes les groupes de dépressions ; quand le tracé est hypothétique, le trait est pointillé. — Les chiffres romains correspondent aux écaïles de la nappe qui recouvre le versant méridional de la Montagne Noire.

en trois régions : la région occidentale est située à l'ouest de la grande faille ou du chenal qui passe par Souvigny, Noyant, Mauriac, Asprières et Villefranche-de-Rouergue. La région médiane est comprise entre cette faille, à l'ouest, et la série de failles qui bordent le Morvan à l'ouest et la vallée d'effondrement de l'Allier à l'est. Elle s'étend jusqu'à l'extrémité méridionale du Massif Central en y comprenant les Causses. La région orientale renferme le Morvan, le Forez, le Velay et toute la partie orientale du Massif Central depuis et y compris la vallée d'effondrement de la Loire à l'ouest jusqu'à la vallée de la Saône et du Rhône à l'est (fig. 2).

Région occidentale. — J'étudierai tout d'abord les dépressions que j'ai déjà signalées comme étant en relation avec celles du massif armoricain.

La dépression de Chambon, qui répond au prolongement de la dépression Plogoff-Ancenis, est occupée par des sédiments exclusivement dinantiens, en lambeaux discontinus par suite d'érosions. Vers le sud-est du côté de Château-sur-Cher et de Fontenières, ceux-ci se chargent de tufs orthophyriques et de microgranulite ; il y a passage du facies dinantien franc de l'ouest au facies éruptif de la partie orientale du Massif Central.

D'après l'allure de ces dépôts qui sont limités au nord par une faille, on peut dire qu'ils s'étendaient sûrement davantage vers le nord. Peut-être leur extension était-elle également plus grande vers le sud. En tout cas, dans toute la partie septentrionale du Massif Central, on rencontre des lambeaux isolés de Dinantien témoignant ainsi de la très grande surface que ce terrain a recouverte.

Le bassin houiller de Brive ne se trouve pas, ainsi que je l'ai déjà dit, dans le prolongement direct de la dépression vendéenne, mais il dépend certainement d'un faisceau d'accidents qui sont en relation avec cette dernière, car ils se prolongent jusque du côté de la Vendée. Ces accidents, qui peuvent être des plis, intéressent les terrains primaires de la bordure sud-ouest du Massif Central ; c'est eux qui amènent au jour les affleurements houillers de Donzenac, Saint-Bonnet-la-Rivière, Chatres, Molières, Terron, Saint-Bresson,

la Capelle-Marival, Saint-Perdoux et ceux des environs de Figeac. Il faut encore leur rattacher plusieurs autres accidents tels que les plis posthumes que M. Glangeaux a reconnus dans l'Aquitaine, le long du bord du Massif Central. C'est sans doute au prolongement d'un de ces plis vers l'est qu'est due l'apparition de l'anticlinal houiller de Faycelle sur la rive droite du Lot.

Tous ces plis qui constituent le faisceau de Brive viennent aboutir, si on les prolonge vers l'est, dans les environs de Gagnac, à une faille qui semble relier le chenal de Souvigny-Noyant-Mauriac à celui d'Asprières-Villefranche-de-Rouergue.

Aucun des affleurements de ce faisceau de Brive, bien que de direction armoricaine, ne renferme de sédiments dinantiens, mais uniquement des dépôts stéphaniens. On peut en conclure qu'il y a indépendance entre la direction des dépressions et l'âge des sédiments carbonifères qui s'y rencontrent. Dès lors, si l'on ne tient compte que de leur direction, il est naturel de rattacher la dépression de Commentry occupée par des sédiments stéphaniens à celle de Chambon dans laquelle il n'y a, ainsi que je l'ai dit, que des sédiments dinantiens. Toutes deux ont une direction armoricaine; elles forment un faisceau, qui est peut-être dans le prolongement de la dépression Plogoff-Ancenis. Mais étant donné que le bassin de Commentry se trouve dans une région que devaient recouvrir les assises dinantiennes, il faut, pour que celles-ci ne se rencontrent pas sous le Stéphalien, qu'elles aient été enlevées par érosion avant la formation de la dépression. Les deux dépressions de même direction et appartenant au même faisceau ne se sont donc pas produites à la même époque. Des faits de même ordre ont été reconnus dans la région orientale.

Dans la partie occidentale du Massif Central, il y a encore d'autres bassins houillers que ceux que je viens de citer. Mais ils ont des directions tout à fait indépendantes de celles des plis armoricains et varisques, et ils font tous partie de dépressions d'effondrement ou chenaux qui se croisent parfois et dont plusieurs traversent de part en part la région occidentale du Massif Central. Tous ces chenaux renferment des dépôts stéphaniens; exceptionnellement on y trouve des lambeaux de Dinantien, indépendants d'ailleurs de ces derniers :

ce sont, comme je l'ai dit, des témoins d'une vaste formation déposée antérieurement à l'effondrement des chenaux.

Je vais étudier successivement chacun de ceux-ci.

CHENAL D'AHUN. — On n'en connaît pas l'extrémité septentrionale. Il y a bien, sur la bordure nord du Massif Central, dans le prolongement vers le nord-ouest du chenal en question, une série de failles parallèles à la vallée de l'Indre et intéressant le gneiss entre la Celle-Dunoise et Fresselines, qui ont peut-être joué un rôle dans sa formation. Quant à ce chenal, il s'étend suivant une direction N.N.O.-S.S.E. et est jalonné par des lambeaux de Dinantien (Chignavieux, Saint-Fiel, la Glenie) alignés parallèlement au contact d'un massif granitique et d'un massif granulitique. Parfois les sédiments dinantiens se chargent de tufs orthophyriques, comme dans la dépression de Chambon.

Enfin se montre le bassin stéphanien d'Ahun qui est limité vers le nord-est par une faille parallèle à la direction générale de la dépression. A partir de ce moment, il n'existe plus trace, au sud, de dépôts dinantiens et le chenal se réduit le plus souvent à une de ses failles directrices. La faille qui limite le bassin d'Ahun vers le nord se continue vers le sud-est jusqu'à Aubusson, toujours tracée par un contact de granite et de gneiss à cordiérite. Elle s'infléchit vers le sud et prend une direction sensiblement N.-S. Puis à partir du Trucq, elle oblique de nouveau vers l'est et s'oriente nord-nord-est, puis elle se perd. Elle devrait rencontrer le chenal Souvigny-Noyant-Mauriac entre Monestier-Port-Dieu et Bort.

CHENAL D'ARGENTAT. — Sous ce nom, M. Mouret a désigné dès 1891 une dépression qu'il a pu suivre sur une très grande longueur, depuis Bourganeuf jusques et au delà d'Argentat vers le sud-est.

Son extrémité septentrionale est également inconnue : peut-être déboucherait-il sur le bord septentrional du Massif Central, dans les environs de Cluis, où s'observent de nombreuses failles.

Ce chenal se présente sous forme d'une bande de gneiss grenus à cordiérite, orientée N.-S. et comprise entre deux massifs granitiques ; dans son prolongement se trouve le bassin de Bourganeuf qui est

l mité par des failles qui se continuent vers le sud et qui contourment l'extrémité occidentale du massif granitique d'Eymoutiers. M. Mouret, qui les a étudiées avec un soin particulier, les a suivies dans la région de Tulle (faille de Tulle). Au niveau de Corrèze, sur la lèvre occidentale de la faille, se rencontre le lambeau stéphanién de l'Hospital. Vers le sud-est, ce sont les dépôts stéphaniens d'Argentat ou de Saint-Chamand-de-Lux, de Miécane, de Teyssieu qui jalonnent le chenal ; mais on ne peut le suivre plus loin, en se guidant sur ses failles directrices comme précédemment, parce que ces accidents qui d'ordinaire accompagnent les îlots houillers font ici totalement défaut. Au nord de Figeac, passent, au voisinage de Saint-Médard et du Montet, de grandes failles anté-oligocènes qui semblent être dans le prolongement de celles qui ont déterminé la formation du chenal d'Argentat. Elles rencontrent au sud de Maurs une série de failles orientées sensiblement N.-S. qui sont dans le prolongement du chenal de Decazeville et qui relie entre eux les chenaux de Souvigny-Mauriac et d'Asprières-Villefranche-de-Rouergue. Ce chenal se termine donc comme le précédent.

Il semble que l'îlot houiller de Saint-Michel-de-Vesse corresponde à un chenal joignant celui d'Argentat à l'ouest à celui d'Ahun à l'est ; il aurait eu une orientation N.O.-S.E. et correspondrait à un contact de granite et de schistes métamorphiques.

CHENAUX DU BORD SEPTENTRIONAL DE LA RÉGION OCCIDENTALE. — Ce bord septentrional, comme d'ailleurs celui de tout le Massif Central, est remarquable par l'abondance des failles et des effondrements de direction N.-S.

Sur la rive droite du Cher, les deux lambeaux stéphaniens de Maulne et d'Estivareilles, limités par des failles N.-S., reposent directement sur les roches cristallines, sans interposition de Dinanien. Il est vraisemblable que le bassin houiller dont ils dépendaient s'étendait vers l'ouest, là où se trouve la vallée d'effondrement du Cher. Les failles qui se voient actuellement datent sans doute de l'époque carbonifère.

Le bassin houiller de Montvicq, qui se liait peut-être vers le sud à celui de Commeny, devait se rattacher vers le nord à celui

de Bourbon-l'Archambault qui, étant données les nombreuses failles N.-S. qui l'entourent, paraît être dû à un effondrement du bord septentrional du Massif Central.

Il semble donc que, à l'époque houillère, dans cette région, il se soit produit, par suite du jeu de failles orientées N.-S., de larges dépressions d'effondrement qui auraient été limitées vers le sud au chenal de Souvigny-Noyant-Mauriac.

Par suite de l'extension du Permien sur le lambeau de Maulne et sur les bassins de Bourbon-l'Archambault et de Montvicq, il est certain que, postérieurement au Stéphanien, il y a eu sur ce bord un affaissement général permettant, comme je l'ai signalé pour le Rouergue (p. 46), un envahissement de la mer permienne.

CHENAL DE SOUVIGNY-NOYANT-MAURIA-ASPRIÈRES-VILLEFRANCHE-DE-ROUERQUE. — C'est le premier chenal houiller qui ait été signalé dans le Massif Central. Il est occupé par une série de dépôts stéphaniens parfois assez riches en houille pour être exploités. Ce chenal est trop connu pour qu'il soit nécessaire de le décrire; je m'occuperai seulement de sa terminaison vers le sud.

Après plusieurs interruptions pendant lesquelles le chenal est pour ainsi dire réduit à une de ses failles directrices, la traînée houillère cesse au niveau de Jaleyrac, au nord de Mauriac. Dans son prolongement, il y a quelques flots stéphaniens, sur la route d'Ally et à Saint-Christophe. A partir de ces derniers affleurements, on a affaire à un chenal de direction N.-S., à en juger par l'alignement d'un certain nombre de lambeaux houillers. Ce nouveau chenal, jalonné dans les environs de Maurs par des failles N.-S., se prolonge directement vers le sud par le bassin de Decazeville. Mais également dans les environs de Maurs, aboutit vers le sud-ouest la faille Asprières-Villefranche-de-Rouergue qui a la même direction que le chenal Souvigny-Noyant-Mauriac et qui paraît bien en être la continuation. En la suivant, on trouve les lambeaux houillers de Najac et de Puech-Mignon; elle correspond par suite, elle aussi, à un chenal qui, d'ailleurs, au delà de cette dernière localité, disparaît complètement sous le Secondaire et le Tertiaire. Il y aurait donc, entre Saint-Christophe et Asprières, une partie de chenal commune

à celui de Decazeville, sur lequel je vais revenir et à celui de Souvigny-Noyant-Mauriac-Asprières-Villefranche-de-Rouergue.

Région médiane. — Il semble à première vue que, dans cette région médiane, il n'existe aucune relation entre les lambeaux houillers tant ils sont isolés.

Vers le nord, le long du Morvan, les terrains primaires sont cachés presque totalement sous les sédiments secondaires et tertiaires du Bassin de Paris, absolument comme plus au sud ils disparaissent sous les sédiments oligocènes de la vallée d'effondrement de l'Allier. On ne connaît leur allure que là où, par le jeu des failles, il en est venu des lambeaux assez près de la surface pour que les érosions aient pu les mettre à découvert. Ils forment les bassins houillers de Decize, de Brassac et de Langeac, pour ne citer que les affleurements houillers exploités. Ils doivent représenter des vestiges de dépôts bien plus importants qui ont occupé une ou plusieurs grandes dépressions d'effondrement orientées N.-S.; leur ensemble aurait constitué un vaste chenal de même direction dont les failles limitatives auraient rejoué à l'époque tertiaire.

Dans ce chenal, dû très vraisemblablement à des effondrements anté-stéphaniens, on retrouve des dépôts dinantiens dans le prolongement de ceux de Chambon, disposés de manière à former une bande irrégulière; ces irrégularités ne sont pas en relation avec des dislocations, mais elles dépendent bien plutôt d'érosions ou d'effondrement, comme c'est le cas au niveau de la vallée de l'Allier.

Plus au sud, c'est le Stéphaniens, qui seul représente le Carbonifère; il se rencontre encore dans des chenaux.

CHENAL DE DECAZEVILLE. — Au voisinage de la faille d'Asprières-Villefranche, le bassin de Decazeville, dont j'ai donné déjà la description (p. 63) et dont j'ai montré l'indépendance par rapport au chenal Souvigny-Villefranche, occupe un chenal N.-S. qui se suit jusqu'aux lambeaux de Saint-Christophe, dans le Cantal. On en perd la trace, vers le nord; mais sur la feuille de Mauriac, au voisinage et à l'ouest d'un filon de granulite orienté N.-S., se trouve le lambeau houiller de Lappleau, qui paraît être en relation avec une faille

orientée sensiblement N.-S. Celle-ci traverse toute la feuille d'Ussel pour aboutir à Aubusson; s'il en est ainsi, le chenal de Decazeville viendrait se terminer vers le nord à Aubusson. Dans son prolongement vers le sud le chenal se reconnaît à une faille directrice longeant le bord occidental du bassin et limitant vers l'ouest le Jurassique de Montbazens. Plus au sud encore, une bande de granite écrasé, au contact de schistes métamorphiques, dans les environs de Compolibat, correspond au prolongement de cette faille qui se perd d'ailleurs à partir de ce point (132-140).

CHENAUX EST-OUEST. — A l'est du bassin de Decazeville s'étend la dépression de Saint-Christophe, dont j'ai déjà parlé (p. 43); elle est orientée sensiblement E.-O. et se poursuit à travers une grande partie des Causses.

Puis c'est la dépression Carmaux-Sumène (p. 44), qui vers l'ouest semble partir du prolongement du chenal Souvigny-Villefranche-de-Rouergue et qui est sensiblement parallèle à la précédente. Enfin plus au sud il y aurait la dépression Réalmont-Graisessac (p. 45).

Aucun de ces chenaux ne renferme de Dinantien; et tous relient peut-être les chenaux de Villefranche ou de Decazeville au bord oriental du Massif Central; peut-être aussi rencontraient-ils un chenal qui aurait occupé la région des Causses.

J'ai signalé en effet l'existence d'un chenal houiller correspondant à la région d'effondrement tertiaire de la vallée de l'Allier. Si l'on jette les yeux sur la carte géologique de la France, on est frappé de voir que vers le sud ce chenal semble se poursuivre par la région des Causses. Il est possible en effet que celle-ci se soit esquissée à l'époque westphalienne par la formation d'une dépression qui durant le Stéphanien aurait été occupée par un bassin houiller. Ce qui me porte à faire cette hypothèse, c'est l'existence probable en profondeur, dans les Causses, d'une faille orientée N.-S. comme celles des chenaux de la partie septentrionale, et par laquelle les basaltes sont venus au jour à l'époque du Pliocène moyen. S'il en était ainsi, l'histoire du chenal de l'Allier et celle de la région des Causses seraient comparables, ainsi que je l'ai déjà dit (p. 50).

La dépression occupée par le bassin houiller de Neffiez appartient encore à la région médiane, mais elle fait aussi partie de la bordure du Massif Central.

Région orientale du Massif Central. — Les accidents de cette région sont si bien connus après les études de MM. Auguste et Albert Michel-Lévy et celles de M. Termier, que je me contenterai de faire ici quelques remarques. La caractéristique de cette région est la direction N.E.-S.O. de ses accidents; dans la partie septentrionale, ceux-ci s'arrêtent vers l'est à la vallée d'effondrement de la Loire; parfois on en retrouve le prolongement dans le horst de terrains anciens qui sépare l'une de l'autre les vallées de la Loire et de l'Allier.

Dans cette région orientale, là où se sont superposées des dislocations d'âges primaire et tertiaire, il est très difficile de reconnaître la direction réelle des dépressions: en effet les lambeaux dinantiens sont, comme dans la région médiane, des sédiments éparpillés par l'érosion; ils peuvent former des alignements très différents de ceux qu'avaient primitivement les dépressions auxquelles ils appartenaient. C'est ce qui a lieu pour les dépôts dinantiens et dévoniens de Charbonnières, de Cusset, de Ferrières, de Bourbon-Lancy, qui semblent former des plis en zigzag dont l'allure est très différente de celle du pli houiller d'Autun-Bert, qui a la véritable direction générale N.E.-S.O. Il y aurait bien eu primitivement formation d'un vaste pli synclinal, dont faisaient partie les lambeaux signalés plus haut. Ce pli en relation avec ceux qui, dans les régions occidentale et médiane du Massif Central, renferment surtout des sédiments dinantiens, se serait avancé jusqu'au bord oriental du Massif Central. Postérieurement à sa formation, il aurait été traversé par un effondrement N.-S., entraînant sur ses bords les terrains dévonien et dinantien de Bourbon-Lancy et de la vallée de la Loire. Ces failles carbonifères auraient rejoué à l'époque oligocène et amené un nouvel effondrement de la vallée de la Loire, comme M. Auguste Michel-Lévy en avait déjà émis l'hypothèse.

Dans cette même région, les dépressions occupées par le Stéphanien accompagné du Permien sont indépendantes de celles où se rencontre le Dinantien, et c'est seulement dans la partie nord que

ce dernier terrain est développé ainsi que je l'ai déjà signalé pour les régions occidentale et médiane.

De cette étude d'ensemble sur les dépressions carbonifères du Massif Central ressortent les faits généraux suivants : ces dépressions se sont produites à deux époques différentes : les unes sont immédiatement postérieures au Dinantien, les autres immédiatement antérieures au Stéphaniens c'est-à-dire westphaliennes. Celles d'âges différents sont le plus souvent indépendantes comme allure les unes des autres. Cependant sur les bords du Massif Central, elles ont toutes des directions armoricaines ou varisques. Celles-ci ont été imposées aux accidents stéphaniens par l'allure préexistante des couches, à la suite des plissements post-dinantiens. Il n'y a que la dépression comprenant les lambeaux de Chambon, de la vallée de l'Allier et de la région de Roanne, qui présente la disposition en V (*Schuarung*).

A l'intérieur du Massif les dépressions anté-stéphaniennes correspondent le plus souvent à de grands chenaux d'effondrement qui le traversent suivant des directions N.-S. ou s'en rapprochant. Il y a encore dans la région du Rouergue des dépressions d'effondrement orientées E.-O. qui semblent aller du chenal de Decazeville ou du chenal Asprières-Villefranche au bord oriental du Massif Central.

Toutes ces dépressions d'effondrement sont en relation avec des massifs cristallins, ce qui s'explique facilement : ainsi que je l'ai dit plus haut (p. 42), les terrains primaires du cœur du Massif Central sont devenus plus résistants à la suite des nombreuses éruptions de roches granitiques qui, postérieurement aux ridements armoricains et varisques, les ont traversés ou métamorphisés. Par suite, ils n'ont pu, à l'époque westphalienne, continuer à se plisser sous l'action des efforts qui avaient produit ces plis et qui agissaient encore ; il en est résulté des soulèvements, des cassures dans toutes les régions faibles, c'est-à-dire au voisinage des massifs cristallins. Dans la partie méridionale du Massif Central, celle qui correspond au Rouergue et à la Montagne Noire, et qui a été soumise à la fois aux efforts venant du sud-est et du sud-ouest, il s'est produit sous l'action de leur résultante qui avait une direction S.-N., des soulè-

vements et des effondrements orientés E.-O., donnant naissance aux trois chenaux que j'ai étudiés précédemment (p. 43).

Les plis de la région orientale du Massif Central peuvent, ainsi que je l'ai dit dans mon mémoire précédemment signalé (58), se prolonger vers le nord-est sous la plaine de la vallée du Rhône et le détroit Morvano-Vosgien. Cette hypothèse avait été émise déjà bien avant 1896 et elle avait été vérifiée, en ce qui concerne le bassin de Saint-Étienne, par des sondages exécutés sur la rive gauche du Rhône, soit dans le prolongement du bassin houiller de Saint-Étienne, soit dans celui d'une dépression passant par Vienne et appartenant au faisceau de Saint-Étienne. Quant au prolongement de la dépression du Creusot-Blanzy, par la Montagne de la Serre, près Dole, jusqu'au bassin de Ronchamp, il a été établi par la rencontre du Houiller dans plusieurs sondages entrepris entre Ronchamp et Lure. Enfin les résultats obtenus dans la recherche du terrain houiller en Lorraine française, dans le prolongement du bassin de Sarrebruck (p. 72), sont venus confirmer la justesse des hypothèses que j'avais émises.

ÉTUDES D'HYDROLOGIE

Bien que, depuis 1901, j'aie eu, comme attaché au Service de la Carte géologique de la France, à faire de nombreuses études hydrologiques pour le compte de communes des départements de l'Aveyron et du Tarn, aucune n'a présenté assez d'intérêt pour que je croie devoir en parler. Je n'analyserai ici que deux mémoires relatifs à des questions d'hydrologie parce que leurs conclusions présentent un intérêt général.

Hydrologie et géologie de la région méridionale du Sahara algérien.

— A la suite d'une communication de M. Ed. Lippmann à la Société des Ingénieurs civils (novembre 1896), communication dans laquelle il émettait l'hypothèse que les eaux de l'oued Rir venaient du sud,

j'invoquai (62), à l'appui de sa manière de voir, les résultats de la mission de M. Foureau dans le Sahara méridional. Grâce à cet explorateur, nous savons en effet que l'Erg oriental est bordé au nord, à l'est et à l'ouest par des chaînes ou des collines crétacées recevant peu d'eau et pendant peu de temps, et que, au sud, sous les sables, des assises tertiaires et crétacées plongent en pente douce vers le nord. Ces dernières constituent vers le sud le plateau ou Hamada de Tinghert qui s'élève progressivement de 360 à 590 mètres ; de ce côté, il est limité par une falaise dont la crête est formée par des assises appartenant au Cénomaniens qui repose sur des argiles avec gypse du Trias. Au sud et sous ce Trias, se reconnaissent le Carbonifère, le Dévonien et le Silurien qui s'appuient contre le massif cristallin de l'Ahaggar. Étant donnée, d'une part, la grande quantité de neige et de pluie qui tombe dans la région haute, et d'autre part la nature des sédiments et leur plongement vers le nord, des eaux abondantes doivent s'écouler souterrainement dans cette même direction et alimenter l'oued Rir et le chott Melrir.

Après avoir mis en évidence l'intérêt que présentaient, au point de vue hydrologique, les renseignements géologiques rapportés par M. Foureau, j'ai montré le parti que l'on pouvait encore en tirer en vue du tracé du transsaharien et je conclus que loin de remonter le haut Igharghar où les eaux sont très rares et où elles ne coulent qu'exceptionnellement jusqu'au niveau d'Idelis, il faudrait prendre la vallée de l'oued Mia ou celle de l'Igharghar mais seulement jusqu'à Timassinin, pour gagner par la vallée d'Issaouan la région riche en eau du Tassili des Ahaggar.

Puits absorbants. — Je fus appelé, en 1910, comme Président de la Société des Ingénieurs civils de France, à faire partie de la Commission des inondations. Membre de la Sous-Commission qui devait rechercher quels seraient les travaux susceptibles de réduire l'intensité des crues dans le bassin de Paris, je fus chargé d'examiner la méthode dite des puits absorbants (131). Elle consiste à faire absorber par des couches profondes, qui ne sont pas imprégnées d'eau, celle qui ruisselle à la surface du sol. Cette eau, ainsi

amenée dans des réservoirs naturels, s'écoule ensuite doucement dans les vallées.

Après avoir étudié la manière dont l'absorption se fait dans les terrains naturellement ou accidentellement perméables, j'examinai en détail la façon dont peuvent fonctionner les puits absorbants et j'établis les dangers qu'ils risquent de faire courir à la santé publique comme à la sécurité des populations. Décrivant ensuite les relations qui existent entre la structure géologique du bassin de la Seine et l'allure des cours d'eau qui se jettent dans ce fleuve en amont de Paris, je montrai que, malgré la disposition concentrique de zones alternativement perméables et imperméables, il était impossible d'appliquer en grand la méthode des puits absorbants pour combattre les débordements de la Seine et de ses affluents.

RÉSUMÉ

De l'exposé qui précède, il résulte que jusqu'ici mes études ont porté surtout sur des questions de stratigraphie; mais élève d'Hébert et de Munier-Chalmas, j'ai toujours eu recours à la paléontologie pour établir l'âge des couches auxquelles j'avais affaire.

Lorsque j'ai abordé l'étude des terrains primaires du Rouergue et de la Montagne Noire, j'ai commencé par en chercher les faunes. C'est ainsi que j'ai reconnu, surtout sur le versant méridional de ce dernier massif, l'existence du Cambrien; de la base de l'Ordovicien et du Gothlandien, dans le Silurien; du Gedinnien, du Givétien et du niveau à Cypridines, dans le Dévonien; enfin des différents horizons tournaisiens dans le Carbonifère inférieur. En tenant compte de tous les niveaux primaires reconnus dans la Montagne Noire, j'ai pu établir dans cette région l'existence de la série paléozoïque au grand complet, à tel point qu'elle est devenue classique pour les terrains primaires.

Mais, par le fait même que j'avais établi une série si complète, je m'étais donné la possibilité de mieux connaître la structure des massifs montagneux que j'étudiais, de préciser l'allure des couches, d'en faire la tectonique. D'ailleurs ce n'est pas à moi seulement que ces travaux ont profité; ils ont permis dans la Catalogne comme dans les Pyrénées, ainsi que l'ont déclaré MM. Almera et Bresson, de reconnaître sans peine les différents horizons primaires, et par suite ils ont singulièrement facilité l'étude de la tectonique de ces régions.

Grâce à la connaissance que j'avais des différents horizons primaires, j'ai pu faire avec plus de précision l'histoire géologique du

Rouergue et de la Montagne Noire, et même en tirer des conclusions relativement à l'histoire du Massif Central pris dans son ensemble. On savait depuis longtemps en effet que les ridements hercyniens avaient commencé à se produire après le dépôt du Dinantien, sous l'action de poussées venues du sud-est et du sud-ouest et que ces mêmes forces s'étaient fait sentir jusqu'à la fin des temps primaires et plus particulièrement au Westphalien. J'ai montré que postérieurement à la formation des rides hercyniennes, il s'était formé une nappe comprenant tous les niveaux primaires depuis le Cambrien jusqu'au Dinantien inclusivement. Elle s'est avancée sur le versant méridional de la Montagne Noire, en se morcelant en trois écailles qui, dans leur mouvement de progression, se sont chevauchées les unes les autres. Un lambeau de cette même nappe se retrouve au Vigan sur le bord méridional des Cévennes, au nord-est de la Montagne Noire. Étant donnés les terrains qui entrent dans la composition de la nappe, son charriage est postérieur au Dinantien.

C'est alors que le magma granitique, toujours sous l'action des mêmes poussées, s'est élevé dans les plis hercyniens en métamorphisant probablement une grande partie des terrains primaires. J'ai établi que, dans la Montagne Noire et peut-être aussi dans le Rouergue, le Cambrien avait été métamorphisé. J'ai suivi les phases de cette transformation et j'ai montré comment les roches cambriennes pouvaient passer aux types de roches dites autrefois primitives.

En de nombreux points, les roches granitiques forment des laccolites d'où partent des pointements ou des apophyses qui ont produit des phénomènes de métamorphisme de contact au milieu des roches sédimentaires. Or, dans la nappe de charriage, on reconnaît des traces absolument certaines de ce métamorphisme; j'ai été, par suite, amené à conclure que la venue du granite était postérieure au charriage de la nappe et par suite au Dinantien. D'autre part ces roches éruptives et métamorphiques sont de formation antérieure au Stéphanien, puisque l'on en rencontre des blocs roulés dans les sédiments houillers de l'étage des Cévennes.

Mais la pénétration du granite dans les roches sédimentaires les

a rendues plus résistantes aux poussées qui continuaient à venir du sud-ouest et du sud-est. Elles ne peuvent plus se plisser; elles se soulèvent, se rompent et, antérieurement au dépôt du Stéphanien, des chenaux d'effondrement, absolument indépendants des plis armoricains et varisques, sillonnent le Massif Central. D'une manière générale, ces chenaux qui ont été occupés par des lacs et dans lesquels se rencontrent, par places, des bassins houillers d'âge stéphanien, le traversent d'un bord à l'autre. Plusieurs, orientés N.-S., ont permis aux eaux du bassin de Paris et du bassin de l'Aquitaine de s'avancer à l'époque oligocène jusqu'au cœur du Massif Central; de plus, quelques-unes des failles, dont le jeu avait provoqué la formation de ces chenaux, se sont rouvertes à la fin de la période tertiaire et alors sont venues au jour les roches éruptives de l'Auvergne, du Cantal et de la région des Causses.

Comme on le voit, ayant commencé par l'étude de la partie méridionale du Massif Central, j'ai été amené à m'occuper de questions d'un intérêt plus général et concernant tout le massif lui-même. Puisque j'avais les moyens de solutionner ces questions, j'ai pensé que je servirais mieux la science en poussant à fond l'étude d'une région même limitée, qu'en embrassant plusieurs sujets dont l'étude n'aurait pu être menée aussi loin.

Je ne me suis pas d'ailleurs consacré exclusivement à l'étude du Massif Central. Chaque fois que j'ai eu occasion de parcourir un pays dans lequel je croyais retrouver les mêmes caractères que dans la Montagne Noire, j'ai procédé de la façon qui m'avait réussi dans cette région : j'ai pu ainsi établir l'existence de nappes de charriage dans les environs de Barcelone et en Roumanie. J'ai reconnu d'autre part, dans le Hartz, la Bohême, la Basse-Normandie et la Bretagne des accidents et des contacts anormaux qui me portent à penser que dans ces régions la tectonique est bien moins simple qu'on ne l'a cru jusqu'ici.

En Espagne, à la suite d'une étude paléontologique du *bizcornil* de San Pedro de Alcantara, en Andalousie, j'ai démontré que le détroit de Gibraltar avait dû s'ouvrir vers le début du Pliocène.

Enfin, j'ai appliqué les méthodes scientifiques à l'étude de certaines questions d'hydrologie ainsi qu'à celle des bassins houillers

de Decazeville, de Carmaux, de Graissessac, du Massif armoricain, de Ronchamp et de Sarrebruck. C'est encore en partant des principes de la continuité des dépressions houillères et de la récurrence des accidents primaires dans les terrains secondaires, que j'ai pu émettre l'hypothèse que certains bassins houillers de France devaient se prolonger en dehors des régions où nous les connaissons, hypothèse qui a été vérifiée depuis dans la Lorraine française comme dans la Franche-Comté.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
Titres divers. Fonctions. Récompenses	1
Liste des Publications	3
Introduction.	12
Étude géologique de la Montagne Noire et du Rouergue.	17
STRATIGRAPHIE.	17
Terrain cambrien.	17
Terrain silurien	19
Terrain dévonien	21
Terrain carbonifère	23
Terrain permien	25
ROCHES ÉRUPTIVES ET MÉTAMORPHIQUES.	26
Roches éruptives.	27
Roches métamorphiques	29
Histoire géologique de la Montagne Noire et du Rouergue.	37
Voyages.	53
Bohème	53
Hartz	53
Andalousie	54
Roumanie	55
Environs de Barcelone	56
Basse-Normandie et Bretagne	57
Travaux de Paléontologie.	59
Travaux de Géologie appliquée.	63
ÉTUDES RELATIVES A DES BASSINS HOUILLERS.	63
Bassin de Decazeville	63

	Pages.
Bassin de Carmaux	67
Extension du bassin de Carmaux	68
Bassin de Graissessac	69
Bassins houillers du Massif armoricain	70
Bassin de Ronchamp	72
Bassin de Sarrebruck	73
De l'extension possible des différents bassins houillers de la France. Étude des chenaux houillers du Massif Central.	77
ÉTUDES D'HYDROLOGIE.	89
Hydrologie et géologie de la région méridionale du Sahara algérien	89
Puits absorbants	90
Résumé	93