

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. MUNIER-CHALMAS

PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE PARIS.



LILLE

LE BIGOT FRÈRES, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

68. rue Nationale, et rue Nicolas-Leblanc, 25

1903

H-10-157

LABORATOIRE DE GÉOLOGIE

DE LA SORBONNE

PARIS

TITRES ET NOMINATIONS

1864. Préparateur du cours de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris.
1876. Premier lauréat du Prix Viquesnel, décerné par la Société géologique de France.
1876. Chargé par le Ministre de l'Instruction publique d'une première mission scientifique en Autriche-Hongrie et dans les Alpes vénitiennes.
1879. Sous-Directeur du Laboratoire des recherches géologiques de la Faculté des Sciences de Paris.
1879. Chargé par le Ministre de l'Instruction publique d'une deuxième mission dans le Frioul, l'Istrie et la Dalmatie.
1880. Chargé de la direction des manipulations et travaux géologiques à l'École Normale supérieure.
1882. Maître de Conférences de Géologie à l'École Normale supérieure.
1884. Collaborateur adjoint au Service de la Carte géologique de France.
1889. Collaborateur principal au Service de la Carte géologique de France.
1890. Vice-Président de la Société géologique de France.
1891. Président de la Société géologique de France.
1891. Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.
1891. Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris.
1892. Membre de la Commission spéciale (Conseil) de la Carte géologique de France et des Topographies souterraines.
1892. Directeur d'études pour la Géologie (Section des Sciences naturelles de l'École des Hautes Études).
1899. Représentant du département de l'Instruction Publique à la Commission extraparlamentaire du Ministère de l'Intérieur chargé de préparer les articles du projet de loi sur l'Hygiène publique relatifs au captage des sources par les communes et à la protection des eaux potables.

RÉCOMPENSES ACADEMIQUES

1898. Premier lauréat du prix ESTRADE-DELGROS.

DIRECTIONS DE LABORATOIRES ET ENSEIGNEMENT

En 1879, M. Hébert avait bien voulu me confier, sous son haut contrôle, la direction scientifique de son laboratoire. La position que j'occupais ainsi à la Faculté des Sciences et à l'École Normale supérieure me permettait de diriger les travaux géologiques qui se poursuivaient dans les deux grandes Écoles. Il m'a été ainsi donné de faire de nombreux élèves dont plusieurs occupent aujourd'hui de hautes positions dans l'enseignement :

- M. ANASTASIU, professeur au Lycée Lazar, Bucarest.
 - M. BERGERON, professeur de Géologie à l'École Centrale.
 - M. Félix BERNARD, assistant au Muséum, décédé en 1898.
 - M. Léon BERTRAND, professeur de Géologie à l'Université de Toulouse.
 - M. BIGOT, professeur de Géologie à l'Université de Caen.
 - M. DEREIMS, attaché à la Mission Géologique et Topographique du Gouvernement de Bolivie.
 - M. FALLOT, professeur de Géologie à l'Université de Bordeaux.
 - M. F. FOUREAU, chef de la Mission Saharienne du Ministère de l'Instruction publique.
 - M. GENTIL, maître de conférences de Pétrographie à l'Université de Paris.
 - M. GLANGEAUD, professeur-adjoint de Minéralogie à l'Université de Clermont-Ferrand.
 - M. HAUG, professeur-adjoint de Géologie à l'Université de Paris.
 - M. H. HERMITE, professeur de Géologie à l'Université libre d'Angers, décédé en 1880.
 - M. KILIAN, professeur de Géologie à l'Université de Grenoble.
 - M. NICKLÈS, professeur-adjoint de Géologie à l'Université de Nancy.
 - M. CÉHLERT, correspondant de l'Institut, et M^{me} CÉHLERT.
 - M. POPOVICI, chef du Service Géologique du Ministère des Domaines en Roumanie, à Bucarest.
 - M. PRIEM, professeur au lycée Henri IV.
 - M. SEUNES, professeur de Géologie à l'Université de Rennes.
 - M. VASSEUR, professeur de Géologie à l'Université de Marseille.
 - M. WALLERANT, professeur de Minéralogie à l'Université de Paris.
 - M. WELSCH, professeur de Géologie à l'Université de Poitiers.
 - M. Sabba STEFANESCU, professeur à Bucarest.
-

RÉORGANISATION DU LABORATOIRE DE GÉOLOGIE

DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

Par suite de la reconstruction de la Sorbonne, j'ai dû consacrer six ans à la réorganisation complète du Laboratoire de Géologie, qui est divisé actuellement en trois services :

- I. — Service de Stratigraphie.
- II. — » de Paléontologie.
- III. — » de Pétrographie.

Ces trois sections comprennent en commun :

- 1° Un laboratoire d'enseignement avec collections de Stratigraphie, de Paléontologie et de Pétrographie ;
- 2° Un laboratoire de recherches ;
- 3° Des collections stratigraphiques régionales ;
- 4° Une collection générale de Paléontologie avec de nombreuses formes vivantes, comme termes de comparaison ;
- 5° Une collection pétrographique ;
- 6° Une riche Bibliothèque, avec catalogue sur fiches, provenant principalement des bibliothèques Hébert et Munier-Chalmas ;
- 7° Un atelier de photographie.

CONSTRUCTION D'APPAREILS

Pour les besoins des manipulations et des travaux pratiques, j'ai fait construire sur des plans nouveaux quatre appareils :

- 1° Un appareil pour la projection des plaques minces de roches ou de minéraux en lumière simple, parallèle ou convergente. La description en est donnée dans le catalogue de la Maison Pellin, constructeur ;
 - 2° Un appareil pour le sciage des roches, des fossiles et des métaux ;
 - 3° Un appareil pour l'usure et le polissage des roches tendres et des roches dures. Ces deux derniers appareils ont également été exécutés en double, pour les laboratoires de Paléontologie et d'Anatomie comparée du Muséum, sur la demande des professeurs ;
 - 4° Appareil de mise au point automatique pour la photographie des fossiles.
-

LISTE DES PUBLICATIONS

1862.

1. Description d'une nouvelle Scissurelle, suivie de la liste monographique des espèces connues de ce genre ; *Journ. de Conchyl.*, t. X, p. 391, *Pl. XIV.*

1863.

2. Description d'un nouveau genre (*Goodalliopsis*) et de nouvelles espèces fossiles du bassin de Paris et de Biarritz (en collaboration avec le marquis de Raincourt) ; *Journal. de Conchyl.*, t. XI, p. 194, *Pl. VII.*
3. Description d'un nouveau genre du Kimmeridge-clay (*Anisocardia*) ; *Journ. de Conchyl.*, t. XI, p. 288, *Pl. XI.*
4. Note sur les *Vulsellidæ* Adams et description d'un genre nouveau (*Nayadina*) ; *Bull. Soc. Linn. de Normandie*, t. VIII, p. 97, *Pl. I.*

1864.

5. Description d'un nouveau genre monomyaire (*Pernostrea*) du terrain jurassique ; *Journ. de Conchyl.*, t. XII, p. 71, *Pl. III.*

1865.

6. Note sur quelques espèces nouvelles du genre *Trigonia* ; *Bull. Soc. Linn. de Normandie*, t. IX, p. 415, *Pl. IV.*

1867.

7. Sur la position stratigraphique des calcaires lacustres de Beauchamp ; *Bull. Soc. Géol.*, 2^e série, t. XXIV, p. 846.

1870.

8. Sur les relations stratigraphiques de la base des calcaires de Beauce avec la partie supérieure des sables de Fontainebleau ; *Bull. Soc. Géol.*, 2^e série, t. XXVII, p. 692.

1872.

9. Sur des crustacés, des fleurs et des insectes découverts dans les travertins lacustres de Sézanne ; *Bull. Soc. Géol.*, 2^e série, t. XXIX, p. 166.

10. Sur les nouveaux genres Bayanoteuthis et Belopterina ; *Bull. Soc. Géol.*, 2^e série, t. XXIX, p. 530.
1873.
11. Prodrôme d'une classification des Rudistes ; *Journ. de Conchyl.*, t. XXI, p. 71.
12. Sur le développement du phragmostracum des Céphalopodes et sur les rapports zoologiques des Ammonites avec les Spirules ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 29 décembre 1873.
13. Sur la découverte de la vigne à Sézanne ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. I, p. 176.
1875.
14. Fossiles du bassin d'Uchaux (en collaboration avec M. Hébert) ; *Ann. des Sc. Géol.*, t. VI, p. 113, Pl. IV-VI.
15. Réponse aux observations de M. de Loriol sur l'Holaster lævis (en collaboration avec M. Hébert) ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. III, p. 567.
1876.
16. Mollusques nouveaux des terrains paléozoïques des environs de Rennes ; *Journ. de Conchyl.*, t. XXIV, p. 102.
17. Observations au sujet d'une Note de MM. Vasseur et Carez sur la coupe géologique de la terrasse de la Seine à la Frette ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. IV, p. 476.
1877.
18. Recherches sur les terrains tertiaires de l'Europe méridionalè (en collaboration avec M. Hébert). — I^{re} Partie : Terrains tertiaires de la Hongrie (Bakony, Gran, Budapest) ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 16 et 23 juillet 1877.
19. II^e Partie : Terrains tertiaires du Vicentin ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 30 juillet et 6 août 1877.
20. Observations sur les Algues calcaires appartenant au groupe des Siphonées verticillées et confondues avec les Foraminifères ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, p. 85. Traduit en allemand dans *Botan. Zeit.*, 1879, p. 165.
1878.
21. Sur le Cidaris Forchhammeri, Desor ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VI, p. 393.
22. Nouvelles recherches sur les terrains tertiaires du Vicentin [I^{re} Partie] (en collaboration avec M. Hébert) ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 27 mai 1887.

23. Nouvelles recherches sur les terrains tertiaires du Vicentin [II^e Partie] (en collaboration avec M. Hébert) ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 17 juin 1878.
24. Recherches sur les terrains tertiaires du Vicentin [première Note] (en collaboration avec M. Hébert) ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VI, p. 610.
25. Recherches sur les terrains tertiaires du Vicentin [deuxième Note] (en collaboration avec M. Hébert) ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VI, p. 620.
26. Morphologie des Crinoïdes ; 1 p. Paris, imprimerie Pichon.

1879.

27. Sur un groupe d'Algues calcaires qui avaient été confondues avec les Foraminifères ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VII, p. 354.
28. Sur le genre Archiacina ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VII, p. 445.
29. Observations sur les Algues calcaires confondues avec les Foraminifères et appartenant au groupe des Siphonées dichotomes ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VII, p. 661, 4 fig.
30. Sur le genre Neolampas ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VII, p. 741.

1880.

31. Sur les Thecididæ et les Koninckidæ ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VIII, p. 279.
32. Sur le genre Vasseuria ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VIII, p. 291.
33. Sur le dimorphisme des Nummulites ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. VIII, p. 300.
34. Diagnosis generis novi Molluscorum cephalopodorum fossilis ; *Journ. de Conchyl.*, t. XXVIII, p. 183.

1881.

35. Réponse à une Note de M. de la Harpe sur l'importance de la loge centrale chez les Nummulites ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. IX, p. 178.
36. Mission de M. le commandant Roudaire dans les chotts tunisiens. Paléontologie, description des espèces nouvelles, 22 p., 5 pl.

1882.

37. Sur le genre Bysso-cardium ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. X, p. 228.
38. Observations sur la famille des Lithocardiidæ ; *C. R. somm. Soc. Géol.*, p. xxvi ; 20 février 1882.

39. Sur le groupe des Miliolidæ trematophoræ ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. X, p. 424.
40. Sur le genre Barroisia ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. X, p. 425.
41. Relations des formes spiralées et cycloïdales chez les Foraminifères et description du genre nouveau Brœckina ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. X, p. 470.
42. Sur les caractères des Lacazina confondues avec les Nummulites et les Alveolina ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. X, p. 471.
43. Études critiques sur les Rudistes ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. X, p. 472, pl. X, XI.
44. Revue critique de quelques espèces du genre Trigonia ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. X, p. 494, pl. XII.
45. Étude sur la structure et l'organisation intérieure du phragmocone des Céphalopodes ; in Fischer, *Manuel de Conchyliologie*, p. 358, fig. 135, 136 ; p. 359, fig. 137 ; p. 361, fig. 139 ; p. 366, fig. 144 ; p. 371, fig. 154.
46. Sur une nouvelle roche (Blaviérite), résultant de modifications chimiques ; in D. P. Cehlert, Notes géologiques sur le département de la Mayenne, p. 136.
47. Réponse aux observations de M. Terquem sur les genres nouveaux de Miliolidæ trematophoræ ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XI, p. 14.

1883.

48. Nouvelles observations sur le dimorphisme des Foraminifères (en collaboration avec M. Schlumberger) ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 26 mars 1883, 4 fig.
49. Nouvelles observations sur le dimorphisme des Foraminifères, 2^e Note (en collaboration avec M. Schlumberger) ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 28 mai 1883, 4 fig.
50. Genre Rillya, in Fischer, *Manuel de Conchyliologie*, p. 483.

1884.

51. Observations sur les couches à Congéries au sujet d'une Communication de M. Fontannes ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XII, p. 452.
52. Offaster Pomeli Mun. Ch., in L. Dru. Note sur la Géologie et l'Hydrologie de la région du Bechtaou ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XII, p. 514. *Pl. XXVI.*
53. Sur les Miliolidées trématophorées (en collaboration avec M. Schlumberger) ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XII, p. 629.

54. Miscellanées paléontologiques; *Annales de Malacologie*, t. I, p. 323, Pl. VII, VIII. (Travail entièrement rédigé en 1870 et dont la publication a été retardée par suite de l'interruption de la publication des *Annales de Malacologie*, de 1870 à 1884).

1885.

55. Observations au sujet d'un Mémoire de M. de Saporta, sur les organismes problématiques des anciennes mers; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXIII, p. 189.

56. Note sur les Miliolidées trématophorées (avec la collaboration de M. Schlumberger); *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIII, p. 273, Pl. XIII, XIV, et XIV bis, 45 fig. dans le texte.

57. Sur la répartition du *Corbicula fluminalis*; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIV, p. 94.

58. Observations sur l'appareil apical de quelques Échinides crétacés et tertiaires; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 23 nov. 1885.

59. Sur la base des terrains tertiaires des environs d'Issoire (en collaboration avec M. Michel-Lévy); *Comptes rendus Ac. Sc.*, 7 déc. 1885.

60. Principaux caractères de l'appareil cardinal des Mollusques acéphales; *Comptes rendus somm. Soc. Géol.*, 21 déc. 1885, p. xvii.

61. Observations sur le genre *Cylindrellina*; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIV, p. 188.

1886.

62. Observations sur les poudingues de Palassou; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIV, p. 284.

63. Observations sur l'âge de la faune de Pikermi; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIV, p. 294.

64. Sur l'existence de l'Éocène inférieur dans la Chalosse et sur la position des couches de Bos-d'Arros (en collaboration avec M. Jacquot); *Comptes rendus Ac. Sc.*, 31 mai 1886.

65. Observations sur divers points de la géologie de la Bretagne, présentées au cours de la réunion de la Société géologique en Bretagne; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIV, p. 672, 676, 707, 710, 711, 713, 827, 861, 887, 898.

66. Genres nouveaux d'Acéphales; in Fischer, *Manuel de Conchyliologie*, p. 925, fig. 686; p. 926, fig. 618, 619; p. 937, fig. 865; p. 944.

1887.

67. Trois genres nouveaux de Foraminifères; *Comptes rendus somm. Soc. Géol.*, 21 février 1887, p. xxx; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 21 février 1887.
68. Sur quelques Brachiopodes nouveaux; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 21 mars 1887; *Comptes rendus somm. Soc. Géol.*, 21 mars 1887, p. xxxix.
69. Observations sur les actions métamorphiques du granite et des filons de quartz aux environs de Morlaix; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 13 juin 1887.
70. Genres nouveaux d'Acéphales; in Fischer, *Manuel de Conchyliologie*, p. 1017, 1018, 1071, 1073, fig. 830.
71. Observations sur la structure du test des Brachiopodes; in D.-P. Cehlert, *Brachiopodes (Fischer, Man. de Conchyl.*, p. 1208, 1209).
72. Organisation interne des valves de Koninckella et de Cadomella, *ibid.*, p. 1285, 1292, fig. 1051.
73. Genres nouveaux de Brachiopodes (Thecidiopsis, Thecidella); *ibid.*, p. 1330.

1888.

74. Sur la présence de la faune primordiale (Paradoxidien) dans les environs de Ferrals-les-Montagnes (Hérault), II. Étude paléontologique (en collaboration avec M. J. Bergeron); *Comptes rendus Ac. Sc.*, 30 janvier 1888.
75. Observations sur les Rudistes de Grèce et de l'Ariège et sur les canaux des Caprinidæ et des Hippuritidæ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVI, p. 819.
76. Sur l'âge danien des couches de la Scaglia et sur le genre Stegaster; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVI, p. 820.
77. Sur la disposition de la région cardinale chez les embryons d'Ostrea; in Douvillé, *Annuaire géologique universel*, vol. V, p. 1112.
78. Genre Thecopsella; in Cossmann, *Catalogue illustré des coquilles fossiles de l'Éocène des environs de Paris*, fasc. III, p. 298.

1889.

79. Étude sur les environs d'Issoire (en collaboration avec M. Michel-Lévy); *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVII, p. 267.
80. Observations sur l'appareil apical des genres Galerolampas, Echinanthus,

Pygorhynchus, Oriolampas ; in Cotteau, *Paléontologie française* : Terrain tertiaire ; Échinides éocènes, t. II, p. 6.

81. Sur une discordance entre les sables de Cuise et le calcaire grossier inférieur ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVIII, p. 18.
82. Genre Pironaster ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVIII, p. 181.

1890.

83. Sur les formations gypseuses du bassin de Paris ; sur les dépôts siliceux qui ont remplacé le gypse ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 24 mars 1890.
84. Sur de nouvelles formes de silice cristallisée (en collaboration avec M. Michel-Lévy) ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 24 mars 1890.
85. Sur la distinction du niveau de Berrias et de l'horizon de Stramberg. *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVIII, p. 374.
86. Observations au sujet d'une Note de M. Lasne sur les terrains phosphatés des environs de Doullens ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVIII, p. 490.
87. Observations au sujet d'une Note de M. Toucas sur le Tithonique de l'Ardèche ; *Bull. Soc. Géol.*, t. XVIII, p. 629.
88. Observations sur les mers pré-méditerranéennes et sur la formation de la Méditerranée ; 1 br. in-18, 8 p., Paris, imprimerie Levé.
89. Sur le ligament des Hippurites ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIX, p. xi.

1891.

90. Sur le Crétacé supérieur des Alpes Vénitiennes et de l'Istrie ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIX, p. xxxii.
91. Sur l'appareil apical des Échinides ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIX, p. xi.
92. Étude du Tithonique, du Crétacé et du Tertiaire du Vicentin ; 1 vol. in-8°. 35 fig., 184 p.
93. Compte rendu des courses faites à Bicêtre, à Neauphle, à Damery et à Rilly par la Société géologique (réunion extraordinaire de 1889) ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVII, p. 845, 850, 865, 868, 871.
94. Sur les terrains jurassiques de Normandie ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIX, p. cviii.
95. Sur l'équivalent marin du calcaire lacustre de Brie ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIX, p. cx.
96. Études géologiques aux environs de Perrier (en collaboration avec M. Michel-Lévy) ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XVIII, p. 929, fig. 74, 75.

97. Sur les deux faciès du Tortonien; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XIX, p. cxxxI.

1892.

98. Mémoire sur les diverses formes affectées par le réseau élémentaire du quartz (en collaboration avec M. Michel-Lévy); *Bull. Soc. franc. de Minér.*, t. XV, n^o 7.

99. Quelques remarques sur les Belemnitidæ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XX, p. xxvii.

100. Sur la géologie de la partie nord du Plateau central; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XX, p. xlv.

101. Sur l'origine des phosphates de la Somme et sur la formation de la craie; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XX, p. xlvii.

102. Sur le rôle, la distribution et la direction des courants marins en France pendant le Crétacé supérieur; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 4 avril 1892.

103. Sur l'anticlinal de Beynes et sur le dôme de la Mauldre; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XX, p. lxxi.

104. Étude préliminaire des terrains jurassiques de Normandie (2^a Note); *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XX, p. clxi.

105. Remarques au sujet d'une Note de M. Ramond; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XX, p. lxxxiii.

106. Sur la possibilité d'admettre un dimorphisme sexuel chez les Ammonitidés; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XX, p. clxx.

107. Observations inédites sur le développement suivant la symétrie bilatérale des septa chez les Turbinolidæ éocènes; in Félix Bernard, *Eléments de Paléontologie*, p. 154.

108. Nouvelle classification des Échinides; in Félix Bernard, *Eléments de Paléontologie*, p. 256, 257, 258, 259, 262, 266, 268, 269, 270, 279, etc.

1893.

109. Observations sur la classification du Trias alpin; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXI, p. li.

110. Sur le Stampien supérieur et sur les grès de Fontainebleau; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXI, p. lviii.

111. Sur le Miocène des régions liguriennes; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXI, p. lxxxii.

1894.

112. Observations inédites sur l'évolution du ligament chez les Acéphales

hétérodontes et sur le développement de la région cardinale et des dents cardinales dans les genres *Cyrena*, *Pecten*, *Ostrea*; in Félix Bernard, *Éléments de Paléontologie*, p. 533, 535, 540.

113. Etude préliminaire sur les terrains jurassiques des Ardennes; *Bull. Serv. Cart. Géol.*, n° 38. Comptes rendus des collaborateurs, p. 13.
114. Etude sur les terrains jurassiques des environs de Valence et de la Voulte; *Bull. Serv. Cart. Géol.*, n° 38; Comptes rendus des collaborateurs, p. 5.
115. Sur l'âge des couches à Mastodon arvernensis de Perrier; *Bull. Soc. géol.*, 3^e série, t. XXII, p. ci.
116. Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires (en collaboration avec M. de Lapparent); *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXI, p. 438.
117. *Id.* Note additionnelle sur le Westphalien (en collaboration avec M. de Lapparent), Impr. Le Bigot, Lille.

1895.

118. Note préliminaire sur le développement de la charnière des Mollusques acéphales; 1 br. in-8°, imprim. Le Bigot, présentée à la séance du 18 février 1895, de la Société géologique de France.
119. Réponse à quelques observations au sujet de l'essai de nomenclature stratigraphique (en collaboration avec M. de Lapparent); *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXIII, p. XLIII.
120. Deuxième Note préliminaire sur le développement de la charnière des Mollusques acéphales; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXIII, p. LIII.
121. Notes stratigraphiques relatives au texte explicatif des terrains tertiaires du bassin de Paris; *Bull. Serv. Carte Géol.*, n° 44, Comptes rendus des collaborateurs, p. 13.
122. Feuille de Mézières au 320.000°. Note sur les couches coralliennes des Ardennes; *Bull. Serv. Carte Géol.*, n° 44, Comptes rendus des collaborateurs, p. 177.
123. Rapport sur le prix Fontannes; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXIII, p. 177.

1896.

124. Sur les terrains tertiaires qui bordent le Plateau central entre Tournon et la Voulte; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXIV, p. 653.
125. Note préliminaire sur les terrains tertiaires de la forêt d'Eu; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXIV, p. 887.

126. *Condylocardia*, type nouveau de Lamellibranches; in Félix Bernard, Etudes comparatives sur la coquille des Lamellibranches; *Journ. de Conchyliologie*, t. XLIV, p. 174.
127. Schéma des dents cardinales dans un Mollusque acéphale hétérodonte; in Sabba Stefanescu: Contribution à l'étude des Faunes sarmatique, pontique et levantine de Roumanie, *Mém. Paléont. Soc. Géol.* n° 15, p. 23, fig. 1.
— Ce schéma a été reproduit par M. F. Noetling: Notes on the morphology of the Pelecypoda, *Palæont. Indica. New Series*, vol. I, p. 2, fig. 1, 1 a.

1897.

128. Observations sur le dôme des Vosges; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXV, p. 28.
129. Notes préliminaires sur les assises montiennes du bassin de Paris, *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXV, p. 82, 3 figures.
130. Observations au sujet d'une Note de M. Glangeaud, sur la forme de l'ouverture de quelques Ammonites; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXV, p. 107.
131. Observations au sujet d'une Note de M. de Grossouvre, sur la limite du Crétacé et du Tertiaire; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXV, p. 81.
132. Observations au sujet d'une Note de M. G.-F. Dollfus sur la limite sud-ouest du calcaire grossier dans le bassin de Paris; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXV, p. 637.

1898.

133. Observations sur la Géologie de l'Orléanais; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXVI, p. 10.
134. Note sur la constitution cristallographique de la fluorine du bassin de Paris; in Wallerant, Mémoire sur la fluorine; *Bull. Soc. Française de Minéralogie*, t. XXI, p. 47.

1899.

135. Observations sur une série d'Ammonites provenant de Madagascar; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXVII, p. 125.
136. Observations au sujet d'une note de M. Léon Janet sur l'existence de l'étage Bartonien dans la vallée du Loing, entre Nemours et Montigny; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXVII, p. 593.

1900.

137. Sur les caractères généraux du Bartonien dans le bassin de Paris ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXVIII, p. 11.
138. Sur l'Oligocène du golfe d'Ébreuil (en collaboration avec M. de Launay) ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXVIII, p. 13.
139. Les plissements du pays de Bray pendant la période tertiaire ; *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXVIII, p. 64.
140. Sur les accidents stratigraphiques des terrains secondaires des environs de Valence. *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXVIII, p. 67.
141. Observations au sujet des notes de M. Léon Janet sur le captage et la protection des sources d'eaux potables. *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, t. XXVIII, p. 548.
142. Notices sur les excursions dans le bassin tertiaire parisien aux environs 1^o de Gisors, 2^o de Beauvais, 3^o de Cuise-la-Motte, 4^o d'Épernay ; *Livret-Guide des excursions en France du VIII^e Congrès géol. internat.*, fascicule VIII, A.
143. Falaises jurassiques du Boulonnais (en collaboration avec M. Pellat) ; *Livret-Guide des excursions en France du VIII^e Congrès géol. internat.*, fascicule IX, 2^e partie, pp. 15-26, avec planche (coupes) hors texte.
144. Sur les plissements du bassin de Paris ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 26 mars 1900.
145. Sur les plissements du pays de Bray ; *Comptes rendus Ac. Sc.*, 2 avril 1900.
146. Observations inédites in de Lapparent ; *Traité de géologie*, 4^e édition :
- I. Sur les formations marines, les forêts sous-marines, les tourbières de l'estuaire de la Bresle et du nord de la Pointe-aux-Oies (Wimereux), p. 572.
 - II. Sur le synchronisme des assises, p. 725.
 - III. Zones du Toarcien de May, p. 1089.
 - IV. Sur les terrains crétacés de l'Istrie et du Frioul, p. 1394 et 1403.
 - V. Origine de la Scaglia, p. 1393.
 - VI. Succession des assises bartoniennes du bassin de Paris, p. 1457.
 - VII. Faciès méditerranéen du Tortonien de Bya (Hongrie), p. 1535.
 - VIII. Sur les zones fossilifères des tufs calcaires pleistocènes de La Celle, p. 1616.

1901.

147. Découverte d'un genre nouveau de Serpulier dans les alluvions de la Bresle (Néopleistocène) : *Potamoceroides Giardi* Mun.-Ch.; *in* Ferronière, Etude biologique sur la Faune supralittorale de la Loire-Inférieure, p. 269.

1902.

148. Sur les Foraminifères ayant un réseau de mailles polygonales ; *Bull. Soc. Géol.*, 4^e série, t. II, p. 349.
149. Sur les Foraminifères rapportés au groupe des Orbitolites ; *Bull. Soc. Géol.*, 4^e série, t. II, p. 351.
-

SERVICES DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE FRANCE
ET DES TOPOGRAPHIES SOUTERRAINES

1^o CARTE GÉOLOGIQUE DE FRANCE AU : 1/80.000.

1894. Feuille de Gannat : Etude des terrains tertiaires en collaboration avec M. de Launay.
1898. Feuille de Valence : Tracé des contours des terrains jurassiques et crétacés de l'intérieur et des bords du Massif central.

2^o CARTE GÉOLOGIQUE DE FRANCE AU : 1/320.000.

Adjoint au Comité de publication institué par le Service de la Carte géologique de France, pour l'établissement de la carte au 1/320.000.

1892. Feuille de Paris.
1896. Feuille de Mézières.
1902. Feuille de Metz.
-

ANALYSE DES TRAVAUX

I. PALÉONTOLOGIE.

I. ALGUES SIPHONÉES.

I. Siphonées verticillées M.-Ch.— Les paléontologistes les plus distingués, Alcide d'Orbigny (1), Carpenter (2), Brady, Rupert Jones, Gumbel (3), etc., considéraient les *Polytrypa*, les *Acicularia*, les *Dactylopora* comme étant de véritables *Foraminifères*. On admettait même que les *Ovulites* étaient, avec les *Lagena*, les représentants typiques des *Foraminifères monothalamiens* à test perforé.

Des études comparatives me permirent de reconnaître, en 1876, que ces genres fossiles appartenaient, non aux *Foraminifères*, mais bien aux *Algues calcaires Siphonées*, qui ont encore de nombreux représentants dans les mers actuelles. Pour faciliter mes recherches, un de nos maîtres les plus éminents, M. Bornet, voulut bien m'aider de ses conseils et mettre à ma disposition sa bibliothèque et son herbier. Il m'était alors donné de faire connaître en 1877, dans une note publiée dans les comptes-rendus de l'Académie des Sciences (4), note qui fut traduite en allemand dans la *Botanische Zeitung* (5) en 1879, les faits suivants :

1° Les *Polytrypa* éocènes correspondent rigoureusement au squelette calcaire des *Cymopolia*, Algues siphonées habitant le littoral des mers chaudes.

2° Les *Acicularia* représentent les sporanges calcifiés d'une section des *Acetabularia*, genre assez abondant dans les eaux très peu profondes du littoral méditerranéen.

(1) D'ORBIGNY. Prodr. de Paléont. 1850, v. II, p. 405.

(2) CARPENTER, 1862. Introduction to the Study of Foraminifera, p. 127 à 139.

(3) GUMBEL, 1872, *Abh. k. bayer. Akademie der Wiss.* II Cl. XI Bd. I Abth.

(4) Voir liste bibl., n° 20.

(5) *Botan. Zeit.*, 1879, p. 165.

3° Les *Dactylopora* appartiennent à un groupe de Siphonées qui a pour représentant, dans les mers chaudes actuelles, le genre *Bornetella* M.-Ch.

Ce dernier genre, qui devient le type de la famille des *Bornetellidæ*, permet d'interpréter très exactement les caractères d'un très grand nombre de formes éocènes : *Zittelina* M.-Ch., *Maupasina* M.-Ch., *Terquemella* M.-Ch.

J'ai réuni dans un premier groupe, que j'ai désigné sous le nom de *Siphonées verticillées*, les *Cymopolia*, les *Acetabularia*, les *Bornetella*, etc.

Presque toutes les espèces de cette section ont la propriété de fixer du calcaire dans les parties gélifiées de leurs membranes. Il se forme alors un squelette calcaire qui moule très exactement les différents organes de la plante. C'est ainsi qu'il m'a été possible de reconnaître avec certitude, pour chaque genre fossile, la position des rameaux verticillés stériles ou fructifères et la place qu'occupaient les sporanges, ainsi que le nombre de spores qu'ils renfermaient. J'ai pu ainsi établir qu'il existait, dans les mers tertiaires, un grand nombre de familles et de genres qui avaient disparu progressivement, les formes actuelles n'étant plus que les représentants résiduels d'un ancien groupe autrefois très important.

Les Siphonées verticillées habitent toutes le littoral des mers tempérées ou des mers chaudes, à une très faible profondeur (1 à 10^m). Elles sont connues depuis les temps siluriens et nous permettent de dire à quelle profondeur se sont déposées les couches qui en contiennent. Elles nous donnent aussi de précieux renseignements sur la température et la salure relatives des eaux marines, car la répartition des genres et des espèces tertiaires varie avec la plus grande facilité, soit dans le temps, soit dans l'espace, sous l'influence de la moindre modification dans la salure respective des eaux ou dans leur température.

II. Siphonées dichotomes M.-Ch.— Dans un second travail⁽¹⁾ j'ai démontré, en 1879, que les *Ovulites* correspondent au squelette calcaire des *Coralliodendron*, Algues siphonées, encore très abondantes dans la Méditerranée et les Océans. Leur squelette calcaire s'est développé dans les parties gélifiées de leur membrane; il présente de nombreux canaux, qui ont été homologués à tort à ceux des *Foraminifères* à test perforé et en particulier à ceux des *Lagena* : le rôle de ces canaux n'est pas de même ordre, car dans les *Ovulites* ils sont destinés à laisser passer les *poils* qui hérissent les rameaux de la plante, ce qui leur permet de venir se mettre directement en contact avec le milieu ambiant.

(1) Voir liste bibli., n° 27.

Les rameaux des *Coralliodendron* présentent des parties renflées, séparées par des étranglements; lorsque la matière organique disparaît, le squelette calcaire se brise suivant les points faibles, c'est-à-dire suivant les étranglements, en donnant ainsi naissance aux *Ovulites*.

Les *Ovulites*, les *Coralliodendron*, etc. forment une seconde section, que j'ai désignée sous le nom de *Siphonées dichotomes*.

Cette nouvelle interprétation des faits a modifié radicalement ce que l'on pensait de l'organisation des genres dont je viens de parler. Schimper (1), en 1880, Zittel (2), en 1883, Solms-Laubach (3), en 1887, se rangèrent successivement à cette opinion, qui est aujourd'hui admise par tous les paléontologistes.

II. FORAMINIFÈRES.

I. **Dimorphisme.** — Les *Nummulites* et les *Assilines* ont été étudiées avec beaucoup de détail dans le remarquable mémoire de d'Archiac et Jules Haime. Plus tard, Ph. de la Harpe consacrait plusieurs notes importantes à leur organisation. La grandeur relative de leur loge initiale, jointe à d'autres caractères, lui fournissait le moyen de séparer des espèces qu'il considérait comme très voisines.

Après avoir étudié, de mon côté, pendant plusieurs années, les *Nummulites*, j'arrivais, en 1880, à cette conclusion : *que chaque espèce de Nummulites était représentée par deux formes bien distinctes, une des deux formes étant toujours caractérisée par une grande loge centrale (mégasphère), l'autre par une petite loge initiale (microsphère)*. Les individus à microsphère atteignent toujours une taille beaucoup plus grande que ceux qui ont une mégasphère. Mes conclusions étaient qu'il existait chez les *Nummulites* un *dimorphisme* très accentué et qu'il fallait réduire de moitié le nombre des espèces connues.

En 1884, dans deux notes faites en collaboration avec M. Schlumberger et publiées dans les comptes-rendus de l'Académie des Sciences (4), nous avons démontré que toutes les espèces de *Miliolidæ* étaient également dimorphes et que le dimorphisme ne se traduisait pas seulement par la grandeur relative des loges initiales mais encore par une profonde

(1) SCHIMPER : Handb. der Palæont. 1880, t. II, p. 30 à 36.

(2) K. ZITTEL : Traduction française de son Handb. der Palæontologie. t. I, p. 105. 1883.

(3) SOLMS-LAUBACH : Einleitung in die Palæophytologie, p. 38 à 45.

(4) Voir liste bibl., nos 48 et 49.

modification dans le *groupement des premières loges autour de la mégasphère ou de la microsphère*. Les Biloculines offrent un exemple frappant de cette différenciation ; les premières loges qui se groupent autour de la *mégasphère sont au nombre de deux*, tandis que celles qui entourent la microsphère sont toujours au nombre de cinq.

Nous avons émis à ce sujet deux hypothèses :

Dans la première, nous avons supposé que chaque espèce était représentée par deux formes distinctes dès leur origine.

Dans la seconde, nous indiquions que certains individus pouvaient postérieurement modifier leur spire, nous réservant d'admettre l'une ou l'autre de ces deux hypothèses après avoir suivi le développement d'une espèce vivante.

Depuis cette époque, deux zoologistes distingués, Schaudinn (1), en Allemagne, et Lister (2), en Angleterre, ont démontré que seule la première de ces hypothèses était exacte et que les deux formes constatées dans chaque espèce correspondaient à des *générations alternantes*, les individus de la *génération microsphérique* donnant naissance aux individus de la *génération mégasphérique*.

II. *Miliolidæ trematophoræ* [en collaboration avec M. Schlumberger]. — Dans un mémoire (3) sur les *Miliolidæ trematophoræ*, nous avons fait connaître l'organisation interne des principaux genres qui constituent ce groupe nouveau.

Les *Miliolidæ trematophoræ* ont joué un rôle des plus importants dans les mers crétacées et dans les mers tertiaires ; à l'époque actuelle, ce groupe est en complète régression.

Les différents auteurs qui avaient étudié, avant nous, les *Miliolidæ* n'avaient jamais pu faire passer une section horizontale ou verticale par le centre de la mégasphère ou de la microsphère ; il en était résulté que le groupement des premières loges n'avait jamais été entrevu. Carpenter (4) lui-même, malgré sa grande autorité et sa très grande compétence en pareille matière, a donné des dessins schématiques représentant des sections verticales de *Biloculina*, *Triloculina*, *Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, qui, en réalité, ne représentent rien de ce qui existe au point de vue embryogénique.

En 1883, j'ai trouvé un procédé (5) des plus simples qui nous a permis de faire avec la plus grande facilité de très nombreuses coupes passant rigoureusement

(1) SCHAUDINN. *Sitzungsb. d. Gesellsch. naturf. Freunde*, n° 5, p. 92, Berlin, 1895.

(2) J.-J. LISTER. *Philos. Trans. Roy. Soc. London*. Vol. 186, p. 406-503, 1895.

(3) Voir liste bibl., n° 56.

(4) CARPENTER : *Introduction Study Foraminifera*, 1862, p. 78.

(5) MUNIER-CHALMAS in SCHLUMBERGER. *Feuille des jeunes Naturalistes*, 1885.

par le centre de la mégasphère ou de la microsphère. Nous avons pu ainsi voir et décrire l'organisation complète des principaux genres de *Miliolidæ*: *Biloculina*, *Triloculina*, *Pentellina*, *Idalina*, *Periloculina*, *Lacazina*, et donner une série de figures de la plus grande exactitude.

GROUPEMENT GÉOMÉTRIQUE DES LOGES. — Dans beaucoup de Foraminifères, les loges ont la plus grande tendance à se grouper suivant des lois géométriques; cette tendance est des plus manifestes dans un grand nombre de *Miliolidæ*. Cependant, nous n'attachons pas aux règles que nous avons établies un sens rigoureusement mathématique; ce sont des conceptions qui nous ont permis d'interpréter, d'analyser et d'expliquer les faits que nous avons observés.

1° PÔLES. — Les *Miliolidæ* sont souvent allongés suivant une direction constante. Aux deux extrémités de leur plastrostracum aboutissent alternativement les ouvertures des loges qui se sont formées successivement. — Nous avons désigné ces deux extrémités par le nom de *Pôles* M et N. Ces pôles sont définis par leur rapport de position avec les ouvertures des deux premières loges; au pôle M correspond l'ouverture de la première loge, au pôle opposé N, l'ouverture de la seconde. Les ouvertures des loges suivantes viennent successivement et alternativement déboucher aux pôles M et N. Il se forme ainsi deux séries opposées d'ouvertures qui portent les mêmes numéros d'ordre que les loges dont elles dépendent, la série impaire caractérisant le pôle M, la série paire le pôle N.

2° AXE DE CONSTRUCTION. — Par les pôles M et N, passe un axe idéal de construction que nous supposons placé verticalement et qui croise, au centre de la mégasphère, un ou plusieurs axes idéaux mais horizontaux d'enroulement. On peut considérer l'axe de construction comme exécutant les mouvements de rotation qui déterminent le mode d'enroulement des loges apparaissant successivement. De cet axe partent, dans les formes mégasphériques, des plans de symétrie qui divisent respectivement chaque série radiante de loges superposées. Dans les formes microsphériques, les plans sont remplacés par autant de surfaces de symétrie.

3° AXES D'ENROULEMENTS. — Dans les genres qui ont une symétrie bilatérale, *Alveolina*, *Flosculina*, *Fusulina*, *Biloculina*, *Nummulites*, les loges s'enroulent suivant une seule direction autour d'un axe idéal horizontal passant par le centre de la mégasphère, en décrivant une spire plane.

Mais, dans les formes dont l'enroulement se fait suivant trois ou cinq directions, cet axe est remplacé par autant d'axes secondaires qu'il y a de directions. Ces axes sont perpendiculaires aux plans respectifs de symétrie de chaque loge ou de chaque série radiante de loges; ils font entre eux des angles correspondant à $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{5}$ de circonférence; leur nombre est déterminé par la somme des mou-

vements de rotation que fait l'axe de construction pendant la formation d'un cycle de loges.

4° FORMES MÉGASPHÉRIQUES. — La mégasphère est une loge initiale sphéroïdale à sections circulaires. Elle a, comme dépendance, un canal qui la fait communiquer avec la première loge ; elle est toujours divisible par un plan de symétrie A qui passe également par le canal.

α. Enroulement suivant une seule direction.

Biloculina. — Pour permettre de suivre facilement le groupement successif des loges, la mégasphère est orientée de telle façon que son canal, qui est placé en arrière, débouche à sa partie supérieure. Le plan de symétrie B, passant par la mégasphère et son canal, sera commun à toutes les loges qui se développeront successivement.

La première loge qui se forme, comme toutes celles qui apparaîtront postérieurement, décrira une demi-circonférence. Elle viendra se placer en avant de la mégasphère et présentera son ouverture au pôle M. Elle se comportera comme si, au moment de son apparition, l'axe horizontal d'enroulement avait tourné sur lui-même d'une demi-révolution, entraînant dans son mouvement de rotation l'axe vertical de construction en lui faisant faire une demi-révolution, de manière à ce que le pôle M, d'inférieur qu'il était, devienne supérieur.

A l'apparition de chaque nouvelle loge les mêmes mouvements se reproduiront. La seconde loge se présentera rigoureusement dans le prolongement de la première, elle recouvrira l'autre moitié de la mégasphère, son ouverture viendra se placer au pôle N, devenu, à son tour, temporairement supérieur. A ce moment, il existe un premier cycle de loges (cycle biloculaire), formé de deux loges opposées. Les autres loges apparaîtront successivement en se groupant suivant les mêmes règles. Il se produira ainsi autour de la mégasphère des cycles biloculaires concentriques et deux séries opposées de loges superposées, l'une paire, l'autre impaire. Chaque numéro d'ordre de deux loges superposées sera séparé par 2 unités (série impaire = 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 ; série paire = 2, 4, 6, 8, 10, 12). De l'axe de construction partent deux plans verticaux de symétrie A et B ; ces plans, qui sont rigoureusement dans le prolongement l'un de l'autre, sont remplacés, pendant la première partie du développement des formes microsphériques, par deux surfaces verticales (cylindres verticaux) temporaires de symétrie désignées par les mêmes lettres. Les loges de la série impaire sont divisées par le plan A, celles de la série paire par le plan B.

β. Enroulement suivant trois directions.

Triloculina. — Dans les Triloculines, l'enroulement se fait suivant trois directions, il y a donc trois axes secondaires d'enroulement, qui font entre eux des angles égaux à $\frac{1}{3}$ de circonférence. Ils sont numérotés de droite à gauche

et sont désignés par les chiffres 1, 2, 3. De l'axe de construction partent trois plans radiants de symétrie notés de droite à gauche C, B, A. Le plan C, qui est compris entre les axes secondaires d'enroulement 1 et 2, est normal à l'axe n° 3. La mégasphère est, pour la commodité de la description, orientée comme celle des *Biloculina*; son plan vertical de symétrie C est perpendiculaire à la fois à une ligne conventionnelle et fixe d'horizon et au 3^{me} axe secondaire d'enroulement. La première loge, comme les suivantes, décrit une demi-circonférence autour de la mégasphère, mais ne vient pas se placer dans le prolongement du canal mégasphérique, comme chez les *Biloculina*; les choses se passent comme si, au moment de son apparition, l'axe de construction avait exécuté, sur lui-même, un mouvement de rotation de $\frac{1}{3}$ de circonférence, déterminant la première des trois directions de l'enroulement. Par suite de ce mouvement, l'axe d'enroulement n° 1, qui est normal au plan de symétrie de la première loge, devient alors parallèle à la ligne conventionnelle d'horizon. Il exécute ensuite une demi-révolution et entraîne, dans son mouvement de rotation, l'axe vertical de construction, qui décrit à son tour une demi-circonférence, de manière que sa partie inférieure prenne la place qu'occupait primitivement sa partie supérieure. Comme les mêmes mouvements se reproduisent périodiquement à l'apparition de chaque nouvelle loge, la seconde loge s'alignera suivant une deuxième direction; enfin, la troisième loge prendra la troisième des directions. A partir de ce moment, la mégasphère sera complètement entourée par les loges 1, 2, 3, qui formeront le premier cycle triloculaire. Comme chacun des mouvements de rotation de l'axe de construction est égal à $\frac{1}{3}$ de circonférence, le quatrième mouvement amènera la superposition de la quatrième loge sur la première. Toutes les autres loges qui apparaîtront se grouperont suivant les mêmes lois. Il se forme ainsi successivement des cycles concentriques triloculaires et trois séries radiantées de loges superposées A, B, C, qui sont désignées par les mêmes lettres que leur plan respectif de symétrie. Tous les numéros d'ordre de deux loges superposées se trouveront séparés par 3 unités (Série A = 1, 4, 7, 10, 13; série B = 2, 5, 8, 11, 14; série C = 3, 6, 9, 12, 15).

γ. Enroulement suivant cinq directions.

Quinqueloculina. — Dans les *Quinqueloculina* et les *Pentellina*, les cycles sont quinquéloculaires; l'enroulement se fait suivant cinq directions. Il y a, en effet, cinq axes secondaires d'enroulement, cinq plans de symétrie A, B, C, D, E, qui partent de l'axe de construction et qui divisent les cinq séries radiantées de loges superposées. Les numéros d'ordre de chaque série seront séparés par 5 unités (Série A = 1, 6, 11, 16, 21; série B = 2, 7, 12, 17, 22; série C = 3, 8, 13, 18, 23; série D = 4, 9, 14, 19, 24; série E = 5, 10, 15, 20, 25).

5° FORMES MICROSPHÉRIQUES. — *Biloculina*. — Une section transversale

de *Biloculina murrhyna* montre que la microsphère est entourée par les loges 1, 2, 3, 4, 5, qui constituent un premier cycle quinquéloculaire ; l'enroulement s'est fait suivant cinq directions. Le deuxième cycle est triloculaire, c'est-à-dire à trois directions. Enfin, le troisième cycle et les suivants sont biloculaires ; les loges deviennent alors opposées et leur enroulement se fait suivant une seule direction, comme dans la forme mégasphérique correspondante. Si l'on réunit par des lignes continues les centres de figures des loges qui forment les séries A et B, on obtient deux courbes opposées symétriques, qui vont rejoindre, à partir du troisième cycle, les traces rectilignes des deux plans de symétrie de la forme mégasphérique correspondante. Ces courbes représentent les traces des deux surfaces temporaires de symétrie, qui sont, chez les adultes, remplacées par deux plans de symétrie.

Dans l'évolution d'une *Biloculina* microsphérique, on observe donc successivement trois modifications dans le groupement des loges ; ces modifications correspondent au groupement que l'on observe dans les formes mégasphériques appartenant aux genres *Quinqueloculina*, *Triloculina* et *Biloculina*. Le premier cycle est, en effet, analogue à celui des *Quinqueloculina*, le second à celui des *Triloculina* et le troisième à celui des *Biloculina*.

Triloculina. — Dans une section transversale de *Triloculina trigonula* d'Orb. la mégasphère se montre entourée par les loges 1, 2, 3, 4, 5, qui constituent le premier cycle quinquéloculaire ; l'enroulement initial des loges se fait donc également suivant cinq directions. Le second cycle est triloculaire, c'est-à-dire à trois directions, cependant les trois plans de symétrie des formes mégasphériques ne se rétablissent qu'avec le troisième cycle, qui, comme les suivants, est également triloculaire.

Si l'on réunit, par des lignes continues, les centres de figures des loges constituant les trois séries radiantes A, B, C, on obtient trois courbes symétriques équidistantes, qui vont rejoindre les traces rectilignes des trois plans de symétrie des formes mégasphériques. Ces courbes représentent les traces des trois surfaces temporaires de symétrie, qui sont, chez les adultes, remplacées par trois plans de symétrie.

Quinqueloculina. — Dans les *Pentellina* et les *Quinqueloculina*, on observe les mêmes faits. Autour de la mégasphère de *Pentellina saxorum* se groupent les loges 1, 2, 3, 4, 5, 6, qui constituent un premier cycle sexaloculaire. Au deuxième cycle et dans les suivants, les loges sont au nombre de cinq. A partir de ce moment, les cinq surfaces de symétrie temporaires disparaissent et sont remplacées par autant de plans de symétrie divisant les cinq séries radiantes de loges.

III. Formes discoïdales ou hélicospiralées. — J'ai fait connaître l'organisation de plusieurs genres nouveaux de Foraminifères ayant un plastrostracum

discoïdal ou hélicospiralé. Plusieurs d'entre eux peuvent fournir des renseignements stratigraphiques précis. Leur étude m'a démontré que beaucoup d'espèces décrites sous le nom d'*Orbitolites* appartenaient en réalité à des genres nouveaux, qui n'avaient entre eux que des rapports de parenté fort éloignés. Pour préciser avec certitude les rapports qui existent entre les différents genres et leurs espèces, il est de toute nécessité d'étudier le développement embryonnaire de chaque forme.

L'examen des phases successives de leur évolution démontre en effet que des formes adultes, qui ont entre elles la plus grande analogie, appartiennent en réalité à des groupes différents, tandis que des formes, qui extérieurement paraissent *a priori* très différentes descendent de rameaux très voisins.

Le plastrostracum discoïdal des Foraminifères à symétrie bilatérale dérive, au point de vue géométrique, de trois types différents, savoir (1) :

1° De formes ayant un embryon monotrème et, dans le jeune âge, un enroulement spiralé. Dans les adultes les loges deviennent circulaires et leur accroissement est périphérique : *Taramellina*, *Discospirina*, *Orbitopsella* ;

2° De formes ayant un embryon à polytrémie circulaire avec des loges circulaires, dont l'accroissement est périphérique dès le début ;

3° De formes ayant un plastrostracum donnant des sections planes représentant des segments de cercles, segments dont les angles s'accroissent, suivant les espèces, jusqu'au moment où, atteignant 360°, ils forment des cercles parfaits.

IV. Genres nouveaux. — J'ai fait connaître en outre plusieurs genres nouveaux de Foraminifères, dont quelques-uns peuvent fournir des renseignements stratigraphiques précis ou des données paléontologiques sur leur évolution dans le temps, savoir :

1° MILIOLIDÆ. — *Schlumbergerina*, *Pentellina*, *Lacazina*, *Trillina*, *Dillina* ; puis, en collaboration avec M. Schlumberger, *Idalina*, *Periloculina*.

2° GROUPE DISCOÏDAL SANS RÉSEAU. — *Archiacina*, *Broeckina*, *Bradyella*, *Taramellina*, *Discospirina*, *Orbitopsella*, *Cyclopsina*, *Massilina*, *Meandropsina*.

3° GROUPE DISCOÏDAL OU HÉLICOSPIRALÉ AVEC RÉSEAU. — *Dicyclina*, *Iberina*, *Spirocyclina*, *Dictyopsella*.

III. SPONGIAIRES.

Le fossile crétacé d'Angleterre, décrit par Mantell sous le nom de *Tubipora anastomosans*, est un Spongiaire qui avait été rapporté à tort au genre *Verticillites* DeFrance. J'en ai fait le type du genre *Barroisia*.

(1) Voir liste bibl., nos 41 et 149.

IV. HEXACORALLIAIRES.

I. Développement des septa. — Les *Turbinolia*, qui se reproduisent par *oogénèse* et non par *blastogénèse*, restent toujours libres et par conséquent ne se déforment pas sous l'influence de la fixation ; ce sont des types parfaits au point de vue de la *symétrie radiaire apparente*.

J'ai trouvé, dans les assises lutéliennes du bassin de Paris et dans les couches bartoniennes, des séries d'embryons qui m'ont permis de suivre, avec la plus grande certitude, l'apparition successive des septa, depuis le deuxième cycle jusqu'au quatrième ; ceux du cinquième cycle ne me sont encore connus qu'en partie.

Les principaux résultats obtenus ont été publiés (1) en 1892 dans les *Éléments de Paléontologie* de Félix Bernard, je les complète ici.

Les polypiérites des *Turbinolia* ne doivent se développer complètement, que lorsque les coralliozoïdes ont 12 loges et 12 tentacules, car on voit toujours les plus jeunes embryons présenter les caractères suivants :

1° Ils sont déjà pourvus des six côtes septales du cycle de premier ordre ; les prolongements exothécaux (côtes septales) ne descendent pas au-dessous de la *partie supérieure du calice*.

2° Ils possèdent en plus les six côtes septales du 2^{me} cycle descendant *jusqu'à la base du calice*, par conséquent beaucoup plus bas que les prolongements exothécaux des septa du premier cycle. Cette disposition, très spéciale et très importante, a fait que des savants aussi éminents que Milne-Edwards et Haime (2) ont décrit, *comme septa du 1^{er} cycle, des septa qui, en réalité, appartiennent, sans aucun doute possible, aux septa du cycle de deuxième ordre, et, comme septa du 2^e cycle, des septa qui dépendent du 1^{er} cycle.*

3° Comme on le sait, les six septa du premier cycle, dans les *Turbinolia* et dans les autres groupes d'Hexacoralliaires, n'ont pas tous la même valeur morphologique. Deux d'entre eux, qui sont opposés et dans le prolongement l'un de l'autre, passent par les deux premières loges décrites par Henri de Lacaze-Duthiers dans l'embryon de l'*Astræa calicularis* ; ils délimitent ainsi un plan de symétrie bilatérale des plus nets.

3° Tous les septa se développent *en deux temps* ; dans le premier temps apparaissent seulement les parties exothécales des septa (côtes septales), dans le second se développent les parties endothécales ou septa proprement dits.

(1) Voir liste bibl., n° 107.

(2) MILNE-EDWARDS et J. HAIME : *Monograph of the British Fossil Corals*. S. I, pl. III, fig. 1^o-2^o. 1850.

4° Les septa du cycle d'un ordre supérieur n'apparaissent que lorsque tous les septa du cycle de l'ordre immédiatement inférieur se sont développés ; leur marche est centripète.

5° Les septa de chaque cycle se développent de chaque côté du plan de symétrie, en *trois temps*, suivant le nombre 2 ou l'un de ses multiples. Ceux du deuxième cycle naissent un par un ($1 + 1 = 2$), de chaque côté du plan de symétrie, dans chacun des trois temps ; ceux du troisième, deux par deux ($2 + 2 = 4$) ; ceux du quatrième, quatre par quatre ($4 + 4 = 8$) ; ceux du cinquième, huit par huit ($8 + 8 = 16$). Les nombres ainsi obtenus doivent être multipliés par 3, nombre qui représente, pour chaque cycle, les trois temps d'apparition des septa.

On est ainsi conduit à dresser le tableau suivant :

2° cycle.	(1 + 1 = 2)	$2 \times 3 = 6$
3° cycle.	(2 + 2 = 4)	$4 \times 3 = 12$
4° cycle.	(4 + 4 = 8)	$8 \times 3 = 24$
5° cycle.	(8 + 8 = 16)	$16 \times 3 = 48$

L'expression de ce dernier cycle n'est certaine que pour les 16 cloisons du premier temps.

II. Septa tributaires. — Dans certaines espèces, les septa d'un ordre supérieur viennent toujours se réunir aux septa correspondants de l'ordre immédiatement inférieur. De chaque côté, par exemple, du *septum* n° 1 du cycle de 2° ordre, viennent se réunir, par leurs extrémités, les septa correspondants 1 et 2 du cycle du 3° ordre ; puis les septa n°s 1, 2, 3, 4 du cycle de 4° ordre viendront, à leur tour, se mettre deux par deux en contact avec les septa correspondants n°s 1 et 2 du cycle de 3° ordre. Les septa de 3° et 4° ordres, dont je viens de parler, peuvent être considérés comme *tributaires* du septum n° 1 appartenant au cycle de 2^{me} ordre, pour les raisons suivantes :

Lorsqu'un septum avorte, ses septa tributaires n'apparaissent pas. Ainsi, la disparition du septum n° 1 du cycle de 2° ordre entraîne également la disparition de *ses six septa tributaires*, c'est-à-dire des septa 1, 2 du 2° cycle et des septa 1, 2, 3, 4 du 4° cycle.

La disparition des septa du 2° ordre est très rare, mais on constate souvent que certaines espèces de *Turbinolia* sont caractérisées par la non-apparition, de chaque côté du plan de symétrie — et cela d'une manière constante et régulière — de septa appartenant aux cycles de 3° et 4° ordres. Je ferai remarquer, également, que les septa *tributaires* d'un septum se sont tous développés en même temps. Ainsi, par exemple, les septa 1, 2, 3, 4 du 4° cycle se sont formés simultanément pendant le premier des trois temps de développement du cycle septal : ce sont, dans ce cas, des *septa quadrijumeaux*.

La symétrie initiale et fondamentale est donc, dans les *Turbinolia*, comme dans les autres groupes déjà connus, une symétrie bilatérale parfaite. Cependant il est indiscutable qu'il y a également tendance à la symétrie radiaire, et cette symétrie de tendance est assez développée pour masquer *a priori*, chez les *Turbinolia* adultes, la symétrie bilatérale, qui persiste cependant durant toute la vie du coralliozoïde.

V. ÉCHINIDES.

Classification. — Lors de la soutenance de ma thèse, j'ai exposé devant la Faculté des Sciences de Paris les bases d'une nouvelle classification des Échinides fossiles, classification dont Félix Bernard a bien voulu adopter le plan général dans ses importants *Éléments de Paléontologie*. Elle est le résultat de recherches personnelles dans les nombreux groupes d'Échinides que j'ai pu observer ; il m'a été ainsi possible d'apprécier la valeur morphologique des organes qui présentent le plus de fixité, lorsque l'on étudie l'évolution des Echinides dans le temps :

- 1° Présence ou absence de mâchoires ;
- 2° Forme et disposition des mâchoires ;
- 3° Absence ou présence de branchies externes ;
- 4° Nombre des rangs d'assules des régions ambulacraires ;
- 5° Position du périprocte ;
- 6° Constitution générale de l'appareil apical, nombre des basales ;
- 7° Séparation du bivium et du trivium ;
- 8° Nombre et position des ouvertures génitales ;
- 9° Répartition des hydrotrèmes.

J'ai pu ainsi, en utilisant les mêmes caractères zoologiques que mes devanciers, mais en me plaçant à un tout autre point de vue, donner une classification en grande partie nouvelle, que je considère comme étant en parfaite harmonie avec les lois de la descendance.

Pomel, avec sa grande compétence d'échinologiste, avait groupé les Échinides en deux classes, les Atélostomes et les Gnathostomes, faisant ainsi ressortir la grande importance qu'il fallait attacher à la présence ou à l'absence des mâchoires. J'ai pensé cependant que le groupe des Gnathostomes n'était pas homogène et qu'on devait répartir dans deux groupes de même valeur (*Homognathes* et *Hétérognathes*) les différents genres groupés sous ce nom.

La création de ces deux groupes était nécessitée non seulement par des différences anatomiques profondes, mais encore par l'absence de toute filiation plus ou moins directe.

La présence des branchies externes chez les Échinides glyphostomes et leur absence chez les Échinides holostomes ont, comme on le sait, une très grande valeur au point de vue anatomique.

Le nombre des rangées d'assules qui constituent les cinq régions anambulaires fournit également des caractères d'une très grande utilité pour délimiter les principaux groupes d'Holostomes que j'ai désignés sous les noms de 1° *Monoplacida*, 2° *Polyplacida*, 3° *Tetraplacida*, 4° *Diplacida*.

Les différentes modifications de l'appareil apical apportent également un précieux concours pour montrer les liens qui enchainent étroitement les différents groupes d'Échinides. Le genre *Tiarechinus*, qui constitue à lui seul la classe que j'ai désignée sous le nom de *Blastoéchinides*, doit être considéré comme un type polysynthétique très ancien, ayant conservé jusque dans les mers triasiques ses caractères primitifs. Les *Tiarechinus* ont en effet des rapports avec les Crinoïdes, avec les Blastoïdes et surtout avec les Échinides. L'étude comparative de leur appareil apical dicyclique permet d'homologuer d'un côté les pièces des cycles interne et externe avec les pièces *basales* et *radiales* des Crinoïdes, de l'autre, de démontrer que, chez les Échinides, les pièces qui constituent l'appareil apical sont leurs homologues. J'ai donc été conduit à penser que l'appareil apical des Échinides ancestraux devait être dicyclique à l'origine : un cycle interne avec cinq basales (1), un cycle externe avec cinq radiales ; c'est par suite de l'intercalation progressive des radiales entre les basales que l'appareil serait devenu monocyclique, ou semidicyclique dans beaucoup de groupes (*Cidaris*, *Hemicidaris* jurassiques).

Le nombre des pores génitaux est aussi un caractère qui, suivant les cas, permet de définir les grands groupes ou simplement les genres. Dans les Orthognathes exocycles, à appareil apical pentabasale, c'est toujours celui qui est en relation avec la basale III (2) qui disparaît ; dans les Atélostomes dont l'appareil est tétrabasale, les pores génitaux, au nombre fondamental de quatre, peuvent être réduits à deux, comme je l'ai démontré (3). En effet, lorsqu'un premier pore génital disparaît (*Isopneustes*, *Cyclaster*), c'est toujours celui qui traverse la basale I, et, lorsqu'un second vient également à manquer (*Ditremaster*), c'est celui qui se trouve situé sur la basale V, opposée à la basale I. Il en résulte

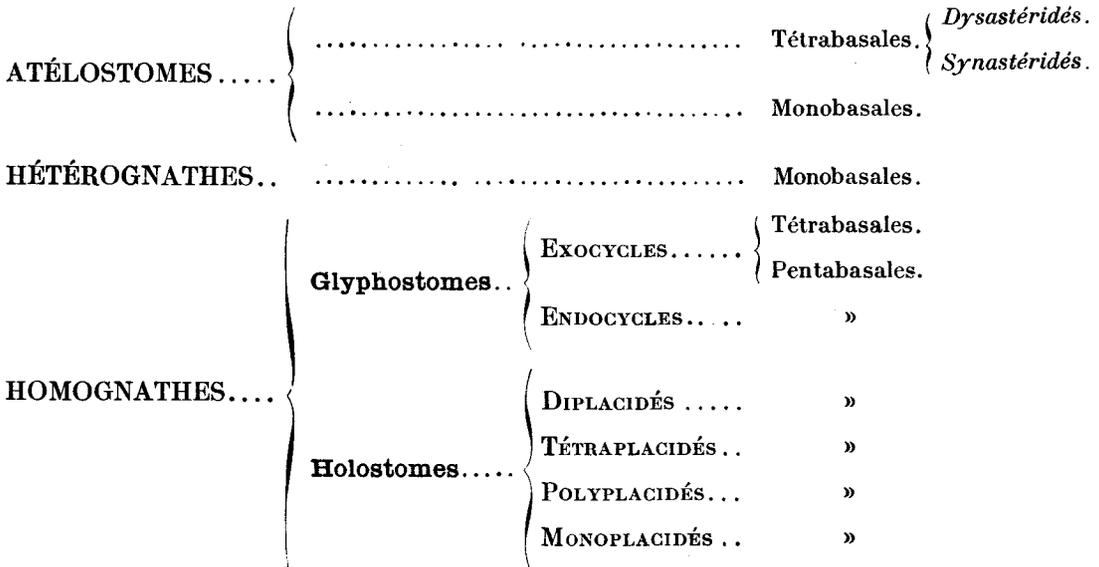
(1) Les modifications que j'ai introduites dans la terminologie tiennent, d'une part, à ce que les relations de fonction montrent que les pièces dites génitales (*basales*) peuvent être *complètement indépendantes des orifices génitaux*, de l'autre, à ce que le nom de plaques ocellaires (*radiales*) leur a été donné à tort par suite d'une erreur dans le rôle attribué à l'organe qui les traverse.

(2) J'ai numéroté les basales en allant de droite à gauche en partant de la plaque hydrophore qui porte le n° 1.

(3) Voir liste bibl., n° 58.

nécessairement que la disposition symétrique des pores génitaux par rapport au plan général de construction des Échinides se rétablit.

Dans les Échinides endocycles le périprocte est situé, comme on le sait, dans l'appareil apical ; dans les exocycles, il est placé en dehors. Tous les Atélostomes sont, sans aucune exception, exocycles ; il n'en est pas de même des Orthognathes : les uns sont endocycles (*Salenia, Cidaris*), les autres exocycles (*Pygaster, Anorthopygus*). Des paléontologistes très distingués continuent encore, malgré les intéressantes observations de Pomel, à donner à ce dernier caractère la prépondérance sur tous les autres ; ils sont ainsi amenés à placer dans la même classe les *Orthognathes exocycles* et les *Atélostomes* ; les recherches que j'ai faites montrent également que ce rapprochement est en contradiction formelle, d'une part avec les données anatomiques, de l'autre avec les caractères tirés de la descendance, ces deux groupes n'ayant dans le temps aucun rapport de filiation connu.



J'ai été ainsi conduit à admettre dans les Échinides trois sous-classes fondamentales :

- 1° HOMOGNATHES M.-Ch. ;
- 2° HÉTÉROGNATHES M.-Ch. ;
- 3° ATÉLOSTOMES Pomel.

I. HOMOGNATHES (1).—Les Échinides de cet ordre possèdent tous un appareil

(1) On pourrait également se servir du mot ORTHOGNATHES.

masticateur composé de *cinq mâchoires égales* et dressées. C'est là un caractère absolu, qui se retrouve avec autant de netteté dans les groupes paléozoïques que dans les groupes actuels. Entre les Homognathes et les Hétérognathes il n'y a aucun lien de filiation connu. Les Homognathes se divisent en deux sous-ordres : HOLOSTOMES et GLYPHOSOMES. Leur apex est dicyclique ou monocyclique, il est formé de 5 radiales et de 5 ou 4 basales. La plupart d'entre eux sont endocycles, quelques-uns sont exocycles.

Holostomes. — J'ai divisé les Holostomes, qui sont caractérisés par l'absence de branchies externes, en quatre grands groupes basés sur le nombre respectif d'assules qui composent chacune des aires anambulacraires, savoir : 1° MONOPLACIDÉS, 2° POLYPLACIDÉS, 3° TÉTRAPLACIDÉS, 4° DIPLACIDÉS. Dans ces quatre sous-ordres, les genres ont un apex à cinq basales (pentabasales).

1° HOLOSTOMES MONOPLACIDÉS. — Ce sous-ordre n'est encore connu que par un seul genre silurien, *Bothriocidaris*. Les aires ambulacraires ne renferment chacune qu'un seul rang d'assules. L'apex est monocyclique ; les cinq basales et les cinq radiales sont dépourvues de pores génitaux et neuraux. Actuellement on ne connaît aucun terme de transition entre les Monoplacidés et les autres groupes paléozoïques.

2° HOLOSTOMES POLYPLACIDÉS. — Les Polyplacidés sont tous paléozoïques. Ils sont caractérisés par des régions anambulacraires, dans lesquelles le nombre des assules varie entre 5 et 9. Les assules ne portent *jamais de gros tubercules*. L'apex est monocyclique, ses cinq basales portent souvent 3, quelquefois 4 ouvertures génitales et les cinq radiales sont pourvues chacune de deux pores neuraux.

3° HOLOSTOMES TÉTRAPLACIDÉS. — Dans ce groupe, chaque région anambulacraire est formée par 4 rangs d'assules, qui portent de *gros tubercules*. Le type est *Palæocidaris*, du Carboniférien de Russie, de Belgique et des États-Unis. Exceptionnellement, on trouve dans les terrains crétacés une forme des plus intéressantes, *Tetracidaris*, qui représente un rameau latéral et déjà très modifié des *Tetraplacidæ*, rameau qui est venu, selon toute apparence, s'éteindre dans les mers secondaires. Les *Tetracidaris* nous montrent par quel processus les *Tetraplacidæ* des terrains primaires ont donné naissance aux *Diplacidæ* de l'époque secondaire : il y a eu, dans chaque région anambulacraire, réunion et fusion de deux rangs d'assules contiguës, cette réunion ayant commencé par la région périapicale pour gagner progressivement la région opposée.

4° HOLOSTOMES DIPLACIDÉS. — Les Holostomes diplacidés sont caractérisés par des aires anambulacraires qui ne possèdent jamais plus de *deux rangées d'assules*. Les premiers représentants connus de ce groupe sont de la fin des terrains paléozoïques. Leur appareil apical, qui est pentabasale, peut être, dans

le même genre, dicyclique ou monocyclique. Les principaux genres sont : *Temnocidaris*, *Rhabdocidaris*, *Cidaris*, *Calveria*.

Les *Cidaris* sont les descendants assez directs des Tétraplacidés.

Glyphostomes. — Les Homognathes glyphostomes ont tous des aires ambulacraires qui ne possèdent que deux rangs d'assules. Leur péristome présente cinq paires d'échancrures, qui sont en rapport avec les branchies externes.

Ils se divisent en Endocycles et Exocycles.

1° GLYPHOSTOMES ENDOCYCLES. — Ce groupe, qui est caractérisé par la présence du périprocte au centre de l'appareil apical, débute dans les mers permienes ; il avait de très nombreux représentants dans les mers secondaires et tertiaires ; il est encore très développé dans les mers actuelles : *Hemicidaris*, *Pseudodiadema*, *Hemipedina*, *Stomechinus*, *Echinus*, etc. L'appareil apical est dicyclique ou semidicyclique.

2° GLYPHOSTOMES EXOCYCLES. — Les Échinides de ce sous-ordre ont le périprocte placé en dehors de l'appareil apical. L'apex présente tantôt cinq basales, tantôt quatre.

A. *Exocycles pentabasales.* — Les Échinides de cette section présentent toujours cinq basales. Les pores génitaux, au nombre de cinq, peuvent être réduits à quatre ; dans ce cas, c'est celui de la *troisième basale* qui disparaît. Les genres sont peu nombreux ; ils appartiennent au Jurassique et au Crétacé : *Holectypus*, *Discoidea*.

B. *Exocycles tétrabasales.* — L'appareil apical est réduit à quatre basales ; la basale III manque, comme dans les Atélostomes. Ce groupe débute dans les terrains jurassiques avec le genre *Pygaster* ; il remonte dans les terrains crétacés ; un seul genre est connu dans les mers actuelles. Les principaux genres sont : *Anorthopygus*, *Pygaster*. On ne connaît actuellement aucun terme de passage entre les Exocycles tétrabasales et les exocycles pentabasales.

II. HÉTÉROGNATHES (1). — Les Échinides de cette sous-classe ont cinq mâchoires surbaissées, quatre d'entre elles sont asymétriques ; la troisième mâchoire est seule symétrique ; cela tient à ce que les deux mandibules qui la constituent sont semblables.

Les premiers Hétérognathes connus avec certitude sont représentés par de très petites espèces appartenant au genre *Fibularia*.

Leur appareil apical ne renferme plus qu'une seule basale (basale n° 1), les autres ont disparu. Cependant il se pourrait que les *Echinoconus*, qui ont quatre basales, appartiennent à ce groupe.

(1) Ils pourraient également être désignés sous le nom de PLATYGNATHES.

Dans quelques espèces de *Clypeaster*, les pores génitaux quittent la basale, pour venir déboucher entre les deux rangs d'assules anambulacraires. J'ai retrouvé un fait analogue dans les Atélostomes monobasales.

A l'époque tertiaire les différents genres *Scutellina*, *Conoclypeus*, *Scutella*, *Amphiope*, *Clypeaster* arrivent successivement dans les mers continentales d'Europe, sans que nous puissions encore indiquer le lieu de leur provenance ni leur filiation.

Hétérognathes tétrabasales. — Quelques genres d'Echinides crétacés, *Globator*, *Echinoconus*, *Pironaster*, forment un groupe particulier, qui a disparu complètement vers la fin de la période crétacée. Les mâchoires sont inconnues, mais la forme des apophyses des plaques orales anambulacraires ne permet guère de les rapporter aux Homognathes. D'un autre côté, un appareil apical muni de quatre basales les éloigne également de tous les Hétérognathes connus, dont l'apex ne présente jamais qu'une seule basale. C'est un groupe isolé, dont les rapports ne pourront être établis que lorsque l'on connaîtra l'appareil masticateur.

III. ATÉLOSTOMES. — La sous-classe des Atélostomes a été très bien délimitée par Pomel (1). Tous les groupes qui la constituent sont exocycles et dépourvus de mâchoires. Leurs aires anambulacraires sont formées chacune par deux rangs d'assules. L'appareil apical, dans la plus grande généralité des cas, ne présente que quatre basales (la basale III manquant); ce n'est que dans un petit nombre de genres que les basales sont réduites à la basale n° 1. Il résulte de cette disposition que les Atélostomes se divisent en deux groupes : *Tétrabasales* et *Monobasales*. Les premiers représentants du groupe sont jurassiques.

Atélostomes tétrabasales. — Ce sous-ordre est caractérisé par la présence constante de quatre basales. Je le divise en deux groupes de même valeur, mais de très inégale importance : 1° *Synastéridés* ; 2° *Dysastéridés*.

1° **SYNASTÉRIDÉS.** — Dans cette section, le *bivium* et le *trivium* sont réunis. Les genres qui la constituent sont déjà connus dans les mers jurassiques. Leur maximum de développement correspond à l'époque tertiaire. Dans les mers actuelles ils sont encore très nombreux. Les principales familles sont : *Clypeidæ*, *Echinospatangidæ*, *Spatangidæ*, *Hemiasteroidæ*, etc.

2° **DYSASTÉRIDÉS.** — Les *Dysastéridés* ont le *bivium* et le *trivium* disjoints et séparés par des assules complémentaires. On ne connaît pas leurs ancêtres ; ils arrivent dans les mers pendant la période jurassique et disparaissent

(1) POMEL, Classification méthod. et genera des Echin. vivants et fossiles, p. 27, 1883.

avant l'arrivée des temps tertiaires. Les principaux genres sont : *Collyrites*, *Dysaster*, *Metaporhinus*.

Atélostomes monobasales. — Ce groupe est représenté par des genres qui ont un appareil apical réduit à une seule basale (basale I), comme *Echinolampas*, *Echinanthus*, *Faujasia*.

Tous les paléontologistes, avant mes observations (1), avaient décrit, dans ces mêmes genres, un apex avec quatre basales ; plusieurs d'entre eux les avaient même figurées. J'ai constaté que, dans *Faujasia apicalis*, les quatre pores génitaux quittaient la basale I pour venir déboucher entre les deux rangs d'assules de l'aire anambulacraire. L'aspect des *Faujasia* présente dans ce cas la plus grande des analogies avec celui des *Glypeaster*, qui est construit de même.

VI. BRACHIOPODES

Diplopegmata M.-Ch. — Je désigne sous ce nom un ordre nouveau de Brachiopodes qui présentent un appareil brachial formé de deux lames superposées. Le genre *Koninckella* M.-Ch. doit être considéré comme un des types de cette division.

J'ai découvert dans *Koninckella liasina* B. Ch. sp., qui était considéré comme le dernier représentant, à l'époque liasique, des *Leptæna* paléozoïques, un appareil brachial constitué par deux lames spiralées distinctes et superposées.

Cet appareil est constitué : 1° par deux lames simples, qui partent symétriquement du bord cardinal, comme dans tous les *Helicopegmata* (*Spirifer*, *Atrypa*, etc.) pour former deux spires hélicoïdales dont les axes d'enroulement sont *perpendiculaires* au plan de séparation des valves ; la partie convexe de la spire est *ournée vers la valve ventrale* ;

2° par une seconde lame indépendante, non fixée à la région cardinale, qui se recourbe à ses deux extrémités, de manière à décrire deux autres spires qui viennent se superposer sur les deux premières spires de l'appareil descendant, munies de pointes cirriales.

KONINCKINIDÆ M.-Ch. — Cette famille, que j'ai établie en 1880 (2), comprend des genres triasiques et liasiques, savoir : *Koninckina* Suess, *Koninckella* M.-Ch., *Amphiolina* Laube et probablement *Thecospira*, qui se fixe par la valve supérieure et qui pourrait constituer un petit groupe distinct (*Thecospiridæ*).

KAYSERIDÆ M.-Ch. — Davidson a fait connaître l'organisation interne de *Kayseria lens*, provenant du Dévonien moyen et supérieur d'Allemagne.

(1) Voir liste bibl., n° 80.

(2) *Ibid.*, n° 31 et 72.

Quenstedt avait indiqué, dès 1871, l'existence de deux lames spiralées juxtaposées et les avait figurées. Ce genre appartient, sans aucun doute possible, aux *Diplopegmata*. Il présente des caractères qui permettent de créer une première famille paléozoïque (*Kayseridæ*). Les sommets des cônes spiraux *sont opposés*.

Les *Diplopegmata* doivent être plus communs qu'on ne le suppose. On sera obligé, dans beaucoup de cas, de faire des coupes pour voir si la spire est formée par une seule lame ou par deux.

Heteropegmata M.-Ch. — Je réunis dans un ordre nouveau les genres *Eudesella* M.-Ch., *Thecidea* Defr., *Lacazella* M.-Ch., etc., qui constituent la famille des *Thecididae*. Il faudra y ajouter très probablement la famille paléozoïque des *Lyttonidæ* Waagen et en exclure, comme l'a déjà proposé Cehlert, celle des *Coralliopsidæ* Waagen, qui appartient en réalité aux *Tétracoralliaires*, comme les *Calceola*, pour lesquels on a commis si longtemps la même erreur.

La structure du test des *Lacazella* et des *Thecidea* diffère très notablement de celle des autres Brachiopodes.

En effet, le test des *Terebratulidæ* est composé de trois couches : 1^o une couche interne, calcaire et prismatique ; 2^o une couche moyenne, calcaire et lamelleuse ; 3^o une couche externe organique (periostracum). Leurs tubes palléaux se terminent par une membrane circulaire, sur laquelle vient s'implanter extérieurement une houppes de filaments rayonnants ; ces filaments traversent la couche calcaire moyenne et viennent se relier au periostracum *sans interposition* de calcaire ; particularité qui facilite, comme j'ai pu le constater chez les *Magellania* et dans d'autres genres, la diffusion des gaz. Dans les *Lacazella*, seul représentant, dans les mers actuelles, des *Heteropegmata*, j'ai constaté : 1^o que le test était constitué seulement par *deux couches* ; une couche externe organique (periostracum) et une couche interne calcaire *sans structure définie* ; 2^o que les tubes palléaux présentaient *plusieurs diaphragmes* circulaires et superposés. Cette disposition *polydiaphragmée*, jointe à la *structure du test* et aux *caractères anatomiques* des *Thecididæ*, caractères qui ont été mis en évidence avec tant de talent par un de nos maîtres les plus éminents, Henri de Lacaze-Duthiers, justifie largement la création d'un ordre indépendant.

Genres nouveaux. — Le genre *Thecidea* a été créé par DeFrance pour le *Thecidea papillata* du Sénonien de Maestricht ; on avait rapporté à ce même genre des formes très différentes, dont j'ai fait connaître les caractères génériques (1).

(1) Voir liste bibl., n^o 31 et 73.

Les genres *Eudesella* M.-Ch. et *Davidsonella* M.-Ch. constituent une petite section indépendante, qui a disparu avec les périodes jurassique et crétacée. L'appareil brachial des *Thecidella* M.-Ch. du Lias représente, au point de vue de l'évolution, un des premiers stades de développement de l'appareil brachial de *Lacazella mediterranea*.

Les *Thecidiopsis* des terrains crétacés ont un appareil brachial qui atteint un maximum de développement et de complication.

CADOMELLIDÆ M.-Ch. — Dans le Lias, tous les paléontologistes avaient signalé la présence du genre *Leptæna*, si caractéristique des terrains primaires. J'ai fait connaître, par l'étude de l'organisation intérieure des valves, que ces prétendues *Leptæna* devaient se répartir dans deux genres distincts, *Cadomella* M.-Ch. et *Koninckella*, dont j'ai parlé plus haut.

Le genre *Cadomella* M.-Ch., dont j'ai donné un dessin dans le Manuel de Fischer (1), présente des caractères qui rappellent ceux des *Aphaneropegmata* (*Leptæna*, etc), mais ils possèdent des pointes crurales comme les *Ancistropegmata*. Les *Cadomella* représentent donc un groupe de Brachiopodes liasiques, qui s'éloigne de toutes les autres familles connues.

VII. ACÉPHALES

Morphologie. — La morphologie des différentes parties qui constituent les valves des Mollusques acéphales était à peine connue, j'ai pu préciser un certain nombre de points et montrer quel profit on pouvait en retirer, au point de vue de la classification et de la descendance.

1° RAPPORTS DES VALVES ; INVERSION. — On ne peut démontrer la *sénestrosité* d'un Mollusque acéphale qu'en le comparant à un autre type du même groupe, dont tous les organes sont symétriquement disposés dans un ordre inverse, et que l'on sera convenu d'appeler *dextre*. Or, comme les *Chama calcarata*, *lamellosa*, *gigas*, etc. ont été considérées comme *dextres*, il en résulte que les *Chama Janus*, *fimbriata*, etc., sont *sénestres*.

Ce fait démontre que les noms de *valve droite* et de *valve gauche* sont des termes qui ne peuvent indiquer que des *rapports de position* et qu'on ne doit y attacher aucun sens qui entraîne avec lui des caractères d'ordre zoologique, puisque la *valve droite* d'une *Chama sénestre* est bien incontestablement l'*homologue* de la *valve gauche* d'une *espèce dextre*, au point de vue de la genèse des dents cardinales.

Il s'ensuit que les mots de *valve droite* et de *valve gauche*, sans être suivis d'un autre terme qui indique leur relation d'homologie, ne peuvent être utilisés

(1) Voir liste bibl., n° 72.

dans un travail où l'on s'occupe de morphologie générale ou bien encore de la description des Rudistes.

Par suite de motifs analogues, il faudra exclure les mots de *valve fixée* et de *valve libre*, ou bien encore de *grande valve* et de *petite valve*, lorsqu'ils devront être employés seuls.

Si, en réalité, les Mollusques acéphales sont virtuellement symétriques, il n'en reste pas moins établi qu'il existe, très souvent, une différence assez grande dans les rapports d'organisation de leurs deux valves, qui deviennent, dans la plus grande majorité des cas, dissymétriques.

Cette dissymétrie, qui est soumise à des lois de descendance que l'on peut suivre, tient en réalité à ce qu'il s'est produit des *modifications secondaires* dans les *côtés* droit et gauche des Acéphales, modifications qui se sont transmises successivement par hérédité, en continuant toujours à se modifier suivant des directions déterminées, selon les groupes auxquels ces Mollusques appartiennent. Au point de vue des caractères des valves, il existe donc *deux côtés distincts* chez les Acéphales.

Mais, comme les Rudistes sont souvent sénestres, il s'ensuit que leur côté droit ou leur valve droite, correspond, comme je l'ai déjà dit, au côté gauche ou à la valve gauche d'un Mollusque acéphale dextre.

Afin d'éviter toute confusion, j'ai désigné chacun des côtés, ou chacune des valves correspondantes, par les lettres α et β .

J'ai pris comme type de la *valve* α la valve libre de *Chama calcarata* ; c'est celle qui, dans la majorité des Rudistes, reste libre et qui présente les modifications les plus importantes et les plus accentuées.

La valve β correspond, au contraire, à la valve fixée de la même espèce. Elle se modifie beaucoup moins que la valve opposée et présente toujours une plus grande simplicité relative d'organisation.

2^o ENROULEMENT DES CROCHETS (1). — Les Mollusques acéphales ont des valves dont les crochets s'enroulent, suivant les cas, tantôt en avant, tantôt en arrière. Cette disposition particulière entraîne une modification dans la forme respective des valves, qui fait que l'on peut confondre quelquefois la valve gauche avec la valve droite, si l'on ne tient pas compte de la position du ligament et des muscles. J'ai proposé pour les deux modes d'enroulement les termes de *prosogyre* et d'*opisthogyre*, qui sont adoptés actuellement.

3^o ÉVOLUTION DU LIGAMENT. — En étudiant le développement embryonnaire des valves d'Hétérodontes éocènes du bassin de Paris (*Cytherea*, *Cyrena*, *Cardita*, etc.) j'ai découvert que le ligament (2) était d'abord interne, et que ce

(1) MUN.-CH., 1885. *Compte-rendus somm. Soc. Géol. de France*, p. XVII.

(2) Voir liste bibl., n^o 112 et 118.

n'était que plus tard qu'il devenait externe par suite de son déplacement successif. Ces premières observations ont été consignées dans les « *Éléments de Paléontologie* » de Félix Bernard (p. 533); elles ont une réelle importance, car autrefois on attachait une *très grande valeur à la position du ligament*, pour la classification des Acéphales. Son évolution montre au contraire que la position de cet organe n'a qu'une valeur secondaire; en effet, il existe dans une même famille des genres (formes progressives) où, l'évolution ligamentaire étant complète, le ligament devient externe, tandis que, dans d'autres genres (formes statives), très voisins des premiers, le ligament reste interne, par suite d'un arrêt dans son évolution normale.

4^o ÉVOLUTION DES DENTS CARDINALES (1). — L'étude du développement embryonnaire des valves des genres *Cyrena*, *Cytherea*, *Cypricardia* m'a conduit à reconnaître que les *dents cardinales* des *Acéphales hétérodontes* correspondaient à une *simple différenciation des dents latérales antérieures* primitives.

En effet, sur les valves des *Cyrena* du Lutétien supérieur du bassin de Paris et sur celles des autres genres dont j'ai pu suivre l'évolution complète, on observe, pendant la période embryonnaire, de chaque côté du ligament interne et médian, une série de lames parallèles: les lames de la *série postérieure* donnent naissance aux *dents latérales postérieures*; les lames de la *série antérieure*, que j'ai désignées sous le nom de « *latéro-cardinales* », donnent naissance, par différenciations successives et par incurvation, d'une part aux *dents latérales antérieures*, de l'autre, aux *véritables dents cardinales*.

L'évolution du ligament et des dents cardinales est devenue le point de départ d'une réforme complète dans la manière d'interpréter et de noter les dents cardinales des Mollusques acéphales.

Dans une deuxième note (2) complétant la première, j'ai examiné l'évolution du ligament et des dents cardinales dans les Hétérotondes, les Polyodontes et les Hétéromyaires, en donnant, pour les genres *Pauliella*, *Cyrena*, *Venus*, *Unio*, *Symptonota*, *Diceras*, *Chama*, *Spondylus*, *Spondylina*, une notation nouvelle, après m'être entendu préalablement avec Félix Bernard.

J'ai donné une figure schématique et idéale d'un type d'Hétérodonte, qui permet d'expliquer la position et l'évolution des dents cardinales et d'indiquer leur rapport avec les dents latérales; ce dessin a été reproduit (2), pour la Roumanie, dans les travaux de M. Sabba Stephanescu et, dans les Indes anglaises, par M. Noetling.

Félix Bernard, qui avait été mon élève et mon préparateur à l'École Normale

(1) Voir liste bibl., n° 120.

(2) *Ibid.*, n° 127.

Supérieure, a continué ces recherches avec le plus grand succès. Il a fait paraître une série de notes des plus remarquables et du plus haut intérêt.

Rudistes. — En 1873 (1), j'ai donné une classification provisoire des Rudistes, dans laquelle j'avais groupé les différents genres dans sept familles : *Chamidæ*, *Monopleuridæ*, *Bayleidæ*, *Caprinidæ*, *Hippuritidæ*, *Heterocaprinidæ*, *Radiolitidæ*.

I. **LIGAMENT.** — Contrairement à l'opinion généralement admise à cette époque, j'ai signalé dans *Hippurites radiosus* la présence d'un ligament interne situé dans une cavité spéciale longeant l'arête cardinale. Le ligament a été retrouvé par M. Douvillé dans plusieurs autres espèces d'*Hippurites*.

II. **MANTEAU.** — Au sujet des *Hippurites*, j'ai émis l'opinion que leur manteau devait être pourvu de prolongements rayonnants, qui venaient se loger dans les canaux principaux de la valve supérieure ; ces prolongements devaient donner naissance à des subdivisions secondaires très nombreuses, qui passaient à travers les canalicules de la valve, pour venir se mettre en contact avec le milieu ambiant : il est donc probable que le manteau des *Hippurites* devait jouer un rôle très important dans la respiration.

III. **GENRES NOUVEAUX.** — Enfin j'ai fait connaître quelques genres nouveaux (2) : *Toucasia*, *Matheronia*, *Heterodicerias*, *Plesiodicerias*, *Valletia*, *Horiopleura*, *Bayleia*, *Chaperia*.

La distinction de ces genres a permis de les utiliser pour préciser avec certitude plusieurs horizons des terrains crétaés.

IV. **ESPÈCES NOUVELLES.** — J'ai également signalé plusieurs espèces nouvelles d'*Hippurites*, de *Radiolites*, etc., de Grèce et de France.

Lithocardidæ (3) M.-Ch. — Le genre *Lithocardium* Woodward, qui avait été réuni à tort au genre *Cardium* par Deshayes et par la plupart des conchyliologistes, présente des caractères particuliers. Les impressions des muscles adducteurs des valves et du muscle protracteur du pied rappellent celles des *Tridacnidæ*. J'ai décrit un genre nouveau, *Byssocardium*, qui est aux *Lithocardium* ce que les *Tridacna* sont aux *Hippopus*, c'est-à-dire qu'il se fixe au moyen d'un byssus. Les *Lithocardidæ* caractérisaient les mers éocènes de l'Europe.

Genres nouveaux (4). — J'ai fait connaître un certain nombre de genres nouveaux appartenant aux Acéphales, ce sont :

Adranaria, *Heligmopsis*, *Nayadina*, *Pernostrea*, *Dimyodon*, *Plesiopecten*,

(1) Voir liste bibl., n° 11.

(2) *Ibid.*, n° 43, et Fischer, Manuel de Conchyliologie, p. 1051 et suivantes.

(3) *Ibid.*, n° 37 et 38.

(4) *Ibid.*, n°s 2, 3, 4, 5, 16, 36, 66, 70.

Pachytypus, *Byssocardium*, *Pygocardia*, *Roudaireia*, *Anisocardia*, *Cælopis*, *Trigonopis*, *Cardiolaria*, *Condylocardia*; en collaboration avec M. de Raincourt; avec M. Vélain (1), *Lutetina*, *Turquetia*, *Rochefortia*, *Hochstetteria*.

VIII. GASTÉROPODES

J'ai décrit (2), soit seul, soit en collaboration avec M. Hébert ou avec M. de Raincourt, un certain nombre d'espèces nouvelles de Mollusques Gastéropodes provenant du Dévonien de Bretagne, des terrains crétacés du bassin d'Uchaux, de Tunisie et des terrains tertiaires de Biarritz et du bassin de Paris.

Genres nouveaux. — J'ai également fait connaître (3) les genres nouveaux suivants : *Horiostoma*, *Thecopsella*, *Bayania*, *Hantkenia*, *Cornetia*, *Briartia*, *Tournoueria*, *Cylindrellina*, *Rillya*.

Le genre *Horiostoma* joue un très grand rôle dans les terrains siluriens et dévoniens. Les *Bayania* avaient été confondus avec les *Melania* : ils remplacent dans l'Éocène les *Pseudomelania* des terrains jurassiques. Les *Cornetia* et les *Briartia* sont des formes d'estuaire caractéristiques du Montien de Belgique, que j'ai retrouvées dans le bassin de Paris. Le genre *Rillya* comprend des Gastéropodes éocènes terrestres, voisins des *Clausilia*, qui ont complètement disparu.

IX. CÉPHALOPODES

Décapodes : Ammonitidæ, Spirulidæ. — Dans une note à l'Académie des Sciences, j'ai montré, en 1873 (4), que le développement embryonnaire du phragmostracum des *Ammonitidés* était semblable à celui des *Spirula* et qu'il était, par contre, complètement différent de celui des *Nautilus*. Pendant la période embryonnaire, les Ammonites et les Spirules s'attachent aux parois internes de leur phragmostracum initial sphérique ou ellipsoïdal, au moyen d'un organe que j'ai désigné sous le nom de *prosiphon*.

J'ai donné, dans le « Manuel de Conchyliologie » de Fischer (5), le dessin d'une section de *Spirula Peroni* et celui d'une section de *Parkinsonia Parkinsoni*, qui montrent bien les relations embryonnaires qui existent entre ces deux

(1) Voir *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1895, p. LXX.

(2) Voir liste bibl., n^{os} 14, 16, 36.

(3) *Ibid.*, n^{os} 16, 18, 50, 54, 61, 78.

(4) *Ibid.*, n^o 12.

(5) *Ibid.*, n^o 45.

genres. Ces figures ont été reproduites dans la plupart des traités de paléontologie et de zoologie.

Ces faits m'ont conduit à admettre que les *Ammonoïdés* étaient des *Céphalopodes dibranchiaux*, très probablement décapodes, et non des *tétrabranchiaux*, comme on le croyait généralement.

Tryon (1), dans son Manuel de Conchyliologie, en 1879, a admis cette manière de voir et a placé les Ammonéens dans les Céphalopodes dibranchiaux.

En 1880, M. Douvillé (2), dans une note très importante sur la morphologie du genre *Morphoceras*, apporte, avec de nouveaux arguments, une belle confirmation de la théorie que j'avais émise sur la position des *Ammonitidés* parmi les Dibranchiaux.

Ainsi s'est trouvée détruite *cette hypothèse prématurée* qui avait été faite sur l'évolution des Céphalopodes *en excluant les Dibranchiaux des terrains primaires*.

En 1846, Alcide d'Orbigny, un de nos plus grands maîtres en Paléontologie, après avoir étudié 300 exemplaires d'*Ammonites (Reineckeia) anceps*, avait admis que les individus les plus grands et les plus renflés appartenaient à des femelles et que les formes à tours comprimés pouvaient être rapportées à des mâles. J'ai examiné et étudié avec soin les échantillons de la collection d'Alcide d'Orbigny, grâce à l'obligeance de M. le Professeur Albert Gaudry, et je suis arrivé à cette conclusion que d'Orbigny n'a pas eu à sa disposition d'individus adultes pouvant être rapportés soit à des mâles, soit à des femelles; d'un autre côté, les formes aplaties qu'il rapporte à des mâles appartiennent à une autre espèce; il n'a donc pas pu connaître les *véritables caractères du dimorphisme sexuel*.

Reineckeia anceps étant très polymorphe, le dimorphisme sexuel, dans cette espèce, est des plus difficiles à établir avec certitude.

En 1869, Waagen (3), en créant son genre *Ecotraustes*, repousse l'idée d'une différence sexuelle pour expliquer la grande affinité qui existe entre *Oppelia subradiata* et *Ecotraustes genicularis*.

Quenstedt (4), vers 1886, en décrivant son *Ammonites deltafalcatus*, fait la remarque suivante :

« Nous rencontrons donc encore ici le même fait que dans l'*Ammonites* » *opalinus*, où certaines formes présentent des oreillettes, que l'on ne rencontre » jamais chez d'autres, notamment chez les plus grandes. Ici, plus que partout » ailleurs, on pourrait songer à des différences sexuelles. »

Quenstedt est un des premiers qui ait vu juste.

(1) TRYON : Manual of Conchology, t. I, p. 13-14.

(2) DOUVILLÉ, *B. S. G. F.*, 3^e série, vol. VIII, 1880, p. 244 et 245.

(3) WAAGEN : Die Formenreihe des Amm. subradiatus. *Geogn. pal. Beitr. von Benecke*, vol. II, p. 236 (58).

(4) QUENSTEDT : Ammon. d. Schwäb. Jura, p. 559.

Enfin, M. Douvillé (1), dans son intéressante étude du genre *Morphoceras*, se demande si ce ne serait pas le cas d'appliquer la théorie de d'Orbigny et de considérer *Morphoceras pseudo-anceps* comme le mâle de *Morphoceras polymorphum*.

En 1892 (2), j'ai proposé une hypothèse pour démontrer l'existence d'un dimorphisme sexuel chez les Ammonitidés, hypothèse basée sur une série de caractères tirés : 1° du plus ou moins grand accroissement des tours de spire et de leur mode d'enroulement ; 2° de la forme du péristome ; 3° du degré d'évolution des cloisons ; 4° enfin, de l'association, dans une même couche, d'espèces que je considère comme présentant ce dimorphisme. Il est à peu près certain aujourd'hui qu'il existe des groupes d'Ammonites où le dimorphisme sexuel est nul ou presque nul, d'autres groupes, au contraire, où il est tellement accusé qu'il est difficile de réunir, avec certitude, les deux formes qui appartiennent à la même espèce, ces deux formes ayant été quelquefois placées dans des genres différents ; on sait du reste qu'il existe beaucoup de faits analogues dans d'autres groupes d'Invertébrés.

Dans les groupes d'Ammonites où la différenciation sexuelle est très grande, les mâles sont toujours plus petits et correspondent à des formes que j'ai désignées sous le nom de *formes statives* (3), par opposition aux *formes progressives* caractérisant les femelles. Dans les formes statives, il y a arrêt relatif dans l'accroissement des tours de spire et dans l'évolution des cloisons ; le dernier tour est souvent plus ou moins réfracté (groupe des Ammonites scaphitoïdes M.-Ch.), et le péristome est muni d'une apophyse jugale ou péricéphalique.

Dans les formes progressives, la taille des individus est toujours plus grande, les tours de spire sont plus nombreux, le péristome n'a pas de prolongement apophysaire, enfin, les cloisons atteignent leur maximum d'évolution.

J'ai signalé un certain nombre de genres qui, associés deux par deux dans les mêmes couches, correspondent très probablement aux deux formes sexuelles ; je rappellerai seulement quelques exemples, en désignant par A les mâles et B les femelles correspondantes :

A	B
<i>Æcotraustes</i>	= <i>Oppelia</i>
<i>Creniceras</i>	= <i>Neumayria</i>
<i>Horioceras</i>	= <i>Distichoceras</i>
<i>Normannites</i>	= <i>Cadomites</i>
<i>Costidiscus</i>	= <i>Macroscaphites</i>

(1) DOUVILLÉ : Note sur l'Ammonites pseudo-anceps. *B. S. G. F.*, 3^e série, t. VIII, p. 239.

(2) Voir liste bibl., n° 106.

(3) *Ibid.*, n° 130.

Au point de vue spécifique, on arrive aux groupements suivants que je prends comme exemple :

A	B
<i>Ecotraustes genicularis</i>	= <i>Oppelia subradiata</i>
<i>Ecotraustes stenorhynchus</i>	= <i>Oppelia Arolica</i>
<i>Horioceras Baugieri</i>	= <i>Distichoceras bipartitum</i>
<i>Cæloceras Sauzei</i>	= <i>Cæloceras polyschides</i>
<i>Cæloceras linguiferum</i>	= <i>Cæloceras Daubenyi</i>
<i>Costidiscus recticostatus</i>	= <i>Macroscaphites Yvani</i>

Dans certains genres, *Perisphinctes*, *Ludwigia*, *Parkinsonia*, le dimorphisme sexuel présente toujours des caractères très accentués.

Depuis la publication de ma note, M. Haug (1) a fait connaître un certain nombre de formes très intéressantes, dans lesquelles le dimorphisme sexuel est très net. M. Glangeaud (2) a publié récemment un travail où le dimorphisme sexuel se trouve également affirmé.

On voit par ces faits qu'on pourra un jour réduire le nombre des genres et des espèces et quels services le dimorphisme sexuel est appelé à rendre dans la délimitation des genres et dans le groupement des familles d'Ammonoïdés.

Décapodes à Phragmocone. — J'ai pu étudier, sur de nombreux et beaux matériaux, l'organisation interne des Décapodes crétacés et tertiaires qui ont un *rostre* muni d'un *phragmocone*. Ces Décapodes se relient par les *Belosepia* aux *Sepia*, qui n'ont plus qu'un rostre simple.

J'ai donné (3) à Paul Fischer les principaux résultats de mes observations avec des dessins originaux, qui ont été publiés dans son *Manuel de Conchyliologie*.

Les Décapodes qui ont un rostre calcaire doivent se diviser en trois groupes :

1° un groupe triasique et crétacé : *Belemnophoræ*.

2° un second groupe tertiaire : *Belophoræ*.

3° un groupe tertiaire et actuel : *Sepiophoræ*.

1° BELEMNOPHORÆ. — *Belemnitidæ*. — Les genres qui appartiennent à ce groupe proviennent tous des terrains secondaires ; leur phragmocone est caractérisé par une *loge initiale sphéroïdale*, semblable à celle des *Spirula*. Le siphon paraît s'appuyer sur la première cloison, sans la traverser. Dans les *Belemnites* à sillon médian, j'ai signalé (4) l'existence d'une lame calcaire différenciée, très mince et longitudinale.

(1) *Bull. Soc. Géol.*, 3^e s., t. XX, p. 299.

(2) *Bull. Soc. Géol.*, 3^e s., t. XXV, p. 99.

(3) Voir liste bibl., n° 45.

(4) MUNIER-CHALMAS in Deslongchamps : Le Jura Normand, 2^e livr., p. 36-37, Caen, 1878.

Je rappellerai que j'ai démontré que les « *Belemnites tertiaires* » qui ont été décrites et citées par plusieurs auteurs n'ont aucun rapport générique avec les vrais *Belemnites* ; ce sont des *Belopteridæ* à rostre allongé. Il n'existe aucun terme de passage entre les *Belemnitidæ* et les autres groupes.

II. BELOPHORÆ. — Ce groupe, qui se substitue, dans les mers tertiaires continentales, aux *Belemnitidæ* des mers secondaires, est représenté par des genres ayant un phragmocone dont la loge initiale n'est pas *sensiblement différenciée*. Les formes connues se répartissent dans les trois familles suivantes, dont j'ai fait connaître l'organisation générale : *Spirulirostridæ*, *Belopteridæ* et *Belosepiadæ*.

1. *Spirulirostridæ* M.-Ch. — Dans ce groupe miocène, le siphon est simple, et la trace des cloisons sur les parois du phragmocone donne des *cercles réguliers* ; un fait semblable s'observe dans les *Belemnitidæ*. Le seul genre connu est *Spirulirostra*.

2. *Belopteridæ* M.-Ch. — Dans les *Belopteridæ* les cloisons deviennent décurrentes, elles présentent des prolongements qui donnent naissance à un *phragmosiphon* (2).

Les principaux genres de cette famille sont : *Vasseuria* M.-Ch., *Bayanoteuthis* M.-Ch., *Belopterina* M.-Ch., *Beloptera* Blainv. Les *Bayanoteuthis* représentent les prétendues *Belemnites tertiaires*, notamment *Belemnites rugifer* Schloenb., de l'Éocène moyen de Roncà (Italie).

3. *Belosepiadæ*. — Dans les *Belosepia* le phragmocone est surbaissé et les cloisons sont très obliquement décurrentes ; le siphon, qui est très court, s'élargit beaucoup ; il se trouve, en réalité, constitué par un organe très modifié et très court, dont les parois auraient gagné en épaisseur ce qu'elles auraient perdu en longueur.

Au point de vue de l'évolution, il paraît très probable que les *Belopteridæ* et les *Belosepiadæ*, qui ont des caractères communs, doivent dériver d'une même forme pro-ancestrale, qui aurait également donné naissance aux *Sepiadæ* par un rameau latéral, dans lequel le phragmocone aurait disparu graduellement.

Genres nouveaux. — J'ai décrit (3) un certain nombre de genres d'Ammonites : *Cadomoceras*, *Horioceras*, *Creniceras*, *Distichoceras*, *Cadomites*, *Normannites*, et j'ai fait connaître également quelques espèces crétaées nouvelles en collaboration avec M. Hébert (4).

(1) Voir liste bibl., n° 45.

(2) J'ai désigné sous le nom de *phragmosiphon* les prolongements des cloisons qui enveloppent le siphon, comme dans les *Aturia* et dans certaines Clyménies.

(3) Voir liste bibl., n° 106.

(4) Voir liste bibl., n° 14.

X. ANNÉLIDES TUBICOLES

J'ai découvert (1), en 1897, dans des bancs de tourbe qui s'étaient déposés, à l'époque de la Pierre Polie, dans un marais situé près du Tréport (estuaire de la Bresle), un Serpulier d'eau douce nouveau, que j'ai désigné sous le nom *Potamoceroïdes Giardi*. C'est, je crois, le premier Annélide tubicole d'eau douce qui ait été indiqué. Malgré les recherches de M. Ferronnière, il n'a pas encore été retrouvé dans les marais actuels qui bordent l'Océan.

XI. ARTHROPODES

Bilobites. — A la suite de nombreuses observations sur les empreintes mécaniques laissées sur la vase de l'Adriatique et de l'Océan par les Crustacés et les Annélides en marche, j'émettais l'opinion, lors de la réunion du Congrès géologique international de 1878, dans une assemblée où se trouvaient présents MM. de Saporta, Hébert, Gaudry, de Lapparent, James Hall, Sterry Hunt, Nordenskjöld, etc., que *les Bilobites étaient, non des Algues, comme on le pensait alors, mais bien des empreintes mécaniques, tracées sur le fond des mers siluriennes par des Crustacés ou des Annélides en marche.* De Saporta, un de nos maîtres les plus éminents, soutenait de son côté, avec sa grande autorité, que les Bilobites étaient incontestablement des Algues. Dans son remarquable travail intitulé « Les organismes problématiques des anciennes mers », publié en 1884, il dit, page 65 :

« Deux systèmes se trouvent en présence : celui qui reconnaît dans les Bilobites des végétaux marins d'un ordre inférieur, révélant un type depuis longtemps disparu, c'est l'opinion que je partage avec M. Lebesconte, et en second lieu le système soutenu par M. Munier-Chalmas lors de la réunion du Congrès international de géologie en 1878, système considérant les Bilobites comme un contre-moulage en relief des traces laissées par des Vers, des Crustacés ou d'autres animaux ».

Les belles expériences que fit plus tard M. Nathorst confirmèrent complètement les idées que j'avais défendues.

Trilobites siluriens. — En collaboration avec M. Bergeron (2), j'ai décrit un genre nouveau silurien, *Asaphelina*, et fait connaître, sur des échantillons

(1) Voir liste bibl., n° 147.

(2) Voir liste bibl., n° 74.

qu'il avait recueillies, des espèces cambriennes : *Conocoryphe Rouayrouxi*, *C. Heberti*, *C. Levyi*, *Agnostus Sallesi*, puis, les formes ordoviciennes : *Asaphelina Barroisi*, *Megalaspis Filacovi*, *Calymene Filacovi*, *Agnostus Ferralsensis*.

Les *Conocoryphe* de la région de Ferrals, avec leurs nombreuses granulations thoraciques, et les *Paradoxides rugulosus* et *P. Barrandei*, avec leurs grands yeux, montrent que la faune cambrienne du Midi de la France avait la plus grande analogie avec celle d'Espagne et de Sardaigne. Il y avait donc, dans la région méditerranéenne, une mer qui s'étendait sur la France méridionale, sur l'Espagne et sur la Sardaigne, avec une faune assez différente de celle qui caractérisait les mêmes mers en Angleterre, en Suède et en Russie.

GÉOLOGIE

STRATIGRAPHIE GÉNÉRALE (1)

Nomenclature des terrains [en collaboration avec M. de Lapparent].

La nomenclature stratigraphique que nous avons proposée n'est pas le résultat de concessions mutuelles, elle est née d'idées qui nous étaient communes sur les principes qui doivent servir de base à une nomenclature rationnelle.

Les anciennes classifications étant par trop disparates et peu en harmonie avec les données scientifiques nouvelles, nous avons pensé qu'il était nécessaire d'entrer en collaboration et de réunir tous nos efforts pour établir une nomenclature qui, sans avoir la prétention d'être irréprochable, présenterait le plus d'homogénéité et de garantie possibles.

Cette nomenclature a été adoptée par les Services de la Carte géologique de France et des Topographies souterraines pour les nouvelles cartes au $\frac{1}{320.000}$ et au $\frac{1}{1.000.000}$ et par la majorité des géologues français.

Je dois ajouter que, grâce à l'influence du *Traité de Géologie* de M. de Lapparent, si universellement répandu, elle s'est vite fait connaître à l'étranger et qu'elle a déjà contribué, dans plusieurs pays, à modifier les classifications anciennement adoptées.

Les principes qui nous ont guidés sont les suivants :

- 1° Nous avons cherché à réduire les changements au minimum indispensable.
- 2° Pour les noms nouveaux, nous avons pris le parti d'éviter l'emploi des noms tirés de fossiles, comme *Paradoxidien*, *Ptérocérien*, *Virgulien*, qui offrent cet inconvénient, d'abord de n'avoir qu'une signification très locale, ensuite, de devenir contradictoires, si les progrès de la paléontologie amènent à *changer* les dénominations génériques ou spécifiques.
- 3° Autant que possible, nous nous sommes servis des noms de régions, ne nous écartant de cette règle que quand il eût fallu rompre avec des habitudes trop universellement répandues.
- 4° Nous nous sommes astreints à choisir toujours des *types marins*, sauf à proposer des *équivalences* pour certains types saumâtres ou continentaux, classiques.
- 5° Enfin, notre préoccupation a toujours été de choisir les types de telle

(1) Voir liste bibl., n° 116 et 119.

sorte que les limites, inférieure et supérieure, de chaque étage y fussent faciles à définir.

6° Partout où cela était possible, nous avons basé la définition de nos étages sur des considérations déduites de la répartition stratigraphique des Céphalopodes : *Goniatites* et *Ammonites*. Ce critérium est devenu d'une application facile pour la partie supérieure des terrains paléozoïques, ainsi que pour tout l'ensemble du groupe secondaire, mais, dans les terrains tertiaires, ces divisions ont été fondées sur les grands changements de faunes marines, mis en concordance avec les mouvements orogéniques correspondants, ainsi que sur l'évolution des Mammifères.

7° Nous avons également utilisé les données géologiques résultant de l'étude des régressions ou des transgressions marines.

Nous avons été ainsi amenés, tout en respectant le plus possible les noms déjà employés, à créer quelques termes nouveaux, savoir, pour les terrains paléozoïques : *Gothlandien*, *Moscovien*, *Westphalien*, *Ouralien*, *Penjabien* ; pour les terrains secondaires : *Emschérien*, *Aturien* ; pour les terrains tertiaires : *Ludien*, *Priabonien*, *Sannoisien*.

MASSIF CENTRAL

Trias de l'Ardèche. AGE DES ASSISES TRIASIQUES. — On admettait d'une manière courante, il y a seulement quelques années, que le Trias, qui se trouve en bordure le long du Massif Central, n'était représenté que par ses deux termes extrêmes, Grès bigarré et Keuper. Comme conclusion, on pensait que ces mêmes régions étaient restées *émergées* pendant le Trias moyen. Dans mon enseignement, j'ai combattu, avec opiniâtreté, cette manière de voir que je considérais comme tout à fait opposée aux faits que j'avais observés. En effet, on constate partout un passage insensible et une alternance entre les grès et les argiles. Il me paraissait de toute évidence que le faciès calcaire du Trias moyen devait être représenté par des grès, le long de la bordure granitique du Massif Central ; d'un autre côté, en partant d'idées théoriques basées sur la stratigraphie, j'avais également admis qu'à partir des Vosges jusqu'au Massif Central, les différents termes du Trias étaient en transgressivité et que les puissantes assises de grès, rapportées au Grès bigarré, appartenaient en réalité au Trias moyen ; le Trias inférieur, par suite de la régression des termes inférieurs, devait manquer.

Les découvertes qui ont été faites, par divers auteurs, soit aux environs de Mâcon, soit dans le Mont d'or Lyonnais, et par moi au Ravin d'Enfer, situé au sud de la montagne de Crussol, sont venues justifier cette manière de voir, car,

vers la partie inférieure des *prétendus Grès bigarrés*, j'ai trouvé une faune qui caractérise la partie supérieure du Trias moyen : *Myophoria Goldfussi*, *Myophoria* sp., *Cænothyris vulgaris*, etc. Cette faune est celle de la partie terminale du Trias moyen.

DÔME TRIASIQUE. — J'ai constaté, entre Châteaubourg et Privas, l'existence d'un pli (dôme) datant de la fin du Trias. En effet, entre les deux points que j'ai indiqués, les couches triasiques terminales ayant été émergées, la mer rhétienne a contourné le dôme qui venait de s'élever. Les différents termes du terrain jurassique sont alors venus s'appuyer en transgressivité sur le pli triasique jusqu'à l'Oxfordien, époque à laquelle le dôme a été entièrement recouvert par la mer. — Pour expliquer les changements de faune du Trias et de l'Infra-lias, il est nécessaire de concevoir l'existence de mouvements correspondant à la fin du Trias. Le dôme que je viens de décrire est, je crois, un des premiers exemples connus.

Jurassique de l'Ardèche. — J'ai étudié et tracé les contours (1) des terrains jurassiques qui se trouvent en bordure du Massif Central sur la feuille de Valence. Dans cette région, j'ai constaté la présence de nombreuses failles qui sont parallèles à la vallée du Rhône. Cette vallée, sur ce point, doit, en grande partie, son origine à l'abaissement successif des compartiments, limités par ces failles.

RHÉTIEN. — Le Rhétien est représenté, dans cette région, par des assises calcaires très fossilifères avec *Myophoria* et *Avicula contorta*. La découverte de cet étage m'a permis de délimiter, avec certitude, les couches du Trias supérieur.

HETTANGIEN. — L'Hettangien s'est avancé dans l'intérieur du Plateau Central jusqu'à Vernoux ; là il est représenté, à sa base, par des calcaires à *Psiloceras planorbis* et *P. Johnstoni* et, à sa partie supérieure, par des calcaires coralliens. La présence des polypiers dans l'Hettangien supérieur est à noter, elle indique la formation d'un golfe ayant des eaux tranquilles et peu profondes.

CALLOVIEN-OXFORDIEN (2). — Dans les environs de Châteaubourg, le Callovien supérieur n'est pas représenté ; en effet, les couches à *Cardioceras Lamberti* et l'Oxfordien inférieur manquent, ce sont les couches argoviennes à *Oppelia Arolica* qui reposent sur les assises calloviennes à *Reineckeia anceps*. Avec M. Hébert, j'ai trouvé un fait analogue dans le Jura, au Pontet, où les couches à *Cardioceras cordatum* sont directement superposées à la zone à *Reineckeia anceps*, qui repose, à son tour, directement sur le Bathonien supérieur.

(1) Voir liste bibl., n° 114 et page 17 (1898).

(2) Voir liste bibl., n° 140.

Oligocène de la Limagne. — 1° *Environs de Perrier.* — Dans une note (1) à l'Académie des Sciences, *en collaboration avec M. Michel-Lévy*, nous avons démontré que la base des terrains tertiaires d'Auvergne appartenait à l'Oligocène et correspondait, dans le bassin de Paris, à des assises sannoisiennes, qui ont la même faune : *Nystia plicata*, *Nystia Duchasteli*. Cette découverte importante (2) est devenue le point de départ de nombreuses études postérieures. Nous avons également émis l'idée, qui a été confirmée plus tard, que les mers lagunaires oligocènes du Massif Central communiquaient d'un côté avec le bassin de Paris, de l'autre avec la vallée du Rhône.

Les mers lagunaires oligocènes ont envahi le Massif Central par suite des grands mouvements orogéniques qui se sont fait sentir entre le Priabonien et le Sannoisien.

2° *Golfe d'Ébreuil.* — Des recherches entreprises *en collaboration avec M. de Launay* (3) aux environs d'Ébreuil, nous ont fait découvrir une faune nouvelle, qui nous a permis de fixer d'une manière générale l'âge des différentes assises oligocènes de l'Auvergne. Voici le résultat de nos recherches.

SANNOISIEN. — A l'époque oligocène, le golfe oligocène d'Ébreuil communiquait très facilement, vers le nord, avec les eaux saumâtres de la grande dépression de la Limagne.

Les dépôts sannoisiens les plus anciens du golfe d'Ébreuil sont représentés par des argiles, des sables, des grès et des arkoses rouges, jaunâtres, souvent bariolés et très irrégulièrement stratifiés, dans lesquels on ne connaît pas encore de fossiles.

Les premières assises fossilifères correspondent à des argiles rougeâtres, brunâtres, ressemblant à des produits de décalcification, et se relie intimement aux couches sous-jacentes. Elles contiennent *Cyrena convexa*, *Potamides arvernensis*, *Helix*. Ces couches passent, vers leur partie supérieure, aux bancs de grès et d'arkoses qui sont caractérisés par une faune saumâtre lagunaire : *Cerithium* aff. *margaritaceum*, *Cerithium* sp., *Potamides arvernensis*, *P. Lamarcki*, *Hydrobia*, *Cyrena convexa*.

Au-dessus de ces dernières assises se présente une alternance de bancs calcaires qui contiennent soit des *Cerithium plicatum*, soit des *Potamides Lamarcki*, soit des *Potamides Arvernensis*, ou bien des *Hydrobia* et des *Helix*. Nous signalerons aussi la présence de deux espèces nouvelles de Cérithes appartenant au groupe du *C. plicatum* (*Granuloabrum*).

STAMPIEN. — Le Stampien commencerait par des argiles et des marnes

(1) Voir liste bibl., n° 59 et 79.

(2) Les premiers points ont été trouvés par M. Michel Lévy.

(3) Voir liste bibl., n° 138.

feuilletées à *Cypris*, avec intercalation de petits bancs de grès. Sur certains points, il s'est formé, au milieu des argiles à *Cypris*, des lagunes d'évaporation où se déposait du gypse. Les couches qui surmontent ces dernières assises accusent une très grande activité vitale dans la lagune saumâtre; en effet, beaucoup de bancs sont formés uniquement de *Cypris*, d'autres, de *Chara destructa*.

Les assises stampiennes se relient à des couches que l'on considérerait comme appartenant à l'Aquitanien, mais qui, en réalité, appartiennent encore au Stampien, comme je l'ai indiqué. En général, les assises qui avaient été rapportées à l'Aquitanien sont représentées par des bancs calcaires, qui contiennent, par places, beaucoup d'*Hydrobia* sub-saumâtres, associées à des *Helix Ramondi* typiques; d'autres bancs renferment, comme dans la Limagne, de nombreux tubes de *Phryganes*, formés par la réunion de coquilles d'*Hydrobia*. Ces assises renferment une faune de Mammifères analogue à celle de Saint-Géran-le-Puy.

Ces observations viennent confirmer les idées qui ont déjà été émises par M. Michel-Lévy et par moi, à savoir :

1° qu'il n'existait pas, à la fin de l'Oligocène, comme on l'avait prétendu, de série de grands lacs indépendants, situés à des altitudes différentes, de manière à pouvoir déverser leurs eaux en cascades;

2° que les eaux de la mer oligocène du bassin de Paris communiquaient avec les grandes lagunes oligocènes du Massif Central.

Pliocène et Pléistocène de Perrier. — Pliocène MOYEN (ASTIEN) [*En collaboration avec M. Michel-Lévy*] (1). — Nous avons rapporté au Miocène supérieur les bancs de galets de quartz du plateau de Pardines, qui supportent une coulée de basalte que nous considérons comme appartenant au Pliocène inférieur.

Les cours d'eau du Pliocène moyen ont entamé ces basaltes et creusé dans les couches oligocènes de profondes vallées, dans lesquelles se sont déposés :

1° de nombreux galets qui appartiennent aux roches suivantes : basaltes porphyroïdes, basalte de Pardines, andésite, trachyte, phonolite ;

2° des graviers avec lits intercalés de projections ponceuses (cinérites), provenant de nombreuses éruptions volcaniques ; ils renferment la faune classique des Vertébrés décrite par Bravard : *Mastodon Arvernensis*, nombreux *Cervidæ*, etc.

Dans les lits de cinérite, nous avons découvert une flore qui était déjà connue dans le Cantal et contient : *Acer polymorpha*, *Fagus pliocenica*, *Bambusa Lugdunensis*. Nous avons constaté la présence d'une coulée de basalte intercalée entre les poudingues et les graviers.

(1) Voir liste bibl., n° 96.

PLIOCÈNE SUPÉRIEUR (SICILIEN). — Après les derniers dépôts astiens, il s'est produit, dans la colline de Perrier, une série de failles qui ont déterminé la formation de gradins et, sur certains points, la surélévation du Massif Central; il en est résulté un changement d'altitude, qui a permis aux glaciers de s'établir sur les flancs du Cantal et du Mont-Dore. A partir de ce moment, des blocs de roches volcaniques polis et striés, basalte, andésite, trachyte, obsidienne, ont été charriés depuis le Mont-Dore jusqu'aux portes d'Issoire et ensevelis au milieu d'une boue volcanique.

M. Julien est le premier qui ait démontré que les dépôts de Perrier, à *Elephas meridionalis*, étaient glaciaires.

Nous avons trouvé, dans une couche de sable intercalée au milieu des blocs glaciaires, des Vertébrés appartenant à *Elephas meridionalis*, *Guzella Julieni*, *Equus Stenonis*.

PLEISTOCÈNE. — Les cours d'eau de la période pléistocène ont creusé leurs lits dans les dépôts pliocènes et oligocènes. Dans la vallée de la Couze, les alluvions pléistocènes ont été recouvertes par la grande coulée volcanique du Tartaret.

Il résulte de ces observations que, dans les environs de Perrier, trois séries de vallées s'étaient creusées successivement : 1^o vallées du Pliocène moyen, 2^o vallées du Pliocène supérieur, 3^o vallées pléistocènes.

BASSIN DE PARIS

Jurassique. — 1^o *Normandie.* — J'ai fait connaître dans deux notes (1) les principales zones de Céphalopodes qui se répartissent dans les étages Toarcien, Bajocien et Bathonien de Normandie, complétant ainsi, dans une certaine mesure, les importants et classiques travaux qu'Eug. Deslongchamps a faits sur cette région.

Mes études stratigraphiques antérieures à 1890 ont démontré l'existence de nouvelles zones d'Ammonitidés toarciennes et bajociennes, qui se retrouvent dans le même ordre de superposition, en Souabe et en Angleterre.

Vers la fin du Lias moyen, il s'est produit, en Normandie, une transgression rapide de la mer; par suite de ce changement brusque, les eaux, qui envahissaient l'ancien continent formé de terrains primaires, ont arasé la plus grande partie des obstacles qui s'opposaient à leur marche. Il en est résulté la formation du plateau bien connu, sur lequel se sont déposés les terrains jurassiques.

Les mouvements du sol, qui s'étaient accentués à la fin du Charmouthien

(1) Voir liste bibl., n^{os} 94 et 104.

et qui s'étaient continués avec plus ou moins d'intensité jusque vers le milieu du Bajocien supérieur, ont amené, à différentes reprises, la transgression ou la régression de la mer, et déterminé l'indépendance relative ou complète des différents horizons qui constituent le Toarcién et la presque totalité du Bajocien.

Le changement successif des lignes de rivage, résultant de ces oscillations, a amené, par suite du déplacement des actions littorales et côtières, la destruction partielle ou presque totale de certains horizons, dont on ne retrouve plus que des lambeaux isolés aux environs de Caen.

TOARCIEN. — J'ai donné la succession complète des assises toarciennes et fait connaître trois zones nouvelles pour les environs de May :

1^o Zone à *Harpoceras fallaciosum* ; 2^o zone à *Dumortieria Levesquei* ; 3^o zone à *Harpoceras opalinum*.

BAJOCIEN. — 1^o L'extension considérable des couches à *Ludwigia Murchisonæ* (Sow.) indique une remarquable transgression de la mer bajocienne, dès son début. Les différentes assises à *Lud. Murchisonæ* peuvent se diviser en trois zones :

A. — La zone inférieure est caractérisée par la forme typique de *Ludw. Murchisonæ* (Sow.) : on y rencontre aussi d'autres variétés appartenant au *Ludw. Murchisonæ* var. *Haugi* Douv.

B. — La zone moyenne renferme de nombreuses variétés à tours plats de *Ludw. Murchisonæ*, associées plus rarement à la forme typique.

J'ai trouvé dans cet horizon le genre *Erycites* Gemm., qui était, jusqu'à présent, considéré comme propre à la région méditerranéenne. Les Ammonites de ce groupe prennent un très grand développement dans le Bajocien de la Sicile et des Alpes Vénitiennes.

Au-dessus se présentent les couches à *Ludwigia quinquescripta*, que j'ai découvertes dans une carrière de May. Elles renferment de nombreuses formes de *Ludwigia*, qui dérivent de *L. Murchisonæ* : *L. quinquescripta* Buckm., *L. cornu* Buckm., *L. aperta* Buckm., *L. decipiens* Buckm., *L. rudis* Buckm. Les genres *Sonninia* et *Zurcheria* sont également représentés.

Il y a eu, même après le dépôt des couches à *Ludwigia quinquescripta*, une émergence qui a duré pendant que, dans une localité voisine, se déposaient les deux zones à *Ludwigia concava* et *Hyperlioceras Walkeri*, découvertes par M. Brasil.

La mer, en revenant, a démantelé et raviné la partie supérieure des couches à *Ludwigia quinquescripta* et déposé les assises à *Witchellia læviuscula*.

Les autres assises que j'ai étudiées avec détail étaient déjà connues.

BATHONIEN. — Dans la petite falaise de Lion-sur-Mer on voit que le Bathonien supérieur présente un banc dur, perforé, dont la surface est couverte d'*Ostrea* largement fixées. C'est une ancienne plage sublittorale.

Au-dessus se présentent des argiles et des calcaires marneux, qui avaient été considérés comme appartenant au Callovien supérieur. J'ai démontré que ces assises représentaient le Bathonien terminal (Cornbrash). Leur faune ne laisse aucun doute à ce sujet ; j'ai trouvé : 1° à la base, des argiles ou des marnes à *Rhynchonella major*, *Terebratula intermedia*, *Zeilleria obovata*, *Eudesia cardium* ; — 2° vers la partie moyenne, des calcaires marneux à *Homomya gibbosa*, *Perisphinctes procerus* et une espèce d'Ammonite presque identique à *Am. Hochstetteri* Oppel, du Cornbrash d'Angleterre ; — 3° des bancs de calcaire marneux assez dur avec *Avicula echinata*, *Zeilleria obovata*, *Eudesia cardium*.

CALLOVIEN. — J'ai fait connaître en détail la constitution du Callovien supérieur des falaises de Dives, qui se termine par les assises à *Cardioceras Lamberti*.

OXFORDIEN. — En Normandie, on observe un changement presque radical dans la faune des assises qui viennent au-dessus du Callovien ; elles renferment *Cardioceras cordatum* (Sow.). C'est le début de l'Oxfordien, tel que d'Orbigny en a tracé la limite.

En Russie, MM. Nikitin et Lahusen, dans leurs intéressantes recherches sur le Callovien des gouvernements de Jaroslaw, de Moscou, de Kostroma et de Rjasan, sont arrivés aux mêmes résultats.

1° Dans les falaises de Villers, l'Oxfordien commence avec des marnes brunes, qui supportent des calcaires argileux à oolithes ferrugineuses, contenant : *Cardioceras cordatum* Sow., *Card. vertebrale* Sow., *Card. n. sp.*, *Card. Goliathus* d'Orb., *Peltoceras Arduennense* d'Orb., *P. Eugenii* Rasp., *P. Constantii* d'Orb., *Perisphinctes* du groupe du *P. Martelli* Opp., *Aspidoceras n. sp.*

2° Ces couches sont surmontées par des argiles, des grès argileux et des calcaires à oolithes ferrugineuses, avec *Trigonia Woodwardi* Lycett.

3° A ces dernières assises succèdent des calcaires argileux oolithiques, caractérisés par *Aspidoceras faustum*, *Cardioceras sp.*

4° Les calcaires oolithiques, qui sont superposés aux couches à *Asp. faustum*, contiennent de très beaux exemplaires du *Perisphinctes Martelli* Opp.

C'est dans cet horizon que se sont développés les bancs coralligènes des environs de Villers-sur-Mer.

2° **Oxfordien des Ardennes.** — L'Oxfordien inférieur présente à Neuvizy des bancs à *Cardioceras cordatum*, avec minerai de fer oolithique. J'ai constaté que plusieurs de ces bancs avaient une tendance à devenir coralliens. On y trouve, en effet, avec de nombreux *polypiers*, des Invertébrés qui habitaient en général les régions avoisinant les récifs coralliens : *Purpuroidea*, *Nerinea*, *Corbis*, *Millericrinus*, *Pentacrinus*, etc.

Un peu plus haut, on rencontre, dans la partie supérieure des couches à *Cardioceras cordatum*, quelques assises coralliennes à *Diceras*.

Au-dessus, on observe des bancs coralligènes typiques, qui avaient été considérés par tous les géologues sans exception *comme appartenant au Rauracien*. J'ai, dans mes recherches, démontré que ces couches faisaient encore partie de l'Oxfordien, puisqu'elles sont recouvertes par des bancs qui renferment des *Perisphinctes Martelli*.

Les excursions que j'ai faites ensuite, en collaboration avec M. de Gros-souvre, ont confirmé cette manière de voir. En dernier lieu, M. de Lap-parent m'a également remis, des mêmes régions, un superbe exemplaire de *Perisphinctes Martelli*, trouvé au milieu du banc coralligène le plus typique.

3° *Portlandien du Boulonnais*. — Le Portlandien du Boulonnais a été étudié par plusieurs auteurs, notamment par M. Pellat, puis par moi. Voici les principaux résultats de mes observations :

J'ai constaté (1) que les trois divisions portlandiennes, à partir du Portlandien inférieur, étaient en regressivité les unes par rapport aux autres. A l'époque où se déposait le Portlandien supérieur, il existait donc, sur le pourtour du bassin, une zone périphérique formée par les couches émergées du Portlandien inférieur et moyen. Les fleuves qui descendaient du nord, en traversant les régions paléozoïques et les régions secondaires, pouvaient facilement entraîner, jusqu'à leur embouchure, des galets provenant des assises dans lesquelles ces cours d'eau avaient creusé leur lit ; ainsi s'explique la présence de galets provenant du Portlandien inférieur et moyen.

Les faits nouveaux que j'ai observés sont surtout relatifs aux anciennes plages et aux estuaires portlandiens. Avant d'entrer dans le détail, je dois rappeler la succession des assises terminales du Portlandien supérieur, à partir des couches à *Trigonia Damoniana*.

- | | |
|---|---|
| 1° banc à <i>Trigonia Damoniana</i> ; | 4° banc supérieur à <i>Trigonia gibbosa</i> ; |
| 2° banc inférieur à <i>Trigonia gibbosa</i> ; | 5° banc à <i>Trigonia Edmundi</i> ; |
| 3° banc moyen à <i>Trigonia gibbosa</i> ; | 6° banc à <i>Anisocardia socialis</i> . |

PLAGE LITTORALE. — Après le dépôt du second banc à *Trigonia gibbosa*, il s'est formé une plage que j'ai pu suivre depuis Wimereux jusqu'au sud de Boulogne. Les grès tendres y sont démantelés, leur surface est corrodée, percée par des *Lithodomes portlandiens* et recouverte de Serpules et de petites Huitres : *O. bruntutana*. Quelques plaques de grès, atteignant

(1) MUNIER-CHALMAS : Les assises supérieures du terrain jurassique du Boulonnais. *Comptes-Rendus Ac. Sc.*, 19 juin 1899. Voir liste bibl., n° 143.

1^m à 1^m 50 de long, sont perforées sur leurs deux faces, ce qui prouve qu'elles ont été retournées par les vagues, sous l'influence de la marée. La mer portlandienne du Boulonnais paraît donc avoir été sujette à de grandes marées.

ESTUAIRES. — Les fleuves dont j'ai parlé plus haut ont manifesté leur existence dès le Portlandien inférieur. En effet, les grès de la Crèche, à *Trigonia Pellati* M.-Ch., renferment des galets, provenant des régions anciennes et des régions jurassiques déjà émergées ; les argiles noires superposées à ces grès, par leur richesse en *Cyrena rugosa* et en débris végétaux, accusent l'intervention des eaux d'estuaire.

Avec le dépôt du troisième banc à *Trig. gibbosa* s'accroît le régime des estuaires, accusé par un ravinement susceptible d'atteindre les couches à *Trig. Damoniana*. Le fleuve qui s'est alors formé avait deux estuaires : 1^o celui de la Pointe-aux-Oies ; 2^o celui de la Rochette. Les couches qui se sont déposées dans ces estuaires sont en discordance sur les assises portlandiennes plus anciennes, par suite de ravinement. Elles avaient été prises pour des couches crétacées.

Estuaire de la Pointe-aux-Oies. — Dans cet estuaire, comme dans le second, on trouve, à la base des dépôts, un cordon de galets formés de roches primaires et secondaires. Ce cordon a été raviné lui-même postérieurement et recouvert par des argiles et des sables, contenant également des galets et renfermant une prodigieuse quantité de troncs de Conifères et de Cycadées.

Ces bois charriés sont enchevêtrés les uns dans les autres comme ceux qui sont transportés par des courants boueux. Ils forment des lits de lignites très irréguliers comme épaisseur. Les bois, dans la région de l'estuaire, ne présentent jamais de trous de *Pholadidæ* ; mais, une fois arrivés dans la mer, ils sont criblés de perforations de *Xylopholas Davidsoni*. Les argiles qui les accompagnent contiennent beaucoup de *Cyrena Pellati*, *Cy. Tombecki*, *Cy. rugosa*. Ces espèces d'estuaire sont accompagnées de la faune typique des couches supérieures, à *Trigonia gibbosa*.

Après le dépôt de cette assise, l'estuaire disparaît, la mer reprend possession de son domaine et vient recouvrir directement les couches d'estuaire en déposant les assises à *Trigonia Edmundi*.

Estuaire de la Rochette. — Il m'a été très difficile d'aborder les différentes couches qui se sont déposées dans cet estuaire, car elles n'apparaissent souvent que vers le haut des falaises, qui sont verticales. J'ai été obligé de faire ouvrir de grandes tranchées pour faciliter mes recherches.

Le fleuve avait, sur ce point, après le dépôt des bancs moyens à *Tri-*

gonia gibbosa, creusé un lit profond atteignant les couches à *Trigonia Damoniana*.

A la base des assises d'estuaire, on remarque un énorme développement des poudingues de base, capable d'atteindre une épaisseur de 3^m; ils sont divisés en lits obliques, dont quelques-uns rejoignent latéralement les argiles. Ces conglomérats, déjà décrits par M. Parent, ont emprunté leurs galets à toutes les roches de la région. On y trouve des galets du Portlandien inférieur et du Portlandien moyen. Sur les galets de base se sont déposées les argiles à *Trigonia gibbosa*. Elles sont surmontées par d'autres argiles, remplies par places de *Trigonia Edmundi*, qui sont associées à *Cyrena Tombecki*, *C. rugosa*, etc. Ces dernières argiles supportent, à leur tour, d'autres argiles à *Anisocardia socialis*, qui appartiennent au Portlandien terminal.

Il m'a fallu poursuivre mes recherches pendant deux ans, pour rencontrer les bancs fossilifères, qui m'ont permis, au milieu de ces dépôts argileux, obliques et peu réguliers, d'établir l'âge nettement portlandien de ces formations d'estuaires, contrairement à l'opinion des géologues qui avaient attribué ces couches au Crétacé, en méconnaissant leur origine.

Crétacé. — TURONIEN. — Hébert considérait, avec juste raison, les couches à *Belemnitella plena* comme représentant la base du Turonien, mais il avait contre lui l'opinion de tous les géologues qui plaçaient cette assise dans le Cénomaniens. En 1886, j'ai relevé à Tournai une coupe très intéressante, qui a été ensuite publiée par Hébert; elle a donné l'explication de cette contradiction.

Il existe au-dessus du Calcaire carbonifère, dans les assises crétacées, deux cordons de nodules riches en fossiles phosphatés; ces deux cordons sont directement superposés; dans le cordon inférieur, j'ai recueilli une faune entièrement cénomaniens : *Ammonites varians*, *Codiopsis doma*, etc.; dans le second, une faune turonienne typique, savoir : *Belemnitella plena*, *Ammonites peramplus*, *Rhynchonella Cuvieri*, *Echinoconus subrotundus*.

Comme ces deux couches n'avaient pas été distinguées, les fossiles recueillis par les géologues, ou le plus souvent achetés aux ouvriers, provenaient du mélange des deux zones.

L'opinion d'Hébert se trouvait ainsi établie sur des bases indiscutables.

SÉNONIEN. — En étudiant (1) les couches sénoniennes qui forment le dôme de la Mauldre, j'ai découvert une faune qui contient : *Micraster glyphus*, *Offaster corculum*, *Spondylus spinosus*, *Pecten cretosus*.

Cette faune correspond rigoureusement à celle de la zone à *Belemnitella quadrata* des environs de Reims, d'Épernay, etc. L'absence complète de *Belem-*

(1) Voir liste bibl., n° 103.

nitella quadrata avait conduit les géologues à rapporter ces assises crayeuses aux couches à *Micraster coranginum*. L'absence de ce Céphalopode, dans cette région, tient à ce que les courants marins qui venaient de l'Aquitaine amenaient, sur leur passage, une légère surélévation dans la température des eaux. Les eaux marines, dans ces conditions, ne se trouvaient plus propices au développement de ces formes boréales.

Des études stratigraphiques, faites dans la même région, m'ont encore conduit à penser que le dôme de la Mauldre avait déjà manifesté son existence à l'époque où se déposait la craie de Meudon à *Belemnitella mucronata*.

MONTIEN. — On avait groupé sous le nom de *Calcaire pisolithique* des assises très disparates, au point de vue pétrographique, mais présentant entre elles des affinités paléontologiques indiscutables. Leurs rapports stratigraphiques, avec les couches crétacées terminales ou avec les assises de base de l'Éocène, n'avaient pu être fixés exactement.

Le nom de « Calcaire pisolithique » est *des plus mauvais* ; en effet, les études microscopiques que j'ai faites montrent que des Algues calcaires, appartenant au genre *Lithothamnium*, avaient été prises pour de simples *concrétions calcaires*, de là le nom de Calcaire pisolithique.

Dans des couches de marnes blanches, qui correspondent à un faciès d'altération, j'ai découvert (1) des calcaires contenant, aux Moulineaux, près de Meudon, une faune laguno-marine et une faune d'estuaire, qui m'ont permis de démontrer que le prétendu Calcaire pisolithique était synchronique de l'étage *Montien*, créé par les géologues belges pour le *Calcaire de Mons*.

Les assises montiennes, dont la superposition aux couches daniennes ne peut être déduite que des études paléontologiques, conservent encore de très grandes affinités avec le Crétacé ; mais elles ont également quelques rapports incontestables de faune avec le Tertiaire.

Dans le bassin de Paris, le Montien présente deux grandes subdivisions :

1^o La subdivision inférieure, qui est représentée surtout par les calcaires à *Lithothamnium* de Vigny et de la Falaise, est encore caractérisée par des formes sénoniennes et daniennes :

Pecten subgranulatus Münst.

Nautilus Danicus Schloth. sp.

Janira quadricostata d'Orb.

— *Bellerophon* Johnstrup;

Lima tecta Goldf.

mais les *Ananchytes*, les *Temnocidaris* et beaucoup d'autres genres crétacés ont déjà disparu.

Les principales espèces communes avec la division supérieure, c'est-à-dire avec le Calcaire de Mons, sont :

(1) Voir liste bibl., n^o 129.

Corbis sublamellosa d'Orb.
— *mutilamellosa* d'Orb.
Mitra Dewalquei Briart
Pseudoliva robusta Briart

Cidaris Tombecki Desor
— *distincta* Sorignet
Goniopygus minor Sorignet.

2° Les assises supérieures du Montien renferment, en Belgique, une faune de Gastropodes, que Briart et Cornet ont fait connaître avec beaucoup de soin, dans leurs intéressants et remarquables travaux.

Cette division comprend, à la base, les calcaires à Foraminifères de Meudon, avec *Turritella Montensis* Briart, et, à la partie supérieure, les Marnes blanches (faciès d'altération) à *Cerithium inopinatum* Deshayes, dans lesquelles j'ai retrouvé la faune de Mons la plus typique :

1° Espèces marines : *Ampullina Lavellei* Briart, *Turritella Montensis* Briart, *Triton sublæve* Briart, *Cerithium* aff. *unisuclatum* Lamk., puis des Algues calcaires marines (Siphonées verticillées), appartenant aux genres : *Uteria*, *Polytrypa*, *Larvaria*, *Acicularia* ;

2° Espèces d'estuaires : *Cornetia Modunensis* M.-Ch., *Briartia Velaini* M.-Ch., *Melanopsis Briarti* M.-Ch., *Cerithium inopinatum* Deshayes, *Cerithium Lehardyi* Briart.

Il résulte de mes études paléontologiques et stratigraphiques que le *Montien* doit être considéré comme un étage indépendant, représentant le dernier terme des terrains crétacés ; dans les conditions de position stratigraphique où il se trouve, il est facile de comprendre qu'il puisse avoir également des affinités paléontologiques avec les terrains tertiaires et avec les terrains crétacés. Il doit être directement superposé au Danien.

A partir du Danien, jusqu'au Montien supérieur, la profondeur des mers continentales du Danemark, de la Belgique et du bassin de Paris va en diminuant ; on a en effet :

1° Pour les calcaires daniens de Faxö — une plus grande profondeur (zone du corail rouge) ;

2° Pour le Montien inférieur — une profondeur un peu moindre (zone des Lithothamnium) ;

3° Enfin, pour le Montien supérieur — la plus faible profondeur (zone des Siphonées verticillées).

D'après cette manière de voir, les premiers dépôts tertiaires commencent avec la grande transgression du Nord ; on sait, en effet, que les couches thanétiennes, à faune partiellement boréale, peuvent être en transgressivité sur les différents termes du terrain crétacé, y compris le Montien.

Altération des calcaires montiens. — Au dessus du calcaire montien, il existe, aux Moulineaux, des couches qui avaient été souvent désignées sous le

nom de Marnes blanches de Meudon ; elles avaient été considérées comme indépendantes du Calcaire montien et comme appartenant au Tertiaire. J'ai démontré qu'elles étaient le résultat d'une altération de calcaires analogues à ceux qui sont au-dessous.

Dans ces couches, j'ai constaté la présence de deux cordons de blocs calcaires *fossilifères*, corrodés et noyés au milieu de marnes blanches, de calcaire lourd, blanc, dur, pulvérulent et semi-cristallin. Ces marnes et ces calcaires sont, sans aucun doute possible, le produit d'altération et de destruction de bancs calcaires fossilifères moins résistants.

Le cordon inférieur renferme les formes typiques du calcaire de Mons, savoir :

Ampullina Lavellei Briart

Turritella Montensis Briart

Triton sublaeve Briart

Cerithium unisulcatum Lamk.

Le cordon supérieur est formé en grande partie de calcaire dur à Miliolites ; il contient des empreintes d'un grand Cérithé, très voisin du *Campanile nerineale* Briart, de *Trochus*, de *Tellina* et de *Cardita*, etc.

Je rappellerai que, dans une excursion faite avec M. de Lapparent, nous avons pu constater très nettement que le Calcaire Montien se chargeait de taches blanches irrégulières et passait insensiblement aux Marnes blanches.

***Terrains Tertiaires. Stratigraphie* (1).**

Éocène. — THANÉTIEN. — J'ai fait remarquer que le Thanétien devait représenter le début des temps tertiaires et que le Montien était le dernier terme des terrains créacés. La succession des sables thanétiens est la suivante :

1° Grès et sables de Carvin (P.-de-C.) à *Cyprina Morrissi*, correspondant sensiblement au système Heersien de Dumont.

2° Tuffeau de La Fère (Aisne), sables de Bracheux (Oise) et sables de Thanet (Angleterre), à *Cyprina scutellaria*. Cet horizon représente le Landénien inférieur de Dumont.

3° Sables de Jonchery (Aisne), à *Cyprina lunulata*.

4° Calcaires et marnes de Rilly à *Rillya Rillyensis*, *Megalomastoma Arnouldi* et calcaire de Sézanne à *Cyathea debilis*, *Alsophyla Pomeli*, *Vitis Sezannensis*.

J'ai trouvé dans les calcaires de Sézanne une flore et une faune qui indiquent un climat tropical : *Platycaria*, *Trigonodera*, *Megaspira*, etc. Il y a donc contraste absolu entre la faune et la flore terrestres, qui sont tropicales, et la faune marine, qui est en grande partie boréale. En effet, on y trouve en abon-

(1) Une partie des observations stratigraphiques concernant les différents étages tertiaires du bassin de Paris se trouve reportée au chapitre relatif à la tectonique.

dance *Cyprina scutellaria*, l'ancêtre des *Cyprina arctica* des régions boréales actuelles. En remontant vers le nord, c'est-à-dire en allant en Belgique, on voit les *Astartes boréales* se développer de plus en plus.

SPARNACIEN. — Le manque d'affleurements et de coupes a toujours rendu l'étude stratigraphique du Sparnacien très difficile. On a considéré longtemps cet étage comme ne renfermant que des couches d'eau douce ou saumâtre. Cette erreur tenait à ce que les paléontologistes pensaient que les *Cyrena cuneiformis* et les *Melania inquinata* avaient vécu dans les eaux complètement dessalées. Il n'en est rien, on y rencontre souvent des faunes marines, laguno-marines et saumâtres.

Dans la tranchée du chemin de fer de Basoches, j'ai trouvé une succession complète du Sparnacien :

1^o Argiles, sables et lignites du Sparnacien inférieur, avec faune laguno-marine et laguno-saumâtre.

2^o Sables avec alternances de bancs d'argiles et de couches ligniteuses, appartenant à l'horizon de Sinceny. Je signalerai, à ce niveau, la présence d'une couche d'argile sableuse noire et ligniteuse, remplie de *Cyrena cuneiformis* et de *Cerithium variable*. L'abondance des Cyrènes masque les caractères franchement marins de la couche, dans laquelle j'ai trouvé les genres : *Spondylus*, *Pecten*, *Voluta*, *Ostrea* ; elle a dû se déposer dans des eaux relativement assez profondes. Les *Cyrena* ont été entraînées et mélangées mécaniquement par des courants d'estuaires.

Au-dessus de ces assises, j'ai rencontré des couches contenant une faune nouvelle pour le bassin de Paris : ce sont des sables grossiers analogues au tuffeau. Ils contiennent, avec de nombreux Spongiaires, qui ont fourni la silice soluble de la roche, de nombreux Mollusques : *Voluta*, *Fusus*, *Cassidaria*, puis des Crustacés : *Xanthopsis Janneli* M.-Ch. et des Échinides : *Linthia Janneli* M.-Ch.

Ces couches supérieures représentent exactement le *London-clay* d'Angleterre.

YPRÉSIEN. — Les limites respectives de l'Yprésien et du Sparnacien avaient été méconnues. On a souvent attribué à l'Yprésien des couches sableuses qui correspondent au tuffeau sparnacien de Mont-Notre-Dame. J'ai pris comme limite inférieure de l'étage yprésien le niveau où les *Nerita Schmiedeliana* et les *Nummulites planulata* apparaissent pour la première fois dans le bassin de Paris. J'ai ensuite fait connaître les principales divisions de l'Yprésien, savoir : 1^o horizon d'Aizy ; 2^o horizon de Pierrefonds ; 3^o horizon de Cuise-la-Motte ; 4^o horizon d'Hérouval.

LUTÉTIEN. — Je n'ai pas encore publié mes observations relatives au Lutétien, je ferai seulement remarquer que j'ai trouvé, près de Montagny,

une faune laguno-marine qui a une grande affinité avec celle du Bartonien inférieur : *Cytherea rustica*, *Dentalium grande*, *Corbula Gallica*, etc.

BARTONIEN. — J'ai fait, au moyen de tranchées, de nombreuses recherches dans les couches bartoniennes et j'ai indiqué plusieurs divisions stratigraphiques nouvelles.

J'ai divisé les assises bartoniennes en trois groupes :

I. Bartonien inférieur ;

II. Bartonien moyen ;

III. Bartonien supérieur.

I. *Bartonien inférieur*. — Le Bartonien inférieur correspond aux Sables de Beauchamp (moins l'horizon de Mortefontaine) ; ils renferment les principales zones suivantes :

1^o Zone d'Auvers (faciès de charriage), avec *Fusus scalaris*, *Turritella sulcifera*, *Voluta digitalina* et nombreux *Campanile* et *Voluta* ;

2^o Zone du Guépelle, etc., où dominent *Dentalium grande*, *Lampania Bouei*, *Turritella Heberti*, *Cytherea lævigata*, *Corbula Gallica* ;

3^o Zone d'Ermenonville, avec prédominance des *Potamides mixtus*, *Cerithium mutabile*, etc. ;

4^o Zone de Beauchamp (type des sables de Beauchamp), avec nombreux *Cerithium mutabile*, *Cer. tuberculosum*, *Lampania Bouei*, *Cyrena deperdita* ;

5^o Zone d'Ézanville, où les *Potamides perditus*, *Pot. scalaroides* prennent leur maximum de développement.

J'ai trouvé, dans la zone d'Auvers, des *Ostrea* appartenant à deux formes qui indiquent des conditions bathymétriques bien différentes : une forme dressée, habitant au-dessous des plus basses marées ; une forme plate, se fixant par une large base. Les individus appartenant à cette dernière faune ne prenaient cette disposition que sous l'influence des marées quotidiennes. On peut donc affirmer que, dans la mer bartonienne, il y avait des marées de plusieurs mètres de hauteur.

Faciès laguno-lacustre. — Près de Nogent-l'Artaud, à la limite de la zone des lagunes saumâtres et des lagunes lacustres, on voit alterner des couches calcaires à faune laguno-saumâtre avec des bancs calcaires laguno-lacustres contenant de nombreux *Limnea arenularia* et *Planorbis goniobasis*. Les bancs laguno-lacustres avaient été confondus avec le Calcaire de Saint-Ouen.

Le premier de ces bancs (calcaire de Luzancy) est compris entre l'horizon marin du Guépelle et la zone d'Ermenonville. Le second (calcaire de Nogent-l'Artaud) se présente au-dessus des couches à *Potamidopsis mixtus* ; il correspond à la zone de Beauchamp.

II. *Bartonien moyen*. — Le Bartonien moyen comprend : 1^o Les Calcaires de Ducy, 2^o les Sables de Mortefontaine, 3^o le Calcaire de Saint-Ouen.

1^o Les Calcaires de Ducy sont tantôt laguno-lacustres et contiennent alors

Limnea arenularia et *Planorbis goniobasis*, avec de nombreux Foraminifères appartenant au genre *Rotalia*. L'influence des eaux salées se faisait donc encore sentir. D'autres fois, ils se sont déposés dans des lagunes d'évaporation et contiennent du gypse. A Montagny, où le Calcaire de Ducy est laguno-saumâtre, ils présentent de petits lits sableux intercalés, ayant la faune des couches de Mortefontaine : *Fusus subcarinatus*, *Cerithium* aff. *tricarinatum* (Invasion marine).

2° Sables de Mortefontaine. C'est un horizon laguno-marin classique, sur lequel je n'ai rien à dire ici.

3° Calcaire de St-Ouen. Cette division, que l'on considérait, avant mes travaux, comme étant entièrement lacustre, est formée par une alternance : 1° de bancs laguno-lacustres avec *Limnea longiscata*, *Planorbis goniobasis*, 2° de couches lagunaires avec *Rotalia* et *Hydrobies saumâtres*, 3° de couches de gypse, de couches de magnésite. Ce minéral s'est toujours formé dans le voisinage des lagunes d'évaporation et se rencontre jusque dans les calcaires ludiens de Champigny.

En 1896 (1), j'ai trouvé à Montagny une faune marine intercalée au milieu du Calcaire de Saint-Ouen. J'ai désigné cet horizon sous le nom de Sables de Montagny. La faune en est assez riche, on y trouve : *Potamidopsis arenularius*, *Bayania Sulpiciensis*, *Lucina saxorum*, *Fusus minax*, etc.

III. *Bartonien supérieur*.—Les Sables de Cresnes avaient été considérés comme étant rigoureusement synchroniques du Bartonien inférieur (Sables de Beauchamp). J'ai démontré qu'ils étaient supérieurs au Calcaire de St-Ouen. La faune de cet horizon est celle qui se rapproche le plus de la faune de Barton : *Voluta ambigua*, *V. athleta*, *Natica ambulacrum*, etc. Les Sables de Cresnes présentent, vers leur partie terminale, les couches calcaires laguno-lacustres du Bois du Mulot; elles contiennent une faune semblable à celle des Calcaires de Saint-Ouen : *Limnea longiscata*, *Planorbis goniobasis*, etc.

LUDIEN.—Après le dépôt des calcaires lacustres du Bois du Mulot (Bartonien terminal), dans les environs de Mont-Javoult, au Vouast, les couches bartoniennes ont été plissées, puis en partie arasées par les eaux de la mer à *Pholadomya Ludensis*.

J'ai démontré que la faune du Vouast, qui avait été parallélisée, à tort, avec celle de Mortefontaine, représentait les couches à *Pholadomya ludensis* et non une zone bartonienne.

J'ai recueilli, dans les assises ludiennes, environ 100 espèces; la plus grande partie d'entre elles sont bartoniennes, les autres sont nouvelles.

J'ai également indiqué qu'il y avait des couches laguno-lacustres intercalées

(1) Voir liste bibl., n° 142.

dans la zone à *Pholadomya Ludensis*, dans lesquelles on trouvait des *Limnea longiscata* et des *Cyclostoma mumia*.

Au Vouast, les couches calcaires, à faune d'eau douce, qui représentent la partie moyenne du Gypse ludien, renferment encore *Cyclostoma mumia*, associé à une espèce d'*Helix* bartonienne.

J'ai étudié également les principales masses du Gypse ludien de Romainville et de Montmartre, mais je n'ai pas encore fait connaître le résultat de mes observations.

Oligocène. — SANNOISIEN. — Des recherches poursuivies pendant de longues années, dans les couches oligocènes de Montmartre, de Pantin, de Romainville, etc., m'ont amené aux conclusions stratigraphiques suivantes : le Calcaire de Brie a pour équivalent, près d'Argenteuil, des couches assez puissantes, renfermant du gypse et des bancs marins. Le Calcaire de Brie appartient donc à la zone externe des lagunes lacustres (1); il s'est déposé dans des lacs lagunaires, qui ont toujours été plus ou moins sous l'influence des eaux salées de la mer sannoisienne.

La couche de gypse sannoisien s'est formée dans la deuxième zone renfermant les lagunes d'évaporation. Les couches marines se sont déposées à la limite de la zone des formations de haute mer.

STAMPIEN. — Le Stampien (2) avait été mal délimité à sa base ; lorsque les assises supérieures du Sannoisien devenaient marines et qu'elles cessaient, de ce fait, de présenter les caractères du Calcaire de Brie, on les réunissait alors au Stampien. J'ai pris comme base du Stampien les couches à *Ostrea cyathula* et *O. longirostris*. Ces deux espèces sont entrées dans le bassin de Paris après les mouvements orogéniques qui se sont produits vers la fin du Sannoisien.

Je rappellerai la succession des couches stampiennes :

- 1° Couches de Jeures et de Morigny ;
- 2° Couches de Pierrefitte ;
- 3° Couches d'Ormoy ;
- 4° Calcaire de Beauce.

Les couches de Pierrefitte représentent une époque où les eaux de la mer stampienne avaient atteint leur maximum de température ; c'est à ce moment que sont arrivées, dans le bassin de Paris, des formes méditerranéennes : *Cerithium Charpentieri*, *Venus Aglauræ*.

Les couches laguno-marines d'Ormoy (3) ont pour équivalent, à la côte Saint-Martin, près d'Étampes, des couches laguno-lacustres, caractérisées par des Linnées et des Planorbis. J'ai découvert, dans ces assises, une faune

(1) Voir plus bas.

(2) Voir liste bibl., n° 95.

(3) *Ibid.*, n° 116.

de Mollusques terrestres, renfermant les nombreuses espèces nouvelles qui ont été décrites par Deshayes.

Le Calcaire de Beauce se relie donc insensiblement aux couches d'Ormoÿ; sa faune terrestre et lacustre est semblable à celles du Stampien supérieur. J'ai constaté, à plusieurs niveaux, des retours d'eau salée, amenant l'extension des *Potamides Lamarcki*, au milieu de la lagune lacustre. Dans ces conditions, j'ai pensé qu'il était nécessaire de réunir le Calcaire de Beauce au Stampien et de montrer qu'il ne pouvait pas être un représentant de l'étage Aquitainien.

Pléistocène. — *Pléistocène moyen.* — J'ai trouvé à Joinville-le-Pont, dans les graviers pléistocènes à *Elephas antiquus*, une faune terrestre et lacustre, qui présente des caractères orientaux. Je n'ai encore rien publié à son sujet.

Pléistocène supérieur. — J'ai étudié avec beaucoup de soin, pendant trois ans, les tufs calcaires de la Celle-sous-Moret, grâce à une tranchée du chemin de fer de Melun à Montereau. Les principaux résultats ont été donnés dans le traité de M. de Lapparent (1). Ils présentent deux grandes divisions.

I. La première division des tufs m'a donné la succession suivante :

1° Au-dessus des graviers à *Elephas antiquus*, se voient des bancs argileux contenant une faune d'eau douce, caractérisée par *Bythinia tentaculata*, *Valvata*, et une faune terrestre renfermant : *Cyclostoma elegans* (var. *Lutetiana*), *Helix ruderala*, *H. hispida*, etc. Vers le haut, on observe des tufs calcaires à *Zonites acieformis*, avec nombreuses empreintes de plantes.

2° Des assises contenant une très grande quantité de Saules, de Bouleaux et de Peupliers. J'ai compté que cette zone, qui pouvait atteindre deux mètres d'épaisseur, était formée par plus de 180 couches annuelles. Vers son milieu, elle renferme un lit rempli de feuilles de *Pinus austriaca*, avec quelques cônes bien conservés de la même espèce.

3° Puis arrivent les couches renfermant : *Acer pseudo-platanus*, *Laurus nobilis*, *Ficus carica* et une très grande quantité de feuilles et de fruits de Buis (*Buxus sempervirens*).

Je signalerai, presque à la base de ces assises, un lit renfermant en abondance *Chondrus quadridens*, espèce sénestre très abondante dans la vallée du Rhône.

4° Les couches qui viennent au dessus renferment de nombreuses *Succinea*.

Toutes ces assises sont caractérisées par des Mollusques indigènes, associés à des formes orientales : *Zonites acieformis*, *Clausilia filograna*, *Petasia bidens*, etc.

(1) Voir liste bibl., n° 146, VIII.

II. La seconde division des tufs comprend des bancs où *Zonites acieformis* est remplacé par *Zonites sequanicus* M.-Ch., espèce appartenant au groupe éteint des *Archæozonites*. Je n'ai plus rencontré, dans cet horizon, ni d'*Acer pseudo-platanus*, ni de Figuier, ni de Laurier, ni de Buis. On y trouve encore *Clausilia filigrana* et *Petasia bidens*.

La faune et la flore que l'on rencontre dans les tufs de la Celle indiquent, d'une manière incontestable, un climat relativement plus chaud que celui de l'époque actuelle et surtout un climat plus en harmonie avec celui des régions orientales avoisinant la Hongrie et la Dalmatie.

Il y a cependant à signaler, dans toutes ces assises, comme dans celles du Pléistocène à *Elephas meridionalis*, la présence de deux espèces qui ne vivent plus actuellement que dans des régions analogues aux régions alpines, atteignant une altitude d'environ 600 mètres, ce sont : *Buliminus montanus* et *Helix ruderata*.

Ce fait est à rapprocher de la présence de la Marmotte (*Arctomys marmotta*), qui a été trouvée à St-Pierre-lez-Elbenf, par M. Chédeville, dans des tufs calcaires que j'ai étudiés et qui ont le même âge que ceux de la Celle.

NÉOPLÉISTOCÈNE. — Dans l'estuaire de la Bresle (1), j'ai pu, pendant le creusement de l'arrière-port, relever une coupe indiquant nettement qu'il y a eu, depuis le Pléistocène supérieur, jusqu'à l'époque néolithique, des mouvements orogéniques assez accentués dans la région de la Manche.

OCÉANOGRAPHIE ET TECTONIQUE

Direction des courants jurassiques et crétacés (2). — Lyell, d'Orbigny, Barrande, Neumayr ont tenté d'expliquer un certain nombre de faits paléontologiques, encore peu connus, par l'intervention des courants marins, sans arriver à des résultats bien précis. En me basant sur des données d'ordre paléontologique et géographique, j'ai pu montrer l'existence de courants marins, aux époques crétacée et jurassique, et reconstituer leurs trajets.

Les notions nécessaires à l'étude de ces courants sont surtout basées sur la répartition des faunes marines ; j'indiquerai brièvement leur distribution géographique. Neumayr avait déjà mis en évidence « que la répartition des animaux, dans les mers jurassiques, montre que la température des eaux marines devait diminuer à mesure que l'on s'avancait vers le nord ». J'ai cherché à compléter les idées de Neumayr, en étendant mes recherches à tous les terrains.

Aujourd'hui il est facile de grouper, grâce aux données paléontologiques,

(1) Voir liste bibl., n° 146, I.

(2) *Ibid.*, n° 102.

les mers secondaires, à partir des terrains jurassiques supérieurs, et les mers tertiaires, dans trois zones principales :

La première zone qui, suivant les cas, s'avance plus ou moins au nord et au sud de l'équateur, renfermera les mers chaudes et méridionales, comprises, en Europe, dans les régions pré-méditerranéennes.

La deuxième zone comprendra les mers tempérées du Jura et du bassin anglo-parisien, etc.

Enfin, la troisième zone réunira les mers boréales du Nord de l'Europe, dont la température sera encore relativement plus froide.

Ce n'est guère que vers la fin de la période tertiaire que l'on voit distinctement une quatrième zone manifester son existence, en arrière de la zone boréale : je veux parler de la zone polaire, renfermant la faune arctique.

Pendant une même époque, la limite respective de ces différentes zones pourra être très variable par rapport aux parallèles, suivant que les courants méridionaux remonteront vers le nord ou que les courants froids descendront vers le sud.

La faune cénomaniennne des mers méridionales est surtout caractérisée par la présence de nombreux Rudistes appartenant aux genres : *Caprina*, *Sellea*, *Caprotina*, *Polyconites*, *Sphærulites*, *Radiolites*, *Apricardia*, puis, par : *Ostrea flabellata*, *biauriculata* et *Orbitolina concava*.

La faune turonienne et sénonienne des mêmes mers est représentée par de nombreuses espèces, appartenant aux genres *Radiolites*, *Sphærulites*, *Hippurites* et, parmi les Algues calcaires, *Lithothamnium*. On y constate l'absence presque complète des *Belemnites*.

Les mers cénomaniennes de la zone tempérée ne renferment plus qu'accidentellement les groupes dont je viens de parler. Aux époques turonienne et sénonienne, les Rudistes ne sont plus également que très exceptionnellement représentés dans les mers de la deuxième zone ; mais les *Belemnitella*, les *Micraster*, les *Ananchytes* prennent une remarquable extension.

Enfin, les mers boréales turoniennes et sénoniennes seront caractérisées par le grand développement des *Belemnitella* et par la présence de Brachiopodes spéciaux : *Rhynchora*, *Rhynchorina*.

En partant de ces données, je vais pouvoir préciser la direction des courants dont j'ai à parler.

Depuis la Dalmatie, l'Istrie, le Frioul, le Bellunais, jusque dans le Vicentin et le Véronais — régions que j'ai étudiées —, les mers cénomaniennes, turoniennes et sénoniennes, du versant sud des Alpes étaient protégées des courants venant du nord, par le relief alpin. Elles renfermaient de nombreux Rudistes et des Échinides spéciaux aux régions

méridionales. Je n'ai jamais constaté la présence de *Micraster* ni de *Belemnitella*, dans les mers turoniennes ou sénoniennes de ces régions.

Cependant, à partir du Beausset, ces mêmes assises, que l'on retrouve aux Martigues et sur les versants nord et sud des Pyrénées, jusque dans l'Aquitaine, sont interrompues quelquefois par des couches renfermant des *Micraster* et appartenant, suivant les points, soit à des espèces venant du nord, soit à des formes spéciales aux régions plus chaudes.

Aux époques qui nous occupent, les mers crétacées du bassin de Paris communiquaient avec les mers voisines par quatre détroits : au sud-est, le détroit morvano-vosgien les mettait en rapport avec les mers delphino-provençales ; au sud-ouest, le détroit du Poitou permettait la communication avec l'Aquitaine ; un peu plus à l'ouest, le synclinal de la Manche amenait des relations avec l'océan Atlantique ; enfin, le grand canal du Nord, dont le rôle si important a été bien mis en évidence par M. Hébert, permettait aux courants boréaux d'arriver, soit en Angleterre, soit dans le bassin de Paris.

Très probablement, par suite d'une simple différence de niveau entre la mer cénomanienne de l'Aquitaine et celle du bassin de Paris, c'est-à-dire dans des conditions analogues à celles qui déterminent l'entrée des eaux de l'océan Atlantique dans la Méditerranée, par Gibraltar, les courants du sud pénétraient dans le bassin de Paris et amenaient, dans le Maine, une partie de la faune méridionale : *Caprotina*, *Radiolites*, *Apricardia*, *Ostrea flabellata*, *Ostrea biauriculata*.

La faune sénonienne fournit encore une preuve de la direction des courants du sud vers le nord ; ceux-ci amenaient, de l'Aquitaine en Touraine, par le détroit du Poitou, des animaux qui ne se retrouveront ni à l'est, ni au nord : *Micraster brevis*, *Ostrea Matheroniana*, *Ostrea plicifera*, *Rhynchonella vespertilio*.

En remontant vers le nord, les assises sénoniennes supérieures sont caractérisées par des *Micraster* spéciaux ; les *Belemnitella* commencent à apparaître, mais elles seront en progression à mesure que l'on se rapprochera des régions boréales ; en Scanie (Suède), elles atteindront leur maximum de développement. Les courants marins, descendant des régions boréales vers le sud, amènent dans le bassin de Londres et de Paris la *Belemnitella quadrata* et la *Belemnitella mucronata* ; arrêtés vers le sud-ouest par les courants du détroit du Poitou et de la Manche, ils se dirigent vers le sud-est, franchissent le détroit morvano-vosgien, longent le bord est du Massif Central, en passant par Dijon, Châlon, Mâcon ; mais, par suite de la configuration orographique du Massif Central au nord de Lyon, ils sont rejetés vers l'est, dans les Alpes du Dauphiné. Leur parcours est

indiqué, soit par la présence des *Micraster du bassin de Paris*, soit par celle de la *Belemnitella mucronata*.

Continuant leur marche vers le sud, ils arrivent jusque dans les Alpes-Maritimes, où l'on retrouve encore les *Micraster du Nord* : *Micraster cortestudinarium*, *Micraster cor-anguinum*. Partout sur leur trajet, jusqu'à leur arrivée dans la Méditerranée, par suite d'un abaissement de température, ils empêchent le développement des *Rudistes*, qui sont cependant si nombreux dans l'Aquitaine, sous la même latitude.

Dans le bassin de l'Aquitaine, à l'époque jurassique, les courants se dirigeaient en sens inverse. Les eaux du bassin de Paris venaient se déverser en Aquitaine, en amenant, dans cette région, la faune de la zone tempérée. A l'époque crétacée, il y a donc eu inversion, sur ce point, des courants marins.

Plissements du Bray. — Les plissements du bassin de Paris ont été étudiés par Élie de Beaumont, Hébert, Dollfus, Marcel Bertrand. M. Marcel Bertrand a donné une théorie générale des plis du *réseau orthogonal*.

De mon côté (1), j'ai fait connaître l'âge et la genèse d'une partie de ces plis, en prenant comme point de départ la région classique du *Pays de Bray*.

S'il y a eu, pendant la période secondaire, de nombreux mouvements orogéniques, ils sont encore mal connus ; je ne parlerai que des derniers plissements crétacés, dont l'existence est des plus évidentes.

SÉNONIEN. — Après le dépôt de la Craie blanche de Meudon, une surélévation générale du bassin de Paris, partant du sud, a refoulé la mer vers le nord. Le bassin de Paris, par suite de ce mouvement, s'est trouvé émergé et plissé, pendant qu'en Belgique se déposaient les Craies de Spienne et de Ciply.

MONTIEN. — Au début de l'époque montienne, une descente générale de l'aire synclinale franco-belge a ramené la mer dans le bassin de Paris.

Cette mer, d'abord relativement assez profonde, a diminué progressivement de profondeur et de salure, en se transformant d'abord en lagune saumâtre, puis en lac lagunaire, s'étendant en partie sur le bassin de Paris et la Belgique. Cette modification est l'indice d'une surélévation progressive du bassin de Paris pendant l'époque montienne et l'annonce d'une ride qui affectera le Bray ; en effet, la surélévation se continue jusqu'à l'émergence complète de l'aire synclinale ; il se forme alors un dôme allongé, placé sur l'axe actuel du Bray.

Ce sont là des modifications d'ordre général, qui se répéteront toutes les fois qu'il se produira un plissement important dans le Bray.

THANÉTIEN. — Après la formation du dernier pli crétacé, une nouvelle descente générale de l'aire synclinale détermine la très grande et très importante trans-

(1) Voir liste bibl. n° 145.

gression de la mer thanétienne et l'arrivée de courants froids provenant du nord, courants qui amènent et qui dispersent avec une très grande rapidité la *première faune boréale tertiaire*, dans toute l'étendue de l'aire anglo-franco-belge.

Il y a donc contraste absolu entre la température de l'air et celle des eaux marines, car la flore et la faune terrestres annoncent un climat presque tropical.

Sous l'influence des courants de transgression et des marées, la mer thanétienne arase ce qui restait des parties saillantes du dôme et dépose, *en discordance de stratification*, sur les assises légèrement redressées du Sénonien et du Turonien, les Sables de Bracheux à *Cyprina scutellaria*.

YPRÉSIEEN. — Vers la fin de la période yprésienne, la profondeur de la mer a diminué, puis l'émersion d'une partie du bassin de Paris est devenue complète. La diminution dans la profondeur des eaux a permis aux fleuves d'entraîner au large les nombreux représentants d'une faune saumâtre d'estuaire, qui se trouve mélangée, à Cuise-la-Motte, aux formes les plus franchement marines.

Près de Gisors, à Mont-de-Magny, dans une couche calcaire non modifiée, on trouve des *moules internes rubéfiés* de *Velates Schmiedeliana*, provenant indiscutablement de couches yprésiennes émergées et décalcifiées. On peut expliquer facilement ce fait, en admettant que les moules internes rubéfiés ont été arrachés aux premières rides yprésiennes émergées, qui se sont produites au début de la formation du dôme yprésien.

LUTÉTIEN. — Au début de la période lutétienne, la mer a repris possession de son domaine et a arasé les parties les plus saillantes des couches yprésiennes surélevées ; c'est à ce moment que la mer lutétienne atteint son maximum de profondeur. Après le dépôt des assises appartenant au Lutétien moyen, la profondeur de la mer diminue et le bassin de Paris, par suite d'un exhaussement général, se transforme, suivant les points, en lagunes saumâtres, en lagunes d'évaporation, avec dépôt de gypse et de sel gemme, et en lacs lagunaires. Puis, l'exhaussement continuant, l'émersion se fait sentir d'une manière très manifeste dans les parties affectées par les plis.

BARTONIEN. — Par suite d'une descente générale des régions qui avaient été émergées, la mer, à l'époque bartonienne, revient assez brusquement, animée de courants très rapides qui démantèlent le dôme yprésien du Bray. Par suite de la surélévation des couches, ce démantèlement atteint jusqu'aux assises crétacées. Les matériaux résultant de cet arasement sont transportés par les courants bartoniens jusqu'aux environs de Château-Thierry, c'est-à-dire à plus de cent kilomètres de leur point de départ. On trouve alors mélangés, dans la même couche, avec des galets provenant d'assises tertiaires diverses, des fossiles caractéristiques du Thanétien, du Sparnacien, de l'Yprésien et du Lutétien.

C'est encore au début du Bartonien que la faune accuse un maximum de profondeur de la mer. Il y a eu également, pendant la période bartonienne, des

mouvements secondaires très manifestes qui correspondent aux principaux changements de faune de cet étage et qui en marquent les grandes divisions.

LUDIEN. — Au hameau du Vouast, près Montjavoult, sur les bords du Bray (1), j'ai constaté que, vers la fin du Bartonien supérieur, il s'était formé un anticlinal qui a été démantelé et arasé par l'arrivée de la mer ludienne. C'est le premier mouvement constaté entre le Bartonien et le Ludien.

SANNOISIEN. — Le creusement du tunnel de Meudon à Viroflay m'a permis de reconnaître qu'il existait là un dôme qui était resté émergé depuis le Bartonien moyen jusqu'au Sannoisien inférieur. En effet, il y a, sur ce point, une lacune des plus considérables. Le Sannoisien repose directement sur les couches bartoniennes à *Fusus subcarinatus*. Il manque donc ici : 1° le Calcaire de St-Ouen, 2° les Sables de Cresne, 3° tout le Ludien.

STAMPIEN. — Au début de l'aire stampienne, les courants marins introduisent dans le bassin de Paris les *Ostrea longirostris* et *cyathula*, et, à Sannois, dans les marnes à *Ostrea cyathula*, on trouve une assez grande quantité de Foraminifères qui ont été arrachés aux falaises crétacées. Il y a donc eu une transgression très accentuée de la mer.

Un autre mouvement orogénique s'est fait sentir dans les mers stampiennes, au moment où se sont déposées les couches de Pierrefitte. On trouve, au milieu des sables, des lits de galets siliceux provenant du démantèlement des plis crétacés. C'est à ce moment que sont arrivés, dans le bassin de Paris, des Mollusques provenant des régions méditerranéennes : *Venus Aglauræ* et *Cerithium Charpentieri*.

PLIOCÈNE. — C'est après le dépôt des couches du Pliocène inférieur que les plissements du bassin de Paris ont atteint leur maximum d'intensité et que s'est constituée la grande ride actuelle du Bray.

PLÉISTOCÈNE et NÉOPLÉISTOCÈNE. — Les mouvements pléistocènes sont actuellement connus sur plusieurs points de nos côtes; j'ai fait connaître (1) ceux qui ont affecté la vallée de la Bresle jusqu'au 15^e siècle.

Conclusions. — 1° Il résulte de ces observations qu'à chacune des divisions stratigraphiques et paléontologiques des terrains tertiaires du bassin de Paris, il s'est formé, sur l'axe du Bray et sur d'autres points, une série successive de petits dômes, séparés par des intervalles de temps où la descente générale du bassin, redevenant régulière, rétablissait, après l'arasement des parties surélevées, la courbure normale de l'aire synclinale. Ces dômes successifs se trouvent toujours situés sur une ligne qui deviendra plus tard l'axe du Bray; ils semblent pourtant s'être déplacés progressivement vers l'ouest, sous l'influence

(1) Voir liste bibl., n° 146, I.

de poussées venant de l'est, poussées que l'on peut rapprocher de la propagation des ondes périphériques dont je parlerai plus loin.

2° A chaque période de plissement, les mêmes phases se reproduisent ; il y a d'abord des mouvements précurseurs, qui amènent une diminution progressive dans la profondeur et dans la salure des eaux ; puis, après la formation du dôme, il y a descente générale du bassin, la mer revient en transgression, avec un maximum de profondeur et avec retour de faunes franchement marines. Des courants rapides amènent des espèces nouvelles pour le bassin de Paris, arasent les dômes, en transportant vers l'est, dans le centre du bassin, des galets calcaires et siliceux à plus de 100 kilom. de leur point de départ.

Il est difficile de ne pas croire qu'un retour si régulier des mêmes phénomènes ne soit pas dû à la récurrence de causes semblables, et l'on peut se demander s'il n'y aurait pas lieu de rechercher des phases analogues dans la formation des grandes chaînes. Il est cependant possible que, lorsque le mouvement de plissement prend plus d'importance, l'affaissement et la transgression qui le suivent soient insuffisants à le compenser et ne se trouvent pas mis en évidence. Ainsi, dans le bassin de Paris, si les mers avaient eu une profondeur d'une dizaine de mètres en plus, aucun des mouvements précédemment décrits ne pourrait être constaté. Car, dans ces conditions, une diminution de 4^m à 10^m de profondeur n'aurait jamais amené la formation de lagunes ni l'émersion de l'aire synclinale.

Ride Périphérique. — Pour expliquer les mouvements du sol sur la périphérie du bassin de Paris et les actions qui en découlent, je me suis inspiré de la très ingénieuse idée de M. Marcel Bertrand sur la fonction et le rôle du bourrelet auquel il attribue l'origine des charriages.

Vers la fin de l'époque sparnacienne, sous l'effort de poussées venant du sud et de l'est, les couches crétacées et tertiaires qui formaient, dans ces deux directions, la bordure du bassin de Paris, ont été surélevées par plissement ; il en est résulté la formation d'une ride périphérique d'inégale hauteur, qui a rejeté la mer plus au nord et qui a constamment fait obstacle à son extension vers le sud-est, jusqu'à l'époque bartonienne. Elle a ainsi servi de rivage aux mers yprésienne, lutétienne, bartonienne.

Il résulte de cette disposition que, vers l'est et le sud-est, les rivages se relevaient assez brusquement, pour permettre aux dépôts franchement marins de conserver leurs caractères propres jusqu'à la rencontre du continent ; en effet, entre les côtes et la haute mer, on ne trouve aucune trace de formations lagunaires périphériques.

Vers le sud-ouest, la ride, qui était moins surélevée, a été recouverte par les eaux de la mer lutétienne, dans laquelle elle a délimité des régions de moindre

profondeur, où se sont formées des lagunes marines ou saumâtres en rapport avec des courants d'estuaires. Il en est résulté que la faune du Lutétien supérieur, que l'on regardait comme si caractéristique, a pu se développer, antérieurement, dans les lagunes et dans les estuaires, attendant le moment propice où elle pourrait se répandre dans tout le bassin de Paris, grâce au régime lagunaire, qui s'était substitué au régime marin, pendant le dépôt des couches du Lutétien supérieur.

Parallèlement à cette ride, se sont formées des ondulations ou rides secondaires, qui ont joué, dans la bathymétrie et dans la sédimentation, un rôle des plus importants. Elles ont amené, à l'époque bartonienne, lutétienne, etc., la délimitation de zones grossièrement concentriques, correspondant :

- 1° à la zone interne, occupée par la mer proprement dite;
- 2° à la zone médiane des lagunes marines ou saumâtres et des lagunes d'évaporation;
- 3° à la zone externe des lagunes lacustres et des lacs lagunaires.

I. ZONE MARINE OU DE HAUTE MER. — En général, les sédiments de cette zone sont formés de sables siliceux, de calcaires provenant de la destruction de nombreux organismes calcaires et de *glauconie*; ce minéral, très commun dans les dépôts franchement marins, ne se forme jamais dans les eaux lagunaires du bassin de Paris, quelle que soit leur salure.

Les principales faunes marines ou de haute mer que l'on peut regarder comme typiques sont les suivantes : faune boréale thanétienne à *Cyprina scutellaria*, de Bracheux ; faune sparnacienne à *Linthia Janneli*, de Mont-Notre-Dame ; faune yprésienne à *Rostellaria Geoffroyi*, d'Aizy ; faune lutétienne à *Nummulites lævigata* ; faune lutétienne à *Campanile giganteum (Cerithium)*, de Parnes ; faune lutétienne à *Corbis major*, de Chaussy ; faune bartonienne à *Campanile Auversienne* d'Auvers ; faune bartonienne à *Voluta athleta*, de Cresnes ; faune stampienne à *Venus Aglauræ*, de Pierrefitte. Dans les trois dernières localités que je viens de citer, il y a beaucoup d'espèces lagunaires qui ont été entraînées dans la haute mer, par les courants provenant des régions d'estuaire ; il faut les déduire de la liste des espèces marines.

Je citerai encore un exemple où les caractères marins de la faune sont complètement masqués par la prédominance d'espèces lagunaires entraînées par les courants d'estuaires ; près de Mont-Notre-Dame, il existe, sur la ligne de chemin de fer de Basoche, une couche d'argile ligniteuse sparnacienne, remplie de *Cyrena cuneiformis*, *Cerithium variabile*, contenant une faune de mer assez profonde : *Voluta*, *Pecten*, *Spondylus*, *Terebratula*.

II. ZONE DES LAGUNES SAUMÂTRES ET D'ÉVAPORATION. — La salure des eaux de cette zone est des plus variables, elle va de la salure normale de la mer

jusqu'à la presque dessalure des eaux des lacs lagunaires : une même lagune peut être à salure variable.

La sédimentation s'est faite, en général, sauf dans les cas où les lagunes sont en rapport avec les estuaires, dans des conditions relatives de tranquillité.

Les lagunes de cette zone peuvent se répartir en trois groupes :

1^o Lagunes marines ;

2^o Lagunes saumâtres ;

3^o Lagunes d'évaporation.

1^o *Lagunes marines*. — Les faunes laguno-marines ont été souvent confondues avec les faunes saumâtres; cela tient à ce que leur caractère franchement marin est souvent masqué par la présence d'un grand nombre d'espèces saumâtres appartenant aux genres *Lampanopsis*; *Potamidopsis*, quelquefois même on y rencontre *Potamides*, *Melanopsis*, *Neritina*, *Cyrena*.

Les sédiments qui se sont déposés dans les lagunes marines sont surtout des argiles, à l'époque sparnacienne, et des sables ou des marnes, pendant le Lutétien, le Bartonien et le Ludien.

Il y a plusieurs groupes à établir dans les faunes laguno-marines.

Un exemple des plus typiques peut être pris dans les argiles sparnaciennes de Sarron. Là, la faune marine, représentée par un certain nombre d'individus appartenant aux genres *Calyptræa*, *Scalaria*, *Natica*, *Murex*, *Arca*, *Nucula*, *Cytherea*, *Ostrea*, se trouve associée à des espèces tout-à-fait saumâtres, appartenant aux genres *Melania*, *Melanopsis*, *Neritina*, *Lampanopsis*, *Cyrena*, etc. La prédominance des *Lampanopsis* et des *Neritina* est très marquée.

Je citerai aussi la faune de la zone bartonienne à *Fusus subcarinatus*, de Mortefontaine.

Un autre exemple aussi typique est tiré des couches à *Pholadomya Ludensis*, où la faune marine est masquée par l'extrême abondance des *Lampanopsis*, des *Potamidopsis* et des *Potamides*.

Il faut aussi signaler la faune du Stampien inférieur, bien connue à Jeurre, faune qui est surtout caractérisée par des Cérithes, qui vont très facilement des régions marines dans les lagunes saumâtres à très faible salure.

2^o *Lagunes saumâtres*. — Si la salure des eaux des lagunes saumâtres du bassin de Paris était essentiellement variable, on peut en dire autant des sédiments qui s'y sont déposés. Ces sédiments sont de deux sortes : les uns sont clastiques : argiles, sables, calcaires ; les autres sont de formation organique : ce sont des bancs calcaires, en général peu épais, qui sont formés presque exclusivement de débris de *Characées*.

Le type des lagunes saumâtres peut être pris à l'époque sparnacienne, où les faunes saumâtres sont des mieux caractérisées ; mais, en général, elles sont pauvres en genres et en espèces.

En commençant par la faune des lagunes à moindre salure, pour arriver à celle des lagunes les plus salées, on a des associations très différentes suivant les cas ; les principales sont :

- 1° *Melania*, *Melanopsis* ;
- 2° *Melania*, *Melanopsis*, *Bayania*, *Cerithium* (du groupe du *C. variable*), *Cyrena* ;
- 3° *Melania*, *Melanopsis*, *Bayania*, *Cerithium*, *Cyrena*, *Lucina*, *Mytilus* ;
- 4° Même faune, en plus *Lampanopsis turbinoïdes* et *Fusus minax*.

Les Foraminifères ne sont représentés que par les deux genres *Rotalia* et *Textilaria*. *Rotalia* pouvait se reproduire en très grande quantité dans les eaux les moins salées, jusqu'à la limite des lacs lagunaires. Les observations que j'ai faites sur les Foraminifères d'estuaire de l'Adriatique, de la Méditerranée et de la Manche sont de même ordre.

Aux époques lutétienne, bartonienne et stampienne, les Mollusques saumâtres habitant les eaux de moindre salure sont représentés par les *Potamides* et les *Hydrobia* ; sous l'influence d'une petite modification dans la salure des eaux, ces deux derniers genres pouvaient envahir avec la plus grande facilité les eaux lagunaires et s'étendre fort loin. Les *Potamides* avaient été considérés comme habitant les *eaux douces*. Cette erreur, que j'ai rectifiée depuis longtemps, avait amené les géologues à méconnaître l'origine marine des gypses, qui sont souvent, en dehors du bassin de Paris, associés aux couches à *Potamides*.

A l'époque sannoisienne on voit, dans certains lits, la faune des couches à *Cyrena convexa* s'appauvrir en formes marines, à mesure que la dessalure augmente, on a ainsi :

- 1° *Granulolabrum plicatum*, *Cerithium* aff. *trochleare*, *Modiola*, *Natica*, *Nystia plicata*, *Cyrena convexa*, *Psammobia plana* ;
- 2° *Granulolabrum plicatum*, *Cerithium* aff. *trochleare*, *Nystia Duchasteli* ;
- 3° *Cerithium* aff. *trochleare* ;
- 4° *Granulolabrum plicatum* ;
- 5° *Cyrena convexa*.

3° *Lagunes d'évaporation*. — Les lagunes d'évaporation du Bartonien et du Lutétien étaient plus ou moins étendues ; souvent, à un même moment, elles étaient très nombreuses et indépendantes, ou sensiblement indépendantes les unes des autres.

Ces lagunes s'étaient développées en général au milieu des eaux saumâtres, elles étaient toutes protégées par un petit bourrelet ou par une petite ride périphérique, qui pouvait facilement se déplacer et qui empêchait toute libre communication avec la mer.

A l'époque ludienne, moment de la plus grande stabilité des lagunes

d'évaporation, il s'est déposé des masses de gypse, qui peuvent, aux environs de Paris, atteindre 30 mètres.

Les lagunes où ce gypse s'était formé recevaient les eaux salées de la lagune saumâtre ; mais, de plus, elles étaient en rapport avec les eaux de la lagune lacustre, qui y amenaient du calcaire, ce qui explique la présence du *carbonate de chaux dans les gypses ludiens*.

D'une manière générale, ce n'est que très exceptionnellement que la concentration des eaux, par évaporation, a permis au sel gemme de se déposer.

Je donne ici un exemple du fonctionnement d'une lagune gypsifère.

A Romainville, sur deux points très rapprochés et reliés par une coupe continue, les marnes bleues à *Cyrena convexa* présentent des différences d'épaisseur relativement assez grandes ; dans la partie où les marnes bleues atteignent leur maximum de puissance, on trouve des Mollusques saumâtres à tous les niveaux : *Cyrena convexa*, *Psammobia plana*, *Granulolabrum plicatum*, *Nyrtia plicata*, *Sphæroma margarum*, etc., tandis que, dans la partie où cette épaisseur est moindre, il n'en existe que dans une seule couche de la base ; mais, par contre, on constate, sur toute la hauteur, *des lits très nombreux de gypse*. L'explication du fait est des plus simples.

L'inégalité de descente avait déterminé la formation d'une faible ride, qui avait délimité une petite lagune d'évaporation. Cette ride empêchait la libre communication des eaux saumâtres avec la lagune d'évaporation, en régularisant l'arrivée de l'eau salée. Dans la lagune saumâtre se déposaient, avec une très grande régularité, de petits lits fossilifères argileux, présentant un grand nombre de fissures de retrait dues à la dessiccation ; la profondeur des eaux était donc des plus faibles.

Il est facile de concevoir que, sous l'influence des grandes marées, la partie librement ouverte de la lagune saumâtre, où vivaient les *Cyrènes*, les *Psammobies*, les *Cérithes* et les *Sphéromes*, se trouvait souvent mise à sec. Il pouvait donc se former, par dessiccation, dans les marnes bleues, des fissures de retrait, dans lesquelles se réfugiaient les nombreux Mollusques lagunaires, grâce aux eaux qui pouvaient encore circuler dans le fond de ces crevasses, tandis que, dans la lagune d'évaporation, par suite de la barre, les eaux étaient retenues à marée basse et ne pénétraient dans son intérieur, à marée haute, que lorsqu'elles atteignaient une hauteur déterminée.

Les périodes d'évaporation amenaient ensuite la précipitation du gypse et, souvent même, lorsque la concentration des eaux était suffisante, il se déposait du sel gemme.

C'est la réduction d'un phénomène qui s'est produit beaucoup plus en grand aux époques lutétienne, bartonienne et ludienne.

III. ZONE DES LAGUNES LACUSTRES ET DES LACS LAGUNAIRES. — J'ai déjà fait remarquer depuis longtemps qu'il n'avait pas existé, dans le bassin de Paris, aux époques éocène et oligocène, de véritables lacs au sens propre du mot, mais bien des zones lagunaires grossièrement périphériques, dépendant des mers continentales, où la dessalure des eaux était à peu près complète. La très petite quantité de sel qui y restait était cependant suffisante pour empêcher les Mollusques les plus caractéristiques des lacs d'y vivre : *Unio*, *Anodonta*, *Physa*, etc.

La faune propre à ces lagunes lacustres était très pauvre en genres et en espèces, elle est surtout caractérisée par les genres *Limnea*, *Planorbis*, *Nystia*, *Hydrobia*, *Euchilus*, et, dans les points où les courants fluviatiles se faisaient sentir, on trouve en plus *Bithynia* et *Paludina*.

Les eaux de la zone des lagunes lacustres ou des lacs lagunaires communiquaient librement avec les eaux de la zone saumâtre, et leur niveau était réglé par la hauteur des eaux marines, avec cette seule différence que, leur densité étant moindre, elles étaient légèrement surélevées. Les sédiments qui se sont déposés dans cette zone laguno-lacustre sont des calcaires compacts ou pulvérulents, et surtout des calcaires bréchoïdes et des meulières calcaréo-siliceuses. Il paraît probable que ce milieu lagunaire était très favorable au grand développement des *Diatomées*, qui paraissent avoir fourni, au moins une grande partie de la silice que l'on rencontre à ce niveau, car je ferai remarquer que c'est seulement dans cette zone que se sont développées les meulières typiques, par suite de la redissolution de la silice des *Diatomées*, qui est venue cimenter les brèches calcaires.

Épaisseur des Sédiments. — On peut ainsi formuler les règles qui ont régi, dans le bassin de Paris, la sédimentation à des époques déterminées, comme à l'époque bartonnienne par exemple, en disant que *l'épaisseur des sédiments est, en chaque point, proportionnelle à la vitesse d'affaissement du bassin*. On peut, en effet, démontrer que le bassin de Paris se trouvait, sur sa plus grande étendue, à l'époque du Bartonien inférieur, dans les mêmes conditions bathymétriques ; l'épaisseur des sédiments n'en est pas moins très variable pour les dépôts de cette époque, elle est donc indépendante de la profondeur de la mer ; ainsi les sables bartoniens inférieurs atteignent, dans les environs de Crépy-en-Valois, l'épaisseur de 60^m, tandis qu'à l'ouest, près de Marines, leur puissance est réduite à 3^m. Malgré cette faible épaisseur, on y retrouve *toutes les zones* du Bartonien inférieur. A l'époque du Bartonien supérieur, au contraire, les sables atteignent à Marines près de 25^m, tandis qu'ils sont réduits à 1^m à Crépy-en-Valois.

Les données stratigraphiques permettent de rétablir, avec la plus grande

précision, l'état du fond de la mer aux différentes époques bartoniennes, et de démontrer que les *dernières couches formées étaient toujours horizontales*. Il faut donc qu'il se soit formé successivement, à deux places distinctes, deux cuvettes synclinales qui se remplissaient de sédiments au fur et à mesure de leur affaissement.

On peut d'ailleurs prouver :

1^o que les deux cuvettes synclinales de Marines et de Crépy-en-Valois n'étaient pas préexistantes à l'époque lutétienne ;

2^o qu'elles se sont produites après deux plissements successifs du Bray ;

3^o que l'anticlinal apparent qui sépare les deux synclinaux n'est pas dû à un mouvement propre ni à une surélévation des couches en ce point, mais seulement à l'inégal affaissement des parties voisines ;

4^o que l'enfoncement de ces synclinaux ne peut être attribué au poids des sédiments, puisque, dans le premier cas, au début du Bartonien, il y avait, dans les deux synclinaux, égalité dans l'épaisseur des sédiments et que, dans le second, il y a eu maximum de descente au point où les sédiments avaient leur minimum d'épaisseur.

Ainsi, les inégalités de vitesse dans la descente du bassin tendent constamment à déformer et à plisser les couches en profondeur, *et ces plissements profonds, tant que la sédimentation se produit dans les mêmes conditions, ne se traduisent jamais à la surface*.

Conclusions générales. — I. — J'ai pu démontrer que les transgressions marines sont toujours accompagnées de courants rapides, qui tendent à établir l'équilibre entre les eaux de l'aire synclinale et celles de l'Océan. Ces courants de transgression amènent, dans les eaux marines, une uniformité de température et de salure assez grande pour que les faunes, à une époque donnée, présentent sensiblement les mêmes caractères dans toute l'étendue de la zone marine de l'aire synclinale ; ils déterminent ainsi l'arrivée et la dispersion très rapide d'espèces nouvelles qui proviennent des océans.

Il est certain que ce sont des phénomènes semblables qui déterminent, dans les mers continentales, l'arrivée, à un même moment, d'espèces nouvelles, qui caractérisent les différents horizons paléontologiques et servent ainsi à établir, sur toute la terre, une chronologie uniforme.

II. — Dans le bassin de Paris, tout s'est passé comme si l'aire synclinale était sollicitée par deux forces, quelles que soient du reste leurs composantes et leur origine, indépendantes et agissant dans deux sens opposés. La première, de grandeur constante, amènera la descente générale du bassin ; la seconde, qui détermine, à d'autres moments, la surélévation générale et la formation de plis locaux, passe par des phases d'inégale intensité : d'abord égale à la première,

elle lui devient supérieure, pour redevenir de nouveau égale et enfin inférieure. Il en résulte de véritables cycles, où des états de repos passagers sont suivis, alternativement, de périodes de surélévation, avec formation de dômes et de périodes d'affaissement.

M. Suess a déjà fait remarquer que les sommets des anticlinaux ainsi formés sont tournés vers le nord, comme ceux des plis anciens. Cette remarque a une très grande importance, car, si l'on admet, avec M. Marcel Bertrand, que les mouvements sont continus et se propagent toujours dans le même sens, au moins pendant des époques déterminées, il arrivera un moment où, sous les efforts des poussées du sud, les anticlinaux seront complètement déversés vers le nord, comme les plis anciens.

L'anticlinal du pays de Bray et les plis du bassin de Paris, dirigés parallèlement du nord-ouest au sud-est, présentent beaucoup de traits communs avec une chaîne de montagnes naissante. C'est, en réalité, l'ébauche d'une véritable chaîne tertiaire (*gallo-britannique*), qui s'est développée dans le « Vorland » de M. Suess et qui remonte vers le nord jusqu'aux régions baltiques.

ALPES VÉNITIENNES

Les terrains tertiaires des Alpes Vénitiennes ont été étudiés, au point de vue stratigraphique, par d'éminents géologues, tels que Fortis, Brongniart, Murchison, Lyell, Schaueroth, Suess, Taramelli, Hörnes, Pirona, Bayan, Bittner, etc. Mais le mémoire de M. Suess est, sans contredit, celui qui a fait faire le plus grand progrès à la géologie de cette région.

A la suite d'un voyage en Italie et en Hongrie, nous avons publié, M. Hébert et moi, dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, en 1877, une première série de notes (1) donnant le résumé de nos études sur les terrains tertiaires.

Les observations que j'ai faites en 1877, pendant le cours d'un second voyage, nous ont amené à donner une deuxième série de notes (2), complétant nos premières observations.

Les explorations que j'ai eu l'occasion de faire depuis cette époque, en 1879, 1880, 1882 et 1888, m'ont conduit à des résultats qui m'ont permis de compléter et de modifier, sur quelques points, nos premiers travaux. Je vais très rapidement résumer les principaux résultats du mémoire que j'ai publié sur le Vicentin (3).

(1) Voir liste bibl., n° 19.

(2) *Ibid.*, n°s 22-25.

(3) *Ibid.*, n° 92.

Les terrains tertiaires du Vicentin se relieut insensiblement, vers l'ouest, à ceux du Véronais ; à l'est, ils sont séparés des formations tertiaires du versant nord des Sette Comuni, par la grande ligne de fracture de Schio.

En général, le plongement des couches varie avec la position des points que l'on examine. Il se fait presque toujours du côté de la grande plaine lombardo-vénitienne, suivant en cela les lois qui ont déterminé la formation du ridement post-helvétien. Il en résulte que les assises peuvent plonger au sud, comme l'a justement fait remarquer M. Suess, pour s'incliner ensuite vers le nord, quand on arrive dans les Monts Euganéens. On est en droit de conclure, de l'examen stratigraphique et paléontologique des strates anté-tertiaires, qu'il s'est formé, à l'époque secondaire, un grand pli synclinal, ou plusieurs plis synclinaux parallèles, longeant la chaîne alpine et épousant ses contours généraux, en passant par l'Alpago, le Bellunais, le Vicentin, le Véronais et le lac de Garde.

En suivant l'axe de ce synclinal, on voit que, depuis l'Istrie jusque dans le Bellunais, il n'y a aucune lacune entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires ; il n'en est pas de même lorsque l'on s'éloigne de son centre ; on constate alors une émergence progressive des régions voisines pendant une partie de l'Éocène inférieur. L'axe du synclinal se relevait aussi dans le Vicentin, car il n'existe, dans cette région, ni la partie terminale des terrains crétacés, ni la base de l'Éocène inférieur. Ce n'est qu'à partir des couches de Spilecco, que la mer a pénétré entre les Alpes et les Monts Euganéens, par suite d'un affaissement général de la région.

Les plissements, les fractures et surtout les grandes érosions qui ont commencé après le Miocène et qui ont eu leur maximum d'intensité pendant le Pléistocène, ont démantelé et isolé les différents massifs de terrains tertiaires et formé ainsi les prétendus bassins éocènes, considérés souvent, à tort, comme ayant été indépendants les uns des autres.

Les terrains tertiaires du versant sud des Sette-Comuni, qui se trouvent, comme je l'ai dit plus haut, séparés du Vicentin par la grande ligne de fracture Schio-Vicence, présentent quelques particularités remarquables ; je n'en dirai qu'un mot.

Le plateau des Sette-Comuni était certainement émergé pendant l'Éocène inférieur et une partie de l'Éocène moyen. La série des couches tertiaires, qui recouvrent son versant sud, est plus complète. A partir du nord de Schio, jusque dans le Bassanais, par suite de pressions latérales considérables, les couches ont été redressées et souvent plissées. Les assises redressées du bord de la Brenta avaient été déjà décrites par Murchison. Sur quelques points, comme à Sant'Orso, localité signalée par Pasini, il y a eu

formation d'un pli couché et renversement de la Scaglia (Sénonien) sur les terrains tertiaires.

Le Vicentin, grâce à la fracture de Schio-Vicence, n'a pas participé à ces grands mouvements.

Les terrains nummulitiques du Vicentin, depuis l'Éocène inférieur jusqu'à la fin de l'Oligocène (Aquitaien), sont en grande partie formés par des dépôts marins calcaires, qui se présentent avec les mêmes caractères sur des étendues considérables.

Ces formations marines alternent, soit avec des assises saumâtres à combustibles, soit avec des tufs volcaniques fossilifères, témoins des nombreuses éruptions qui ont eu lieu pendant l'Éocène et l'Oligocène. Cependant, presque tous les dykes de basalte qui affleurent aujourd'hui et qui ont été considérés comme synchroniques des couches *marines*, sont de beaucoup postérieurs aux assises *éogènes*, comme je l'ai démontré par mes études stratigraphiques. Les roches volcaniques qui ont donné naissance, par projection, aux tufs éocènes et à la plus grande partie des tufs oligocènes ne sont pas encore connues ; elles doivent avoir été détruites ou recouvertes en grande partie par les dépôts sédimentaires marins.

Les combustibles éocènes et oligocènes sont fréquemment associés à des dépôts saumâtres ; ils sont surtout développés dans l'Oligocène, où ils atteignent leur maximum de puissance.

Les bassins qui renferment les lignites éocènes et oligocènes, exploités actuellement à M^{te} Pulli, à M^{te} Viale, Zovencedo, etc., étaient-ils indépendants de la mer au moment où les combustibles se sont déposés ? Telle était la question qui se posait et qui intéressait l'orographie générale de la région. Il est facile d'y répondre.

L'étude détaillée de chaque gisement montre : 1^o que les couches qui sont associées aux combustibles renferment, en général, une faune marine ou saumâtre et, accidentellement, une faune terrestre et d'eau douce ; 2^o que ces assises se trouvent englobées, sans délimitations précises, au milieu des autres formations marines.

On est en droit de conclure de cette étude que les bancs de lignites proviennent de végétaux qui ont été entraînés *au milieu de la mer*, par des cours d'eau venant des Alpes. Les végétaux ainsi charriés se sont alors déposés, soit dans les parties les plus déprimées du relief sous-marin, soit dans les points où les courants avaient déjà perdu une partie de leur vitesse initiale.

Lorsque l'on étudie, d'une manière générale, les rapports stratigraphiques et paléontologiques qui existent entre les différentes zones nummulitiques, on est frappé des liens qui unissent étroitement l'Éocène et l'Oligocène,

tandis que le Miocène présente des caractères différentiels tels, que son indépendance absolue est mise nettement en évidence. Ce sont ces raisons qui m'ont conduit à réunir sous le nom d'*Éogène* les terrains Nummulitiques, Éocène et Oligocène, par opposition au Néogène, qui comprend la série la plus récente des terrains tertiaires.

Les terrains éocènes et oligocènes du Vicentin et, en général, ceux du versant sud des Alpes, ne présentent que cinq grandes divisions nummulitiques, qui correspondent aux mouvements orogéniques les plus importants de la région pré-méditerranéenne.

Ces cinq grands horizons se subdivisent facilement en niveaux secondaires plus ou moins régionaux, mais toujours d'une très grande utilité pour les études géologiques locales.

Ils peuvent se définir ainsi :

I. — Groupe des assises à *Nummulites Spileccensis* M.-Ch. (1) et *Num. Bolcensis* M.-Ch. (2), etc.

II. — Groupe des assises à *Nummulites lævigata* Lamk., *Num. Atacica* Leym., *Num. Pratti* d'Arch. et faciès à *Alvéolines*.

III. — Groupe des assises à *Nummulites perforata* d'Orb., *Num. spira* Brong., *Num. Brongniarti* d'Arch., etc.

IV. — Groupe des assises à *Nummulites striata* d'Orb., *Num. contorta* Desh.

V. — Groupe des assises à *Nummulites sub-Tournoueri* M.-Ch. et *Num. intermedia* d'Arch.

ÉOCÈNE

ÉOCÈNE INFÉRIEUR. — *Calcaires de Spilecco*. Dans le Vicentin, il n'est pas douteux que la base de l'Éocène manque. Les premières assises éocènes que j'ai observées reposent en discordance de stratification sur les calcaires sénoniens de la Scaglia. Elles appartiennent probablement à l'Yprésien ; tout au plus pourrait-on les faire descendre dans le Sparnacien. Il me paraît hors de doute que cette région était encore émergée à l'époque thanétienne.

Les assises qui constituent le premier groupe nummulitique sont donc en *discordance et en régression* sur la Scaglia. Lorsque l'on remonte vers le nord, sur le plateau des Sette Comuni, elles disparaissent ; il en est de même lorsqu'on s'avance vers le sud, c'est-à-dire dans les Monts Euganéens ; elles se trouvent ainsi limitées à la partie centrale du grand synclinal dont j'ai parlé. J'ai constaté,

(1) PAUL OPPENHEIM : Ueber die Nummuliten des Venetianischen Tertiärs, p. 26, pl. fig. 4, 5. Berlin, 1894.

(2) *Ibid.*, p. 25, pl. fig. 1-3.

à leur base, la présence de quelques rares galets de granulite, qui proviennent des régions alpines anciennes.

Cette première division est constituée par les *tufs* volcaniques et les *calcaires de Spilecco*, qui reposent sur les couches aturiennes fortement ravinées; elle présente *deux faciès*. Le premier correspond aux *calcaires à silex et à Brachiopodes de Bertholdi, avec Globigérines et Orbulines, mais sans Nummulites ni Orthophragmina*. Ces calcaires, par leurs caractères pétrographiques et par les Foraminifères qui s'y trouvent, ressemblent, à s'y méprendre, à ceux de la Scaglia, plusieurs géologues les avaient considérés comme crétacés.

Le second faciès est représenté par les *calcaires à Nummulites et à Orthophragmina de Spilecco*, qui renferment les mêmes Brachiopodes et les mêmes silex.

On aurait pu, comme on l'a fait pour la Scaglia, attribuer ces *changements de faune à des différences de profondeur*; il n'en est rien, car, à Monte-Postale, on trouve, rigoureusement au même niveau et sur des points très rapprochés, les deux faciès juxtaposés; à leur limite, on voit de petits lits de *Nummulites* et d'*Orthophragmina* envahir les calcaires compacts et indiquer la présence de courants littoraux bien manifestes. Les calcaires sans *Nummulites* se sont déposés dans une zone interne où ces courants ne se faisaient que très faiblement sentir.

Les basaltes de Monte Spilecco, que Suess avait dit être contemporains de l'Éocène inférieur, sont de beaucoup postérieurs.

Les fossiles caractéristiques du calcaire de Monte Spilecco sont : *Nummulites Spileccensis* M.-Ch., *N. Bolcensis* M.-Ch., *Orthophragmina Taramellii* M.-Ch., *O. stellifera* M.-Ch., *O. Bayani* M.-Ch., *O. eocenica* M.-Ch.

ÉOCÈNE MOYEN. — *Lutétien inférieur*. — Le deuxième groupe nummulitique peut se présenter, suivant les régions, sous *deux faciès principaux*.

Le premier s'observe dans les environs de la Guichellina, où les calcaires à *Nummulites lævigata* prennent un grand développement. Les tufs volcaniques qui les accompagnent ont la même faune. On y rencontre principalement : *Nummulites lævigata* Lamk., *N. Murchisoni* Brunner, *N. irregularis* Desh., *N. Atacica* Leym., *Orbitolites complanata* Lam., *Alveolina Heberti* M.-Ch. et Schl., *A. Stachei* M.-Ch. et Schl.

Le deuxième faciès, qui se développe plus au nord, correspond en grande partie aux *couches à Alvéolines* de M^{te} Postale. Il présente, dans les environs de Monte Bolca, de Crespadoro, de Valdagno, trois subdivisions principales :

1^o La première subdivision est constituée par des calcaires compacts à *Nummulites* et *Lithothamnium*, à la base desquels s'observent des brèches calcaires avec fragments de Scaglia. Ces calcaires sont très peu fossilifères et

ne renferment guère que *Lithothamnium Bolcense* M.-Ch. et *Nummulites Atacica* Leym.

2° La deuxième subdivision renferme les *calcaires à Alvéolines* de Valleco, de Monte Postale, etc. Elle est formée par la réunion de trois zones, qui ont une très grande importance au *point de vue paléontologique* :

a. — La zone inférieure correspond aux couches à Alvéolines de Monte Valleco, qui contiennent la *faune ichthyologique*, si célèbre, de Monte Bolca.

b. — La zone moyenne, qui comprend les *calcaires à Alvéolines de Monte Postale*, recouvre les couches à Poissons de Monte Valleco et prend exceptionnellement, dans les environs de Monte Bolca, un grand développement. Les Mollusques céphalopodes, gastéropodes et acéphales qu'on y rencontre ont une très grande analogie avec ceux qui proviennent des couches lutétiennes du bassin de Paris : *Campanile aff. giganteum*, *Ampullina hybrida*, *Hipponyx cornucopiæ*, *Lucina gigantea*, *Corbis lamellosa*, etc. Mais on y rencontre aussi des espèces propres à la région méditerranéenne.

c. — La troisième zone est représentée par les *couches à Nummulites Pratti*, qui affleurent sur un grand nombre de points de Monte Bolca ; elles sont parfois formées uniquement de calcaire ; dans d'autres cas, elles montrent une association de tufs volcaniques et de calcaire, ou bien elles sont encore constituées presque uniquement par des tufs de projection.

A Brusa-Ferri, il est impossible de fixer stratigraphiquement leur âge ; mais les recherches que j'ai faites, à Monte Sivieri, à Mussolino et à Valdagno, m'ont permis de déterminer rigoureusement leur position stratigraphique.

3° La partie supérieure des *couches à Alvéolines* de Monte Postale renferme, avec de nombreuses *Alveolina Bolcensis*, quelques *Mollusques marins* et beaucoup de *Mollusques saumâtres*, qui n'ont pu vivre dans les mêmes eaux que les Alvéolines.

J'ai trouvé, dans ces assises, une faune nouvelle, présentant quelque analogie avec celle que j'ai découverte à Monte Pulli ; parmi les formes marines les plus importantes, je citerai, avec la plus grande espèce connue de *Lithocardiopsis*, des *Nérites*, des *Cérithes* et l'*Ampullina cochleata* Hantken (sp), qui se retrouve en Hongrie au même niveau.

Lutétien moyen et supérieur. — Les assises à *Nummulites Pratti* sont recouvertes par les couches à *Nummulites perforata* et *Assilina spira*, qui contiennent encore une faune aussi franchement lutétienne que celle de Monte Postale. Les coupes que j'ai relevées près de San Pietro Mussolino ne laissent subsister aucun doute sur cette superposition.

D'une manière générale, les couches à *Nummulites perforata* sont représentées par des bancs calcaires fossilifères, qui présentent, par places, des tufs volca-

niques intercalés ; c'est dans les localités où ces tufs existent (San-Giovan-ni-Ilarione. Pozza, Busa del Prate) que l'on trouve les fossiles les plus beaux.

On peut y recueillir de nombreux Crustacés, décrits par Bittner ; des Échinides très variés comme genres et comme espèces : *Micropsis Lusseri* Desor sp., *Cyphosoma Blangianum* Desor, *Echinolampas*, *Prenaster Alpinus* Desor, *Nucleolites testudinarius* Brongn., *Ditremaster nux* Desor, *Amblypygus dilatatus* Ag. ; des Foraminifères, caractéristiques de cet horizon dans toute l'Europe méridionale : *Nummulites perforata* d'Orb., *N. complanata* d'Orb., *N. Murchisoni* Brünner, *N. spira* Roissy, *Alveolina Ilarionensis* M.-Ch., *A. Giovanniensis* M.-Ch., *Orbitolites complanata* Lamk., *Orthophragmina patellaris* Schloth. sp., *O. tenella* Gümbel sp.

Il y aurait encore plusieurs divisions secondaires à établir au milieu des assises dont je viens de parler. Les documents nombreux que j'ai pu recueillir les laissent prévoir, mais ne m'ont pas permis de le faire avec certitude.

BARTONIEN. — La localité si célèbre du Val Nera, près Roncà, a donné naissance à de nombreuses discussions stratigraphiques et pétrographiques. A Roncà, les accidents tectoniques occasionnés par les fractures et par les coulées de basalte ne permettent pas de voir les relations stratigraphiques des assises de Roncà avec celles qui sont au-dessus ; j'ai pu cependant, à San Pietro Mussolino, relever des coupes qui mettent en évidence les relations stratigraphiques des assises de Roncà avec les couches à *Nummulites perforata*.

Je rappellerai, au sujet des roches volcaniques, que M. Suess et les géologues les plus distingués qui avaient visité Roncà avaient admis que les basaltes du Val Nera étaient contemporains des assises de Roncà ; il n'en est rien, car les coupes que j'ai publiées démontrent que les basaltes sont bien postérieurs aux calcaires de Roncà, ces calcaires étant souvent englobés de toutes parts par des coulées d'intrusion.

Les couches de Roncà se divisent en deux groupes :

a) Le groupe inférieur est formé d'assises qui contiennent beaucoup de Mollusques saumâtres, associés à des formes franchement marines. Ces Mollusques se répartissent en trois sections.

1° Espèces spéciales au Vicentin :

Strombus Fortisi Brong., *Cerithium lemniscatum* Brong., *C. baccatum* Brong., *C. Roncanum* Brong., *Deshayesia fulminea* Bay., *Helix damnata* Brong., *Cypricardia cyclopæa* Brong., *Cyrena sirena* Brong. sp., *C. Baylei* Bayan.

2° Espèces se retrouvant en Hongrie, au même niveau : *Fusus polygonus* (var. *Roncanus* Brong.) Lamk., *Cerithium calcaratum* Brong., *C. pentagonatum* Schloth., *C. corvinum* Brong., *Velates Schmiedeliana* Chemn., *Bayania lactea* Lamk. sp., *Ampullina incompleta* Zitt. sp., etc.

3° Espèces se retrouvant dans le bassin de Paris (plus spécialement dans les Sables de Beauchamp) : *Fusus polygonus* (var. *Roncanus* Brong.) Lamk., *F. subcarinatus* Lamk., *Delphinula lima* Lamk., *Cerithium corvium* Brong.

B. — Le groupe supérieur est formé de calcaires marins, caractérisés surtout, comme je l'ai reconnu, par la *Nummulites Brongniarti*. Il contient toute une faune de grands Mollusques, appartenant soit à des espèces spéciales : *Bayanoteuthis rugifera* M.-Ch., *Cerithium tricorum* Bayan, *Campanile Lachesis* Bayan, *Trochus Sæmanni* Bayan, *Strombus Tournoueri* Bayan, *S. Suessi* Bayan, *Corbis major* Bayan ; soit à des formes identiques à celles du Bartonien et du Lutétien du bassin de Paris : *Vasseuria occidentalis* M.-Ch., *Bayania lactea* Lamk., *Hipponyx dilatatus* Defr., *H. cornucopiæ*, *Natica cæpacea* Lamk., *Corbula exarata* Desh., *Corbis lamellosa* Lamk., *Venus texta* Defr.

ÉOCÈNE SUPÉRIEUR (PRIABONIEN). — L'Éocène supérieur est beaucoup moins développé dans le Vicentin que dans les Colli Berici, où se trouvent situés une grande partie des beaux gisements fossilifères.

Il se divise, comme M. Hébert et moi l'avons établi, en trois groupes principaux :

- 1° Couches à *Cerithium Diaboli* de la Granella.
- 2° Couches de Priabona.
- 3° Marnes de Brendola.

1° Couches à *Cerithium Diaboli*. — Les premières assises qui reposent sur l'Éocène moyen dans les environs de Granella, près de Priabona, sont formées par une alternance de dépôts saumâtres et de couches marines ; les couches saumâtres qui sont situées à la base de ce système sont caractérisées par des espèces identiques ou presque semblables à celles que l'on rencontre plus haut dans l'Oligocène. Une pareille association a déjà été mise en évidence par MM. Hébert et Renevier, dans les Alpes Vaudoises, à propos de leur travail sur les Diablerets. Il est intéressant, comme nous l'avons fait remarquer, M. Hébert et moi, de retrouver cet horizon dans les Alpes Vénitiennes. Les formes les plus abondantes sont : *Cerithium* cf. *plicatum* Brong., *C. Diaboli* Brong., *C.* cf. *margaritaceum* Brocchi, *Bayania semidecussata* Lamarck.

Les couches marines sont souvent marneuses, elles renferment encore de grands Cérithes du groupe du *Campanile giganteum*, de nombreux Mollusques, des Crustacés, des Échinides et des Nummulites.

2° Couches de Priabona. — Les couches que je viens de décrire passent insensiblement à des calcaires, qui deviennent plus marneux et qui présentent, par places, de prodigieuses quantités d'*Orthophragmina* (*Orbitoides*).

Les fossiles les plus répandus dans les couches de Priabona sont :

Ostrea gigantea Brander, *O. Brongnarti* Bronn, *Spondylus Cisalpinus* Brongn., *Serpula spirulæa* Lamk., *Crassatella* cf. *plumbea* Desh., *Crania Ehlerti* M.-Ch., *Terebratulina tenuistriata* Leym., *Leiopedina Tallavignesi* Cott., *Sismondia rosacea* Leske (sp.), *Echinolampas* sp., *Echinanthus scutella* Lamk. sp., *Schizaster lucidus* Laube, *S. vicinalis* Ag., *Metalia Lonigensis* Dames, *Euspatangus ornatus* Ag., *Conocrinus* sp., *Pentacrinus* sp.

Comme on le voit, les Échinides sont très abondants.

3° *Marnes de Brendola*. — Les calcaires marneux de Priabona se relieut étroitement, et sans qu'il soit possible de tracer une limite, aux marnes de Brendola, qui forment, dans les Colli Berici, un horizon constant.

Les fossiles les plus répandus sont :

Spondylus Cisalpinus Brongn., *Ostrea Brongnarti* Bronn, *O. gigantea* Brander, *Nummulites sub-Tournoueri* M.-Ch., *Clavulina Szaboi* Hantken.

OLIGOCÈNE

L'Oligocène acquiert, dans le Vicentin et les régions voisines, une très grande extension. Il présente trois subdivisions principales :

1° *Sannoisien* ; 2° *Stampien* ; 3° *Aquitaien*. Ces étages se relient entre eux par des couches de passage.

Les assises oligocènes renferment aussi, à différents niveaux, des intercalations considérables de breccioles et de tufs volcaniques ; elles sont également traversées, comme les dépôts éocènes, par un grand nombre de dykes basaltiques.

SANNOISIEN. — Les marnes de Brendola supportent, dans le val Squarento, près Brendola, et dans les environs de Montecchio-Maggiore, des calcaires marneux ou compacts, qui appartiennent à la base de l'Oligocène ; ces assises sont recouvertes directement par les couches stampiennes, qui renferment une faune analogue à celle qui caractérise nos sables de Fontainebleau.

Les couches de Montecchio-Maggiore peuvent être étudiées facilement le long des collines qui bordent, à l'est, la vallée de Poscola jusqu'au delà de Castel-Gomberto ; par places, elles sont formées de calcaires très compacts, qui laissent apercevoir de nombreux polypiers, appartenant aux genres les plus répandus dans l'Oligocène : *Trochosmia*, *Parasmilia*, *Latimæandra*, *Stylina*, *Dimorphastræa*, *Heliastræa*, *Isastræa*, etc.

Les Mollusques et les Échinides sont également très communs dans ces assises ; quelques-uns d'entre eux se retrouvent dans l'Éocène, les autres sont spéciaux à l'Oligocène inférieur.

1° Espèces communes avec l'Éocène supérieur : *Spondylus Cisalpinus* Brongn., *Ostrea Brongniarti* Bronn, *O. gigantea* Brander.

2° Espèces caractérisant plus spécialement l'Oligocène inférieur : *Cyphosoma cribrum* Ag., *Clypeaster Breunigi* Laube, *Echinolampas Montecchiansis* M.-Ch., *E. Maggiorensis* M.-Ch., *Euspatangus Meneguzzoi* M.-Ch., *Toxopneustes Fouquei* M.-Ch.

STAMPIEN. — On passe progressivement des couches sannoisiennes aux assises stampiennes, qui sont si développées dans les environs de Montecchio-Maggiore, depuis Bastia jusqu'au nord de Castel-Gomberto.

Le Stampien du Vicentin est formé de couches calcaires, qui renferment, localement, de puissantes intercalations de breccioles volcaniques, souvent très fossilifères, et d'importants dépôts de combustible.

En général, les couches qui dominent sont formées de calcaires marneux et de calcaires compacts, les unes très riches en Mollusques, les autres renfermant de nombreux polypiers. La localité de Monte Grumi est intéressante à ce point de vue ; dans les mêmes bancs, on peut recueillir de très nombreux et très beaux Hexacoralliaires, avec les principaux Mollusques qui caractérisent les Sables de Fontainebleau et le Stampien de l'Aquitaine (Gaas). Les Échinides sont extrêmement rares ; ils manquent même très souvent.

Les Mollusques sont abondants, ils se répartissent dans deux groupes principaux : le premier comprend de nombreuses formes préméditerranéennes, le second renferme des espèces qui peuvent habiter aussi bien les régions relativement chaudes que les régions tempérées de l'Europe centrale.

On y trouve encore quelques rares espèces, qui ont déjà apparu dans l'Éocène, comme : *Diastoma costellata* Lam. sp., *Spondylus Cisalpinus* Brongn., *Ostrea gigantea* Brander.

Les principales formes spéciales à la région préméditerranéenne sont : *Cassis Vicentina* Fuchs, *Strombus Vialensis* Fuchs, *Turbinella rugosa* Fuchs, *Eburnea (Nassa) Caronis* Brongn., *Cerithium Meneguzzoi* Fuchs, *C. Trinitense* Fuchs, *C. Delbosi* Michelotti, *C. Venigloi* Michelotti, *Trochus Lucasanus* Brongn., *Xenophorus cumulans* Brongn., *Cardium anomale* Michelotti, *Venus Aglauræ* Brongn., *Trachypneustes Meneghinii* Desor sp.

Parmi les Mollusques qui se retrouvent dans le Stampien du bassin du Paris, je citerai : *Bayania semidecussata* Lamk. sp., *Deshayesia Parisiensis* Raulin, *Natica crassatina* Desh., *Cerithium plicatum* Lamk., *C. conjunctum* Desh., *C. elegans* Desh., *C. trochleare* Lamk., *C. Charpentieri* Basterot, *Cytherea incrassata* Desh., *C. splendida* Merian, *Pectunculus obovatus* Lamk.

AQUITANIEN. — Dans les collines situées à l'ouest d'Isola di Malo et dans celles qui avoisinent Schio, on observe, au-dessus des couches stampiennes,

un système assez puissant d'assises, formées de calcaire compact et de calcaire marneux. Ces couches présentent quelquefois des lits plus ou moins riches en grains de sable quartzeux, et, sur certains points, de très nombreux *Lithothamnium*. Les Mollusques que j'ai rencontrés dans l'Aquitanien sont en général mal conservés; je signalerai quelques rares empreintes de *Cytherea*, voisine de *C. incrassata*, et des Cérithes, dont quelques-uns sont très voisins des *C. plicatum*, *C. trochleare*. Les Échinides sont très rares et aussi très mal conservés.

Les bancs qui terminent cette série sont formés de calcaire blanc compact, homogène, très dur, subcorallien, renfermant quelques grains de sable quartzeux, disséminés au milieu de la masse; ce sable quartzeux devient de plus en plus abondant, à mesure que l'on se rapproche de la partie supérieure. C'est dans ces couches que j'ai rencontré la plus grande espèce connue de *Lepidocyclina*, *L. elephantina* M.-Ch.; les grands individus atteignent un diamètre de 8 à 10 cm.

MIOCÈNE

BURDIGALIEN. — M. Fuchs avait rapporté à l'Aquitanien les couches burdigaliennes les mieux caractérisées par leur faune. Le Burdigalien débute par des sables et des grès calcarifères, avec nombreux *Clypeaster*. Les courants marins paraissent avoir été assez rapides dès le début, car les couches aquitaniennes sont ravinées; mais, comme elles contiennent déjà *un peu de sable quartzeux* vers leur partie supérieure et qu'elles renferment en abondance les mêmes espèces de *Lithothamnium* que celles qui ont continué à vivre pendant le Burdigalien, tout porte à croire que, sur ce point, il n'y a pas eu émergence entre l'Oligocène et le Miocène. Une simple variation dans l'intensité des courants a amené, assez brusquement, en même temps que les sables quartzeux, la nouvelle faune miocène. Les Échinides les plus communs qu'on y trouve sont : *Scutella subrotunda* Lamk., *Clypeaster scutum* Laube, *Clypeaster Michelini* Laube, *Echinolampas conicus* Laube.

Au-dessus des grès à *Clypeaster*, se montrent des calcaires marneux avec *Spatangus euglyphus* Laube et de nombreuses empreintes de Mollusques. Les couches de Schio, étudiées par M. Fuchs (2), appartiennent en grande partie au *Burdigalien*; les plus récentes me paraissent cependant devoir être rapportées à l'Helvétien.

Par suite du grand mouvement orogénique post-helvétien, la mer tortonienne a été rejetée dans le Bassanais, où ses dépôts sont représentés par des marnes bleues à *Ancilla glandiformis*.

Ces assises sont bien miocènes et non pliocènes, comme l'a si justement fait remarquer M. Suess; elles ont été redressées par un autre mouvement post-tortonien.

RÉGIONS DIVERSES

Régions méditerranéennes. — A l'époque *tortonienne* on trouve, dans les régions pré-méditerranéennes, deux faunes rigoureusement synchroniques, mais bien différentes : 1° La faune classique des argiles de Tortone et de Baden, à nombreux *Pleurotomes* ; 2° la faune du calcaire de la Leitha (Vienne), que l'on retrouve en Hongrie, près de Bya. Cette faune, qui contient encore de nombreux *Clypeaster*, conserve les principaux caractères de la faune helvétique pré-méditerranéenne. J'ai expliqué la présence de ces deux faciès, dans un même bassin, par des différences de température. En effet, à l'époque tortonienne, par suite de l'ouverture du détroit Nord Bétique, les courants relativement froids de l'Océan ont pénétré dans la Pré-méditerranée, en suivant les parties les plus profondes de cette mer. Ils ont déterminé, sur leur passage, un abaissement de température, qui a permis à la faune océanique prépliocène de s'établir sur tout leur parcours.

A l'époque *pliocène* on constate des faits de même ordre. En effet, on trouve déjà, dans l'Astien supérieur, la *Cyprina arctica*. A l'époque du Pliocène supérieur, cette espèce prend un très grand développement et se trouve accompagnée de toute une *faune boréale*. On avait donné comme explication de ces faits qu'il y avait eu, à l'époque sicilienne, un abaissement de température sur toute l'Europe. Il n'en est absolument rien. La Méditerranée, à ce moment, était déjà une mer fermée, ne communiquant avec l'Océan que par le détroit de Gibraltar. Mais, comme ce détroit était plus profond, les courants froids pénétraient facilement dans la Pré-méditerranée et déterminaient, sur leur parcours, une série de zones à température décroissante. La température de la zone la plus profonde étant la plus froide, la faune arctique s'y est développée avec une extrême facilité, tandis que dans les zones supérieures, à température plus élevée, vivait une faune de mer relativement chaude.

L'examen des travaux stratigraphiques et paléontologiques de MM. Ficheur et Welsch, ainsi que la présence d'un certain nombre de Mollusques franchement marins, trouvés au milieu des couches à Congéries, m'ont, en outre, amené à penser (1) qu'à l'époque pontienne une chaîne, allant des Baléares, par la Corse et la Sardaigne, à la Sicile, avait dû séparer la Méditerranée en deux parties : au nord, une mer saumâtre qui, passant sur les Apennins, allait rejoindre le grand bassin pontien ; au sud, une autre mer, où les courants océaniques continuaient à entrer, amenant une faune très analogue, au début, à celle du Tortonien, faune qui se serait maintenue ensuite sans altérations brusques, jusqu'à l'époque pliocène, avec des caractères lusitaniens de plus en plus prédominants.

(1) Voir liste bibl., n° 117.

L'établissement momentané de petites communications locales, entre ces deux mers, explique la présence des Mollusques marins pliocènes que MM. Sacco et Depéret ont signalés dans les couches à Congéries.

M. Depéret est arrivé, de son côté, au même résultat.

Hongrie. — ÉOCÈNE-OLIGOCÈNE. — M. Hébert et moi (1), nous avons étudié, en collaboration, les terrains tertiaires de Hongrie, grâce au concours de M. de Hantken, le regretté directeur de l'Institut géologique de Hongrie, dans les comtats de Gran et de Buda-Pest, ainsi que dans le Bakony Wald. Nous avons ainsi pu voir en détail toutes les assises qui constituent l'Éocène hongrois. Nos recherches ont été publiées dans deux notes à l'Académie des Sciences; elles ont eu pour résultat d'établir un parallélisme rigoureux entre les couches de Hongrie et celles du Vicentin.

Je rappellerai brièvement la succession des assises et leur groupement.

I. *Éocène inférieur* : 1^o Couches de Tokod à *Cyrena grandis*; 2^o Couches d'Ajka à *Cerithium Bakonicum* = Yprésien.

II. *Éocène moyen* : 1^o Couches à *Nummulites lævigata* d'Urkut (Bakony Wald) = Lutétien inférieur; 2^o Couches de Bajoth à *Nummulites perforata* et *N. spira* = Lutétien moyen et supérieur; 3^o Couches à *Nummulites striata* de Bajna = Bartonien.

III. *Éocène supérieur* : 1^o Couches à *Serpula spirulæa*, *Nummulites Tchihatcheffi*, *Orthophragmina* (nombreuses espèces); 2^o Marnes de Bude à *Clavulina Szaboi* = Priabonien.

IV. *Oligocène* : Couches de Sárísáp à *Cyrena convexa*, *Granulolabrum plicatum* = Sannoisien; 2^o Sables siliceux de Terek Balint à *Cytherea incrassata* et *Pectunculus obovatus* = Stampien.

Tunisie. — SÉNONIEN. — Dans une note publiée (2) dans le volume relatif à la Mission Roudaire, j'ai décrit et figuré un genre nouveau, *Roudaireia*, et fait connaître plusieurs espèces qui ont une grande analogie avec celles que l'on rencontre dans le Sénonien supérieur des Indes.

ÉOCÈNE. — Parmi les Nummulites de l'Éocène inférieur de Tunisie qui m'avaient été communiquées par M. Rolland, j'ai reconnu une espèce nouvelle, *Nummulites Rollandi* M.-Ch. (3), qui a été retrouvée depuis en Algérie, par M. Ficheur et, sur de nombreux points de la Tunisie, par M. Pervinquière. Elle joue un rôle très important au point de vue de l'étude stratigraphique des massifs calcaires de l'Afrique du Nord.

(1) Voir liste bibl., n° 18.

(2) Voir liste bibl., n° 36.

(3) E. FICHEUR : Les terrains éocènes de la Kabylie du Djurjura, p. 440. 1890.

Sahara. — Grâce à l'obligeance de M. Foureau, chef de la Mission Saharienne, j'ai pu étudier, au point de vue paléontologique (1), tous les matériaux qu'il a recueillis dans ses premières explorations et déterminer les nombreuses espèces dévoniennes et carbonifériennes, qui ont servi de base à ses études stratigraphiques, publiées dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.

J'annoncerai également une découverte des plus importantes pour la géologie de l'Afrique centrale ; dans des schistes que M. Foureau a recueillis dans sa dernière exploration, à la descente du Tindisset, j'ai trouvé, en les clivant, de très bons exemplaires d'un *Graptolithe* qui appartient à une forme ordovicienne du genre *Climacograptus*. Voilà donc, d'une manière indiscutable, la présence du Silurien constatée, pour la première fois, dans les régions centrales de l'Afrique.

Madagascar. — JURASSIQUE SUPÉRIEUR. — J'ai pu étudier une très belle série d'Ammonites, provenant d'Apandramahala (2), qui a été donnée au mois de juin 1898 au Laboratoire de Géologie de la Sorbonne par M. le D^r Jourdran, médecin militaire des colonies, et par M. Adrien Dollfus. J'ai eu aussi, grâce à l'obligeance de M. Douvillé, communication d'une autre série de la même localité.

La faune d'Apandramahala est nettement caractérisée par sa très grande richesse en *Perisphinctes*, très voisins de formes portlandiennes de Russie et du Boulonnais. Grâce aux collections de M. Pavlow, qui était de passage à Paris, j'ai pu comparer, avec le concours de mon collègue de l'Université de Moscou, les *Perisphinctes* d'Apandramahala avec ceux de Russie et du Boulonnais. Il résulte de cette étude que quelques-unes des formes malgaches ont la plus grande analogie avec certains *Perisphinctes* portlandiens que M. Pavlow considère comme ayant beaucoup d'affinités avec les *Virgatites* du Portlandien du Nord de l'Europe.

Un des *Perisphinctes* d'Apandramahala se rapporte au *Per. Beyrichi* Futterer (3), du Jurassique supérieur de l'Est Africain.

Je signalerai encore la présence d'un *Aspidoceras*, appartenant au groupe de *Asp. Rogoznicense* Zeuschner, du Tithonique alpin, et de Bélemnites, très voisines de *B. pistilliformis* du Néocomien. Mais, à cette liste, il faut ajouter trois espèces d'Ammonites ayant de grands rapports soit avec les *Lunuloceras* et les *Neumayria*, soit avec certaines prétendues *Oppelia* de l'Oxfordien.

(1) F. Foureau, *C. R. Ac. Sc.* 1894, p. 576.

(2) Voir liste bibl., n° 135.

(3) FUTTERER : Beiträge zur Kenntniss des Jura in Ost-Afrika (*Zeitschr. d. deutschen geol. Ges.*, t. XLVI, 1894).

III. — PÉTROGRAPHIE

ROCHES VOLCANIQUES DU VICENTIN (1)

L'âge relatif des basaltes et des breccioles qui se trouvent dans leur voisinage a été des plus difficiles à établir. Brongniart (2), Fuchs, Suess (3), Bayan (4) et la plus grande partie des géologues admettaient, avant le travail que j'ai publié en 1891, que « les roches basaltiques massives étaient du même âge que les tufs qui les accompagnaient ». Mes recherches ont confirmé seulement en partie cette manière de voir. Les basaltes, qui avaient été considérés comme contemporains des breccioles éocènes de M^{te} Spilecco, de Roncà, etc., sont postérieurs aux temps oligocènes.

A partir de la *base de l'Éocène*, jusqu'à la *partie supérieure de l'Oligocène*, on trouve, comme Fortis et Brongniart l'ont déjà indiqué depuis longtemps, des *couches de breccioles* souvent très fossilifères, interstratifiées dans les terrains nummulitiques ; elles sont formées presque uniquement par de *petits fragments anguleux, scoriacés et palagonitiques, de roches volcaniques*. Ces dépôts s'observent, avec les mêmes caractères, jusque sur les bords du lac de Garde.

On rencontre assez fréquemment, au milieu de cette formation, des dykes ou des couches horizontales de basalte, *qui paraissent également interstratifiées*, mais qui, en réalité, ne sont que des coulées d'intrusion, comme il m'a été facile de le démontrer, pour tous les points que j'ai étudiés.

Je rappellerai très brièvement que les nombreux dykes de roches éruptives tertiaires, qui s'observent à l'ouest de Venise, appartiennent à six centres volcaniques :

- 1° Bassanais et versant sud des Sette Comuni ;
- 2° Vicentin ;
- 3° Véronais ;
- 4° Région à l'est du lac de Garde ;
- 5° Colli Berici ;
- 6° Monts Euganéens ;

(1) Voir liste bibl., n° 92.

(2) BRONGNIART : Terr. calc.-trapp. Vic.

(3) SUSS : Glied. d. Vic. Tert. Geb.

(4) BAYAN : Sur les terr. tert. de la Vén.

Les cinq premiers centres renferment des roches basiques assez analogues à celles du Vicentin. Le sixième centre, par contre, contient des roches acides, telles que des rhyolithes et des roches basiques plus récentes. La basicité des roches du Vicentin va également en augmentant à mesure que l'on s'élève dans le temps.

Les terrains tertiaires du Vicentin sont, pour ainsi dire, criblés d'une prodigieuse quantité de dykes basaltiques, qui se sont fait jour à travers la masse des terrains stratifiés. Les centres d'émission les plus actifs ont été M^{te} Faldo, M^{te} Altissimo, M^{te} Bolca, Roncà, etc.

Les assises éocènes, oligocènes et miocènes ont été très fortement disloquées, par les nombreuses éruptions successives qui se sont souvent produites dans la même localité ou sur des points très rapprochés.

J'ai divisé mon étude pétrographique des roches du Vicentin en deux parties : Dans la première, j'ai étudié les roches volcaniques massives, dans la seconde, les roches volcaniques fragmentaires désignées sous le nom de breccioles. Les actions métamorphiques seront traitées plus loin dans un chapitre spécial.

I. Roches volcaniques massives. — Les roches volcaniques massives que j'ai recueillies forment des dykes ou sont en intrusion au milieu des assises crétacées et des couches tertiaires ; ce sont surtout des basaltes, des labradorites, plus rarement des ophites, des limburgites, des microlimburchites ou des périodites. Il faut y ajouter aussi quelques roches que l'on pourrait peut-être considérer comme des représentants microlithiques des plagioclasites ou des troctolithes. Toutes ces roches se relient, sauf les périodites, aux basaltes typiques.

Pour déterminer les feldspaths, j'ai employé la nouvelle méthode qui venait d'être décrite par M. Michel-Lévy, méthode qui consiste surtout à utiliser les propriétés optiques des sections se présentant dans les plaques minces suivant *g*⁴.

En faisant intervenir en premier lieu la composition minéralogique des roches volcaniques dont je viens de parler et, en second lieu, l'ordre de consolidation des différents minéraux qu'elles renferment, on peut les réunir dans deux groupes : le premier renfermera les roches microlithiques, le second les roches grenues.

- 1^{er} GROUPE : ROCHES MICROLITHIQUES.** — Ce groupe contient quatre divisions :
- 1^o Roches feldspathiques sans augite ;
 - 2^o Roches feldspathiques dont l'augite microlithique a cristallisé avant le labrador du second temps ;
 - 3^o Roches feldspathiques dont l'augite microlithique s'est consolidée après le feldspath du deuxième temps ;
 - 4^o Roches augitiques sans feldspath.

1° *Roches feldspathiques sans augite*. — Ces roches sont assez rares dans le Vicentin ; elles peuvent se répartir dans deux sections A et B.

A. — La roche volcanique la moins complexe de toutes celles que j'ai étudiées provient de nappes en intrusion dans les assises de l'Éocène inférieur de M^e Bolca ; elle a pour formule :

I. *Fer oxydulé* ; II. *fer oxydulé, labrador, matière vitreuse* ; III. *chlorites, zéolithes, calcite*.

La présence de la matière vitreuse indique un refroidissement assez brusque. Cette roche pourrait être considérée comme représentant l'état microlithique d'une plagioclase.

B. — La seconde section comprend une roche dont les éléments sont :

I. *Fer oxydulé, olivine* ; II. *fer oxydulé, labrador, andésine* ; III. *chrysolithe, chlorite, calcite*.

Cette roche, qui est altérée, traverse les couches à *Nummulites perforata* de San Giovanni Ilarione ; elle pourrait être considérée comme représentant l'état microlithique d'une troctolithe.

2° *Roches feldspathiques dont l'augite microlithique a cristallisé avant les feldspaths de seconde consolidation*. — Les roches de cette division présentent deux subdivisions A et B : la première renferme les roches qui ne contiennent pas d'olivine, la seconde celles qui en renferment.

A. — Les roches de cette subdivision ne renferment pas d'*olivine*, elles sont relativement très rares ; ce sont des *labradorites*. Ces roches se rencontrent ordinairement en nappes d'intrusion ou en dykes, depuis l'Éocène inférieur jusqu'à l'Oligocène ; elles ont pour formule :

I. *Fer oxydulé, augite* ; II. *augite, fer oxydulé, labrador* ; III. *chlorite, etc.*

B. — Les roches augitiques à olivine qui constituent cette subdivision sont les plus communes et les plus répandues ; ce sont des basaltes typiques, qui ont pour formule :

I. *Fer oxydulé, olivine, augite, labrador* ; II. *augite, fer oxydulé, labrador*.

L'*olivine* du premier temps y est toujours très abondante ; il en est de même de l'*augite* et du *labrador microlithique* ; l'*augite de première consolidation* devient souvent très rare, elle peut même quelquefois faire complètement défaut ; les grands cristaux de *labrador* manquent dans la généralité des cas ou sont d'une extrême rareté.

En se servant des caractères tirés principalement de la structure du *labrador de deuxième consolidation*, on peut établir dans ce groupe quatre sections principales :

α. La première section renferme les roches caractérisées par des microlithes labradoriques de petite taille ; elle correspond aux basaltes ordinaires ; on

en rencontre de nombreux dykes, qui traversent l'Éocène inférieur de Bertholdi, l'Éocène moyen de San-Giovanni-Ilarione et de Roncà, etc.

β. La seconde comprend les basaltes dont les microlithes de labrador atteignent les dimensions que l'on observe dans les feldspaths des diabases ; ils passent à la structure diabasique et se trouvent en dykes traversant l'Éocène moyen du Val Rugularo.

γ. — La troisième réunit les basaltes dont le labrador de deuxième consolidation se présentera en grands cristaux mouvant les autres minéraux.

Cette disposition rappelle la structure décrite dans les ophites par M. Michel-Lévy ; je la désignerai sous le nom d'*ophitisme feldspathique*. Le nom proposé par M. Michel-Lévy pour indiquer la structure particulière de l'augite dans les ophites, pourrait prendre ainsi une plus grande extension et s'appliquer à d'autres cas analogues. Le seul dyke connu traverse l'Éocène inférieur de Bertholdi.

δ. — Cette section renferme les basaltes qui sont caractérisés par de l'andésine microlithique, très souvent associée à des microlithes de labrador. Ces roches sont souvent vacuolaires et décomposées ; elles ont, en outre, une très grande tendance à perdre leur augite de première et de seconde consolidation et, par conséquent, à passer à des roches analogues à celle de San-Giovanni-Ilarione (v. p. 97). Leur composition minéralogique correspond à la formule suivante :

I. *Olivine, fer oxydulé, augite* ; II. *augite, fer oxydulé, andésine* ; III. *chlorite, etc.*

3^o *Roches feldspathiques dont l'augite microlithique s'est consolidée après le feldspath du 2^{me} temps.* — Cette division renferme, comme je l'ai déjà indiqué, les roches volcaniques dont l'augite du second temps de consolidation s'est développée après le labrador microlithique. Ces roches ont la même composition minéralogique et la même structure que les ophites crétacées des Pyrénées.

Les ophites tertiaires présentent, au même titre que les ophites secondaires, la structure ophitique décrite par M. Michel-Lévy.

M. Bréon a fait connaître, sous le nom de *labrador ophitique*, une roche volcanique du même type, qui provient de Reykiavik (Islande). Il y a également en Angleterre, en Écosse et en Irlande, des roches semblables ; on les a désignées sous le nom de *basaltes ophitiques*. L'ophite basaltique produit, sur les roches qu'elle traverse, des actions métamorphiques très intenses ; dans les marnes de Brendola, elle a pu développer sur plus de 15 mètres d'épaisseur des zéolithes et des grenats microscopiques. Les basaltes normaux, que l'on observe rigoureusement dans les mêmes conditions, ne produisent que des actions métamorphiques d'une très faible intensité.

La roche de Brendola a pour formule :

I. *olivine* ; II. *labrador, fer oxydulé, augite* ; III. *produits serpentineux, etc.*

4° *Roches augitiques sans feldspath.* — Les roches de cette section sont privées de feldspath ; ce sont de véritables limburgites, qui forment de rares masses intrusives au milieu des couches de l'Éocène moyen et de l'Éocène supérieur. L'étude des breccioles tertiaires fait présumer que ces roches ont apparu à l'époque oligocène.

Elles ont pour formule :

I. *Fer oxydulé, olivine, augite* ; II. *augite, fer oxydulé.*

L'étude des zones périphériques du dyke basaltique du val Migliara, dont je vais parler plus bas, m'a déjà fait dire, en 1891, que les limburgites du Vicentin, qui sont analogues à celles du val Roncà, sont des basaltes dont les feldspaths n'ont pu se développer par suite d'un refroidissement trop rapide.

Annexe. — *Microlimbургite.* J'ai rencontré, au val Migliara, un dyke basaltique entouré par une zone périphérique de breccioles ; on passe insensiblement de la roche basaltique massive et centrale à la zone externe des breccioles *microlimbургitiques*, au moyen d'une zone intermédiaire.

A. — *Zone centrale.* Cette zone est formée par un basalte massif typique très riche en microlithes labradoriques et en microlithes augitiques, mais sans labrador du 1^{er} temps. La composition minéralogique est la suivante :

I. *Apatite, fer oxydulé, olivine, augite* ; II. *Augite, fer oxydulé, labrador* ; III. *chrysotile, calcite.*

B. — *Zone moyenne.* La deuxième zone est, en réalité, une zone de passage entre les breccioles et le basalte massif. Elle est formée de parties scoriacées plus ou moins fragmentaires, cimentées par la roche basaltique déjà en grande partie modifiée, au point de vue minéralogique, par suite d'un refroidissement plus rapide. Dans la roche basaltique ainsi injectée entre les parties scoriacées, le périclote se développe encore, mais les microlithes de labrador disparaissent complètement ou presque complètement. Les microlithes augitiques sont accompagnés de très nombreux granules d'augite, ayant toujours de très petites dimensions. La roche possède alors la composition minéralogique de la limburgite. Les parties scoriacées sont formées : 1° par un verre palagonitique, présentant un très grand nombre de vacuoles à sections circulaires, renfermant des produits chloriteux et de la calcite ; 2° par un grand développement de granulations augitiques toujours de très petites tailles et accompagnées de fer oxydulé, en général très divisé ; 3° par quelques cristaux de périclote.

C. — *Zone périphérique.* La zone externe est formée de petits fragments plus ou moins anguleux, plus ou moins contournés et scoriacés, qui sont formés par un verre palagonitique, renfermant encore quelques rares cristaux de périclote et de très nombreuses granulations augitiques qui constituent, dans certaines plages, la plus grande partie de la roche.

Entre les fragments dont je viens de parler, on observe également de nombreuses granulations augitiques qui, dans les points où il y a de la calcite, acquièrent de plus grandes dimensions et prennent des contours cristallins très nets.

En résumé, l'étude de la labradorite de Migliara montre :

1° qu'un basalte labradorique typique peut, dans la zone périphérique, où le refroidissement a été plus rapide, se transformer en limburgite, par suite du non-développement des microlithes de labrador ;

2° que les parties scoriacées du même dyke peuvent former une roche qui contient du péridot et une très grande quantité de granulations augitiques ; c'est le type de la roche que j'ai décrite, en 1891, sous le nom de *micro-limburgite* ;

3° que la matière qui cimente les fragments scoriacés de microlimburgite est également formée en grande partie par des granulations augitiques, associées à des zones de calcite, dans lesquelles ces mêmes granulations augitiques augmentent de grosseur et prennent des contours cristallins très nets ;

4° que les fragments scoriacés qui constituent de véritables breccioles périphériques peuvent être considérés non seulement comme provenant de projections mais surtout comme des matériaux résultant de la désagrégation des parties scoriacées périphériques du dyke de basalte, dont l'éruption s'est faite sous les eaux marines.

2^{me} GROUPE : ROCHES GRENUES.

Je ne connais qu'un seul dyke de péridotite dans le Vicentin. La roche a été fracturée et divisée en fragments qui ont été réunis par de la labradorite intrusive. Cette péridotite a la composition minéralogique suivante :

I. *Péridot*, *enstatite* maclé avec le *diallage*, *augite* ; II. *matières serpentineuses*.

La *labradorite* qui cimente les fragments a pour formule :

I. *Fer oxydulé*, *augite* ; II. *fer oxydulé*, *augite*, *labrador* ; III. *produits serpentineux*, provenant des fragments de péridot arrachés à la péridotite.

Les minéraux qui entrent dans la composition des roches que je viens de passer en revue sont :

1° *apatite* ; 2° *olivine* ; 3° *augite* ; 4° *enstatite* ; 5° *hornblende* ; 6° *mica noir* ; 7° *labrador* ; 8° *andésine* ; 9° *oligoclase* ; 10° *fer oxydulé* ; 11° *spinellides*.

Ceux qui se sont formés sous l'influence des actions secondaires sont en général peu nombreux comme espèces ; je signalerai :

12° *serpentine* ; 13° *chlorites* ; 14° *zéolithes* ; 15° *calcite*.

1° *L'apatite* est, en général, assez abondante dans tous les basaltes du Vicentin.

2° *L'olivine* est toujours, sauf quelques rares exceptions, très commune dans

toute la série volcanique des roches labradoriques et andésitiques. Ses cristaux, qui se sont formés en profondeur et qui appartiennent toujours au premier temps de consolidation, sont souvent brisés. Ils présentent, dans la grande majorité des cas, des contours cristallins très nets.

L'olivine ne se rencontre pas à l'état de microlithes.

3° L'*augite*, de première consolidation, en général, n'est pas très abondante ; elle paraît même manquer ou devient très rare dans un grand nombre de cas. Cependant, dans les basaltes de Bolca-Purga, de San-Giovanni-Ilarione et de Roncà, elle est très commune.

Très fréquemment, les cristaux d'*augite* peuvent présenter, en lumière parallèle, des ombres roulantes, qui ont été attribuées aux phénomènes de pression désignés sous le nom de dynamométamorphisme. Cependant, M. Michel-Lévy et moi avons observé fréquemment des phénomènes du même ordre, dans les cristaux de quartz, dans les sphérolithes de quartzine et de calcédoine du bassin de Paris, qui se sont développés en dehors de toute pression.

Parfois, les cristaux d'*augite* se sont arrêtés brusquement dans leur accroissement ; ils renferment alors de nombreuses inclusions de matière vitreuse.

L'*augite* microlithique est toujours extrêmement abondante dans les roches à labrador ; mais, dans certains d'entre elles, elle devient très rare ou peut manquer complètement.

Elle se présente en microlithes de très petites dimensions ou de dimensions moyennes, souvent très allongés ; on observe très fréquemment les macles h^1 et o^1 ; la disposition en sablier est très fréquente.

Dans presque toute la série basaltique proprement dite du Vicentin, l'*augite de deuxième consolidation* a cristallisé avant le labrador microlithique.

Dans le basalte ophitique de Brendola, l'*augite de deuxième temps* forme de grandes plages, qui moulent le labrador et les autres éléments, et prend alors la disposition qui a été désignée par M. Michel-Lévy sous le nom de *structure ophitique*.

Dans les parties scoriacées des labradorites, les microlithes d'*augite* peuvent se transformer en très petits granules, qui constituent souvent une grande partie de la roche, le feldspath n'ayant pu se développer par suite d'un refroidissement assez brusque.

4° L'*enstatite* provient toujours des fragments arrachés aux péridotites. Il se macle assez souvent avec le diallage (h^1 du diallage coïncidant, d'après M. Michel-Lévy, avec g^1 de l'*enstatite*).

5° La *hornblende*, en grands cristaux anciens et brisés, n'a été rencontrée qu'une seule fois, associée à des cristaux de labrador, également brisés, dans le basalte de Santa-Catarina ; il est probable qu'ils ont été arrachés à une *diorite* ancienne.

La hornblende microlithique se rencontre dans un assez grand nombre de cas ; mais elle est toujours très rare et peut être considérée comme un minéral accidentel, ayant presque toujours cristallisé avant les microlithes de labrador. Elle se trouve ordinairement en petits microlithes disséminés au milieu des autres minéraux, plus souvent au contact du fer oxydulé, qui est un peu plus ancien.

Quelquefois, la hornblende est *complètement localisée* autour des *vacuoles à produits secondaires* ; les microlithes deviennent alors très allongés et peuvent se disposer sur une seule file, sur le pourtour de ces cavités ; dans ce cas, leur grand axe devient tangent aux parois des vacuoles. Les cristaux qui sont ainsi localisés ont cristallisé après le labrador. C'est le seul exemple que je connaisse (basalte de Castel Vecchio).

6° Le *mica noir* est assez rare ; je l'ai rencontré surtout, en très petits cristaux du second temps, postérieurs au fer oxydulé, dans le basalte à grands cristaux de labrador de deuxième consolidation de Bertholdi.

Feldspaths.— Les angles d'extinction des feldspaths, observés dans les basaltes par la méthode Michel-Lévy, permettent de les rattacher à des types variant de l'andésine au labrador (1).

7° Le *labrador* de première consolidation ne s'observe que rarement. Les cristaux se présentent sous deux aspects : dans le premier cas, ils sont souvent brisés et ont quelquefois *continué de s'accroître pendant le second temps* ; en deuxième lieu, la consolidation de la roche ayant commencé avant leur complet accroissement, ils se présentent sous forme de squelettes qui emprisonnent de la matière vitreuse.

Le labrador de deuxième consolidation caractérise la grande majorité des basaltes ; il manque seulement dans les limburgites et devient très rare dans quelques basaltes andésitiques. Il présente plusieurs modifications de structure.

α) — Le labrador est très répandu sous forme de microlithes variant dans leurs dimensions ; les macles de l'albite et de Carlsbad sont toujours très nettes. On rencontre souvent, dans les préparations, des sections en losange, qui montrent que les microlithes peuvent être aplatis suivant g^1 , comme les microlithes que j'ai pu extraire des basaltes décomposés du Pliocène moyen de Perrier. M. Michel-Lévy (2), qui les a décrits, s'exprime ainsi : « Quant au feldspath, il affecte une » forme exceptionnelle fort intéressante : ce sont des lamelles entièrement apla- » ties suivant g^1 (010) et ne présentant comme profil que les faces p (001) et a^1 » (101) également développées ; p (001) est parfois jalonné par des traces de

(1) L'*anorthite* microlithique est fort douteuse ou extrêmement rare, si elle existe.

(2) MICHEL-LÉVY : Note sur un basalte riche en zéolites des environs de Perrier (Puy-de-Dôme). *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*. Janvier 1887.

» clivage ». Cette forme paraît plus abondante qu'on ne le croyait ; elle se retrouve également dans les fragments de projection que l'on rencontre dans les couches nummulitiques.

β) — Dans le basalte de val Migliara, les parties scoriacées qui se sont refroidies brusquement présentent des vacuoles, autour desquelles des microlithes de labrador plus développés que les autres sont complètement localisés.

γ) — Dans le Val Rugularo et sur d'autres points, on rencontre quelques basaltes où les microlithes atteignent les dimensions des cristaux de labrador, qui sont si *caractéristiques des diabases*.

On observe aussi quelquefois que les microlithes ont une tendance à se grouper en faisceau comme dans les porphyrites.

δ) — Quelques basaltes de Bertholdi, du Val Migliara et des environs de Monte Bolca, sont remarquables par le développement de leurs cristaux de labrador de deuxième consolidation. Dans la partie centrale des dykes, le labrador forme des plages plus ou moins grandes, à contours cristallins souvent très nets, qui moulent les autres éléments (*ophitisme feldspathique*) (1). On y observe les macles de l'albite, de la péricline et de Carlsbad.

Dans la partie périphérique du dyke, ces grands cristaux sont remplacés par des microlithes diminuant de taille à mesure que l'on s'éloigne de la partie centrale du filon.

Dans le basalte à grands cristaux de labrador du deuxième temps, de Val Migliara, et dans les basaltes des environs de Crespadoro, de Monte Viale, les feldspaths disparaissent complètement des parties scoriacées qui se sont refroidies brusquement et sont remplacés par des granules de pyroxènes extrêmement abondants (microlimburgite) (v. p. 99).

Le labrador du deuxième temps a presque toujours cristallisé, dans les vrais basaltes, *avant l'augite*.

ε). — Dans le basalte de Bertholdi, au milieu de plages formées par une matière vitreuse légèrement colorée en vert par de la chlorite, on voit apparaître des fibres ou des cristallites allongées et radiées de labrador, qui prennent la disposition des cristallites obtenues par MM. Fouqué et Michel-Lévy, dans leur reproduction artificielle des feldspaths (2).

Dans un autre dyke, près de San-Giovanni-Ilarione on voit, dans les préparations, des sections circulaires formées par des fibres radiées de labrador, qui ont une tendance à se grouper pour former des microlithes. Ces sections circulaires indiquent, ce qui est très rare dans les basaltes, la présence de *sphé-*

(1) Cette structure a été déjà signalée par M. TRALL, dans les basaltes de Midland Valley, de Lions' Haunch et de Neilston.

(2) FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY : Synthèse des Minéraux et des Roches, 1882.

rolithes labradoriques. Les cristallites se sont développées après les microlithes de labrador.

8° *L'andésine*, qui est relativement très rare, se trouve quelquefois associée au labrador. Elle ne se rencontre que dans un très petit nombre de dykes basaltiques et devient très rarement un élément essentiel. Elle se présente en microlithes rappelant ceux de l'oligoclase ou du labrador, mais qui se reconnaissent assez facilement dans les sections perpendiculaires à la zone g^1 , dont l'extinction maximum se fait sensiblement à 21° ; c'est donc un feldspath plagioclase correspondant à 40 % d'anorthite.

9° *L'oligoclase* microlithique paraît très rare ou douteux. Dans les basaltes à andésine, on rencontre quelques sections allongées suivant pg^1 , qui s'éteignent à 4° ou à 5° ; elles indiquent peut-être la présence de l'oligoclase.

10° Le *fer oxydulé* de première consolidation est relativement rare; une partie a cristallisé, comme je l'ai indiqué un des premiers, avant l'*olivine* et se trouve en inclusions dans ce dernier minéral, l'autre partie s'est consolidée après l'*olivine* et avant l'*augite*.

Le fer oxydulé de deuxième consolidation est toujours représenté par de nombreux *cristaux en général cubiques*. A l'époque où j'ai publié mon travail, on le considérait comme étant presque toujours octaédrique ou cubo-octaédrique.

Dans quelques basaltes et notamment dans ceux qui sont caractérisés par de très grands microlithes de labrador, le fer oxydulé prend la disposition que l'on observe dans le fer chromé des diabases et des ophites; il forme des cristaux plus développés, qui moulent souvent les autres minéraux (*structure subgraphique*).

Les minéraux résultant des produits d'altération n'offrent rien de bien spécial.

Les actions métamorphiques exercées par les basaltes seront décrites au chapitre relatif au métamorphisme.

II. Roches volcaniques fragmentaires. — Breccioles. — Le nom de breccioles a été donné par Brongniart, dans son travail sur le Vicentin, à des roches qui sont constituées par des fragments plus ou moins anguleux et plus ou moins scoriacés provenant de roches volcaniques. Les breccioles sont tantôt stratifiées et très fossilifères, plus rarement elles sont en amas.

Il résulte de mes observations que l'origine des breccioles peut être attribuée soit à des matériaux provenant de projection, soit au démantèlement des parties périphériques et scoriacées de dykes volcaniques ayant fait éruption sous les eaux marines.

L'exemple des breccioles qui entourent le basalte du Val Migliara est des plus probants (v. p. 99).

J'ai indiqué, dans mon travail stratigraphique sur le Vicentin, que ces breccioles se trouvaient à tous les niveaux des formations éocènes et oligocènes. Les fragments dont elles sont composées ont été plus ou moins régulièrement *calibrés et stratifiés* par les eaux marines; souvent même, ils forment des lits très minces d'une *extrême régularité*. Les fragments des roches volcaniques qui constituent les breccioles sont presque toujours formés par une matière vitreuse palagonitique, très vacuolaire et plus ou moins altérée, au milieu de laquelle on peut rencontrer des cristaux d'olivine, d'augite, de fer oxydulé ou des microlithes feldspathiques.

Les eaux, qui devaient circuler avec la plus grande facilité dans ces formations, ont fortement altéré la roche et déterminé la formation de *produits chloriteux*, qui sont, en général, très abondants.

Les minéraux de premier et de second temps, qui se sont développés dans la matière vitreuse, sont l'olivine, l'augite, le fer oxydulé et les feldspaths.

Les espèces minérales provenant des actions secondaires appartiennent aux chlorites, aux zéolithes, à la serpentine et à la calcite.

L'*olivine*, qui est, sauf de rares exceptions, extrêmement abondante, se reconnaît très facilement aux pointements aigus qui terminent les sections; ces pointements sont indiqués par les traces des faces g^3 dans les sections suivant p , et, dans les sections suivant g^1 , par les traces des faces a^1 . Les cristaux de péridot sont toujours transformés en matière serpentineuse et quelquefois remplacés totalement ou partiellement par de la calcite.

L'*augite*, quand elle existe, *n'est pas altérée*; elle se présente en petits cristaux du second temps, très nets et facilement reconnaissables.

Le *fer oxydulé* manque ou peut devenir très abondant. Il se présente soit en cristaux cubiques, soit en granules. Il est souvent transformé en hydroxyde.

Les *feldspaths (labrador-andésine)* ne sont également représentés que par les éléments du second temps; ils peuvent manquer quelquefois. Ils appartiennent surtout, par les caractères optiques, tirés de leur angle d'extinction, à des types qui varient de l'oligoclase à l'andésine.

Les microlithes de labrador sont plus rares et se trouvent surtout cantonnés dans les fragments augitiques.

On aperçoit souvent, dans les plaques minces, des sections en losange, semblables à celles que j'ai signalées à propos des feldspaths microlithiques de certains basaltes (v. p. 102). Les microlithes sont, dans la grande majorité des cas, très altérés et plus ou moins imprégnés de chlorite ou remplacés par de la calcite; de là, la difficulté et, quelquefois même, l'impossibilité d'arriver à une détermination exacte.

L'*apatite* en cristaux nettement déterminables est ordinairement très rare.

La *matière vitreuse* (verre palagonitique) est presque toujours criblée de

vacuoles remplies de produits secondaires et souvent imprégnée elle-même de chlorite. Elle peut également, comme l'olivine et les feldspaths, être remplacée par de la calcite.

Les *produits chloriteux* qui tapissent les vacuoles appartiennent, comme ceux des basaltes, aux différentes variétés de chlorite qui forment des séries à biréfringence croissante, commençant avec le groupe de la pennine ($n_g - n_p = 0,001$), pour se terminer au groupe de la delessite ($n_g - n_p = 0,014$).

Les *zéolithes* sont très rares et toujours localisées ; elles ont été étudiées par M. Lacroix.

La calcite joue un rôle important dans la plus grande partie des breccioles ; elle cimente les fragments volcaniques.

BRECCIOLES ÉOCÈNES. — *Éocène inférieur et moyen.* — Les breccioles volcaniques qui forment les gisements classiques de Monte-Spilecco, de Berghamini (Éocène inférieur), de San-Giovani-Ilarione, de Pozza, de Castione, de San-Pietro-Mussolino, de Buza del Prate (Éocène moyen) etc., etc., sont formées de matériaux, en général bien stratifiés. Dans certains lits, les fossiles sont très abondants et d'une admirable conservation ; les couches volcaniques de Monte Vallico renferment des *palmiers entiers*, qui ont laissé leur empreinte sur les tufs volcaniques éocènes.

L'étude microscopique montre que les fragments volcaniques qui constituent les breccioles éocènes ont une grande unité de composition. L'*augite* manque complètement dans les échantillons que j'ai étudiés. L'*olivine* est toujours abondante. Le *fer oxydulé* est, en général, assez rare.

Les *microlithes feldspathiques* sont trop altérés pour que l'on puisse toujours préciser avec rigueur leurs caractères ; ils paraissent appartenir, dans la grande généralité des cas, à l'*andésine* ou à l'*oligoclase* ; ils peuvent parfois ne pas s'être développés.

Les *produits chloriteux* sont très abondants ; la *delessite* y est bien caractérisée.

Parmi les *zéolithes*, qui sont d'une extrême rareté, je signalerai, à M^{te} Postale, une espèce voisine de l'*hydronéphélite*.

La composition minéralogique des breccioles, appartenant à l'Éocène inférieur et à l'Éocène moyen, permet de les réunir dans les deux groupes suivants :

1° I	{ Olivine	II	{ Fer oxydulé Matière vitreuse	III	{ Serpentine Chlorite
2° I	{ Olivine	II	{ Fer oxydulé Oligoclase-andésine Matière vitreuse	III	{ Serpentine Chlorite

Elles proviennent d'éruptions de roches non augitiques.

Dans les breccioles fossilifères du Val Nera (Roncà), qui terminent l'Éocène moyen, j'ai rencontré des fragments de basalte à andésine microlithique avec quelques cristaux d'augite. Les roches analogues ne paraissent pas très rares à ce niveau ; elles ont pour formule :

I } Olivine } Augite	II } Augite } Fer oxydulé } Andésine } Matière vitreuse	III } Serpentine } Chlorite
-------------------------	--	--------------------------------

Éocène supérieur. — Je n'ai pas eu assez de matériaux pour étudier les breccioles de l'Éocène supérieur.

BRECCIOLES OLIGOCÈNES. — Les breccioles oligocènes sont les plus compliquées au point de vue de leur composition minéralogique ; *elles contiennent toutes également de l'olivine*, mais aucune ne renferme ni augite ni feldspath du premier temps. Elles peuvent se répartir dans deux groupes, qui présentent chacun trois subdivisions : Le premier groupe A renferme les roches sans augite ; le second groupe B contient celles qui en ont.

Groupe A. Roches non augitiques. — La première section de ce groupe renferme des roches sans feldspaths ; la seconde contient des roches à oligoclase et andésine microlithiques, tout-à-fait comparables à des roches que l'on pourrait peut-être considérer comme un état microlithique des troctolithes ; la troisième, des roches à labrador microlithique.

Groupe B. Roches augitiques. — La première section de ce groupe présente des roches à augite sans feldspaths ; ce sont des breccioles qui paraissent provenir d'éruptions limburgitiques. Dans les roches de la deuxième section, l'augite a cristallisé avant le labrador ; ce fait est analogue à ce qui s'est passé pour la grande majorité des roches basaltiques que j'ai décrites. Enfin, dans la troisième section, le labrador a cristallisé avant l'augite, comme cela s'est produit pour le basalte ophitique de Brendola. Le tableau suivant résume la composition minéralogique des breccioles oligocènes.

	1	2	3
A	I { Olivine	I { Olivine	I { Olivine
	II { Fer oxydulé	II { Fer oxydulé	II { Hornblende Labrador
	III { Matière vitreuse	III { Matière vitreuse	III { Fer oxydulé Matière vitreuse
	IV { Serpentine	IV { Serpentine	IV { Serpentine
	V { Chlorite	V { Chlorite	V { Chlorite

	1	2	3	
B	I {	Olivine	I {	Olivine
	II {	Augite	II {	Labrador
		Fer oxydulé	II {	Augite
		Andésine, labrador
		Matière vitreuse	Matière vitreuse	Matière vitreuse
	III {	Serpentine	III {	Serpentine
		Chlorite	III {	Chlorite

MÉTAMORPHISME

Action du granite. — A la suite de la réunion de la Société géologique de France en Bretagne, j'ai étudié les environs de Morlaix, avec le concours de M. Lehir fils (1).

Le granite, qui traverse, au sud de la ville, les couches dévoniennes métamorphiques, contient de l'orthose, du microcline en très grande abondance, tandis que l'oligoclase est relativement assez rare ; le quartz a, par places, une tendance à la disposition graphique ; les cristaux de mica noir s'allongent quelquefois suivant *g*⁴. Ce sont les actions métamorphiques de ce granite que j'ai étudiées.

Développement de la hornblende. — Près de Pont-Paul, les blocs de schistes dévoniens métamorphiques sont très nombreux au milieu de la masse granitique ; ils présentent souvent de petits filonnets de granite, qui a pénétré dans les fissures les plus étroites. Le granite, qui s'est injecté dans les fissures de la roche, peut perdre brusquement son mica noir, il se trouve alors remplacé par de magnifiques cristaux hexagonaux très allongés d'amphibole hornblende verte.

L'étude des plaques minces montre très nettement le point d'arrêt du mica noir. On peut admettre que la hornblende s'est substituée au mica, dans les points où la roche dévonnaise contenait du calcaire. Les filonnets de ce granite amphibolique présentent, au point de vue de leur composition minéralogique, les trois types suivants :

- 1° Hornblende, quartz ;
- 2° Hornblende, orthose, oligoclase, quartz ;
- 3° Hornblende, orthose, microcline, oligoclase, quartz.

Saphir. — Il est un autre point sur lequel j'insisterai d'une manière plus particulière : dans les blocs à filonnets de granite amphibolique, j'ai trouvé de très beaux cristaux de *saphir*, d'un beau bleu, développés au contact du granite,

(1) V. liste bibl., n° 69.

par métamorphisme. C'était alors le premier exemple cité, de saphir formé par métamorphisme.

Grenat. — Dans les schistes dévoniens de Pont-Paul, on trouve encore de grands cristaux de grenat, parfois rigoureusement alignés suivant la direction du filonnet granitique qui leur a donné naissance.

Action du quartz filonnien. — Dans le quartz qui forme les nombreux filons que l'on observe aux environs de Morlaix, j'ai découvert des cristaux de *felsdpath orthose* transformé en kaolin ; cette altération avait empêché les pétrographes de reconnaître leur présence. Ces filons ne sont autre chose que des apophyses de pegmatite ou de granulite.

Dans plusieurs localités de la même région, notamment dans les tranchées du chemin de fer, on rencontre de nombreux filonnets de quartz qui ont traversé les schistes ou les grès dévoniens en déterminant, à leur contact, la formation de roches constituées presque exclusivement par des *grenats* et de la *chlorite*.

Staurotide. — Il est probable que l'origine de la staurotide, qui est très commune dans certains bancs métamorphiques, est de même ordre.

Actions exercées par les roches volcaniques. — Dans le Vicentin, les actions métamorphiques qui se sont produites au contact des *basaltes normaux* sont en général peu importantes. Au contraire, celles qui se présentent au contact des dykes de *basalte ophitique* sont plus intenses. Je vais les étudier successivement.

I. ACTIONS EXERCÉES AU CONTACT DES BASALTES NORMAUX. — A. *Actions thermiques.* Ces actions sont pour ainsi dire nulles. C'est à peine si l'on peut constater, dans quelques localités, un commencement de vitrification, dans les marnes ou les argiles de l'Éocène supérieur ou de l'Oligocène, au contact des filons basaltiques.

Les calcaires crétacés et les calcaires nummulitiques ont été également peu altérés ; à Crespadoro, Berghamini, Bolca, San-Giovanni-Ilarione, Montecchio-Maggiore, on constate que les actions thermiques ne se sont manifestées que sur 15 à 25 centimètres. Le calcaire ne paraît donc avoir été transformé en chaux vive que sur une très faible épaisseur, mais il est imprégné de *matière organique*.

Etat cristallin. — L'examen microscopique montre très fréquemment que l'état cristallin des calcaires augmente dans le voisinage des filons de basalte. Un des exemples les plus frappants se voit à Monte Postale : le versant sud de cette colline montre des couches de *calcaire à Alvéolines* criblées de filonnets basaltiques ; là le calcaire est devenu plus ou moins *saccharoïde* ; les Alvéolines disparaissent à mesure que l'état cristallin augmente.

Ce n'est pas directement au contact des filons de basalte que les calcaires

atteignent leur maximum de cristallinité, mais à une distance qui varie de 10 à 20 centimètres.

On ne peut attribuer ce changement de structure à la chaleur développée par les basaltes au moment de leur injection dans les fissures de la roche, mais bien aux eaux chargées d'acide carbonique qui ont accompagné les éruptions. Un pareil fait s'observe dans le comté d'Antrim, en Irlande ; le basalte, en traversant la craie, l'a changée en calcaire saccharoïde.

C. — *Calcaires magnésiens*. Les calcaires nummulitiques de l'Éocène moyen ont été transformés, sur quelques points, en calcaires magnésiens ou en dolomies, ressemblant, à s'y méprendre, aux calcaires magnésiens jurassiques ou triasiques. Les Nummulites et les autres fossiles ont disparu complètement ou presque entièrement ; la roche est devenue plus cristalline ; la présence de l'hydroxyde de fer, suivant les lignes d'affleurement des couches, lui donne une teinte jaunâtre plus ou moins accusée. En profondeur, le carbonate de fer remplace en partie l'hydroxyde.

La localité de Pulli, près de Valdagno, où l'on exploite les lignites, présente un des plus beaux exemples de cette modification. Le même fait se constate à Valdagno, Crespadoro et M^{te} Bolca.

L'analyse des calcaires ainsi modifiés, faite par les ingénieurs du service de la mine de Monte Pulli, a donné de 5 à 35 % de carbonate de magnésie et de 1 à 4 % d'hydroxyde de fer.

D. — *Formation de péridot*. Près de Bertholdi, à Fincara, on trouve de nombreux fragments de calcaire de Spilecco à *Rhynchonella polymorpha* (Éocène inférieur), enveloppés par les breccioles volcaniques ou par le basalte.

Les morceaux de calcaire, qui sont ainsi englobés au milieu de la roche volcanique, présentent une zone périphérique de 1 à 2 centimètres, intimement pénétrée d'oxyde de fer. Au microscope, on constate la présence de *cristaux de péridot (fayalite)*, avec des arêtes vives et des contours cristallins très nets ; ces cristaux se sont développés par métamorphisme au milieu de la roche. En dissolvant le calcaire dans l'acide chlorhydrique étendu, on les isole facilement. Ils se présentent avec des faces brillantes, qui rappellent exactement celles que l'on observe dans les cristaux de fayalite provenant des scories d'affinage et notamment des formes qui ont été décrites et figurées par Des Cloizeaux ; ils présentent les faces g^1 , g^2 et e^1 ; ils sont presque transformés en produits d'altération ferrugineux.

Le développement du péridot, par les actions métamorphiques du basalte sur les calcaires, a été signalé pour la première fois dans mon travail.

E. — *Apport de matière organique*. — Au contact des filons basaltiques, on remarque souvent que la roche est teintée, sur quelques centimètres d'épaisseur,

en gris ou en noir, par de la matière organique (hydrocarbure) amenée par la roche éruptive.

A Brendola les marnes à *Clavulina Szaboi* ont été également, sur 8 à 9 mètres d'épaisseur, pénétrées de matière organique par les dykes de basalte ophitique.

Chauffée au blanc, la roche redevient blanchâtre ou jaunâtre et la matière organique disparaît.

II. ACTIONS EXERCÉES PAR LE BASALTE OPHITIQUE. — Le métamorphisme produit par le *basalte ophitique* du Val Squarento, près Brendola, est assez important pour être décrit avec quelques détails.

Dans les environs de Brendola, les marnes qui terminent l'Éocène supérieur sont verdâtres, lorsqu'elles ne sont pas modifiées par la roche éruptive. Mais sur le pourtour du dyke, leur couleur et leur dureté ont été complètement modifiées; elles ont été *durcies*, et *colorées*, plus ou moins fortement, en *gris* ou en *noir*, par de la *matière organique*, qui les a intimement pénétrées. Sous l'église de Brendola, on retrouve la même modification. Là, les fossiles sont bien conservés et les Mollusques se rencontrent avec leur test, ce qui démontre que les marnes ont été modifiées par le basalte, *avant que les fossiles n'aient été détruits*.

F. — *Zéolithes*. — Au contact du dyke et de la coulée, ces marnes sont métamorphosées sur une épaisseur visible d'au moins 15 mètres; c'est l'exemple le plus beau que j'aie vu dans les différentes régions volcaniques que j'ai visitées.

Les parties ainsi modifiées présentent un très grand nombre de sphérolithes de 1, 3, 4 à 6 millimètres de diamètre, formés par une zéolithe, que M. Lacroix a bien voulu étudier.

La zéolithe, qui s'est développée par métamorphisme dans les marnes de Brendola, se retrouve également, mais très rarement, comme on le verra plus loin, dans les breccioles et les tufs de l'Éocène inférieur de Monte-Bolca (horizon de Monte-Spilecco). Là, elle forme des sphérolithes radiés, qui se sont développés *seulement entre les plages de la calcite* qui cimente les fragments volcaniques. La roche basaltique n'en renferme pas.

M. Lacroix, qui a analysé ce minéral et qui en a étudié les propriétés optiques qui ne sont pas très nettes, arrive à cette conclusion que, « parmi les zéolithes, la seule espèce dont on puisse rapprocher le minéral de Brendola est l'*hydronéphélite*, comme lui uniaxe et positif, possédant une biréfringence d'environ 0,009 et ayant une composition chimique analogue à celle que font prévoir les essais qualitatifs pour notre minéral.

« Toutefois, il faut remarquer que l'*hydronéphélite* n'a encore été trouvée que dans la syénite néphélinique. Il semble prudent d'attendre une analyse complète, pour décider si le minéral qui fait l'objet de cette note, est une espèce nouvelle ou doit être rapporté à l'*hydronéphélite*.

« Quoi qu'il en soit, le développement aussi considérable de cette zéolite au contact du basalte, est un fait remarquable et sur lequel il y a lieu d'appeler l'attention. »

G. *Développement de grenats.*— Dans ces assises métamorphiques, il y a encore lieu de remarquer la prodigieuse quantité de très petits cristaux très réfringents, qui se sont développés dans toute la roche et dans les sphérolithes zéolithiques. Avec l'objectif n° 7, on observe bien leur forme cristalline; ils se présentent souvent avec des contours hexagonaux, et l'on aperçoit même quelquefois des faces du dodécaèdre rhomboïdal. En lumière parallèle, ils restent constamment éteints; ils sont en relief sur la roche qui les environne. Les caractères que je viens d'indiquer permettent de les attribuer avec certitude au *grenat*.

ROCHES SÉDIMENTAIRES

GYPSE ET SEL GEMME (1). — Les géologues admettaient qu'une partie des gypses ludiens du bassin de Paris s'était formée dans des eaux douces; M. Hébert partageait également cette opinion. J'ai démontré, de la manière la plus positive, qu'il n'en était rien et que tous les gypses lutétiens et bartoniens du bassin de Paris, que j'avais fait connaître, s'étaient, ainsi que les gypses ludiens, formés par précipitation chimique dans des lagunes d'évaporation *très peu profondes*, où les eaux marines venaient se condenser. J'ai donné un exemple, page 78, qui montre clairement le mécanisme de leur formation.

Le gypse ludien, qui constitue les trois grandes masses si classiques de Montmartre et d'Argenteuil, présente deux *modifications cristallographiques* principales, qui correspondent à des modifications de salure des eaux.

Je rappellerai que, par sa position géographique (2), la grande lagune ludienne où se sont déposés, par précipitation chimique, le gypse et le sel gemme, recevait d'un côté des eaux marines, qui y apportaient le gypse et le sel gemme, de l'autre, des eaux douces, provenant des lacs lagunaires, qui y amenaient le calcaire.

On sait que les masses inférieure et moyenne de gypse présentent des bancs formés uniquement de petits *cristaux lenticulaires, souvent maclés, à faces courbes* et non brillantes, qui alternent avec d'autres bancs très réguliers, constitués par le groupement de *cristaux hémitropes*, souvent bien développés (pieds d'alouettes).

Les petits cristaux lenticulaires à faces courbes se sont toujours formés à

(1) V. liste bibl., n° 83 et 93, et F. PRIEM : La Terre avant l'apparition de l'Homme, p 334.

(2) Voir page 78.

des époques où la lagune d'évaporation, qui était toujours *très peu profonde, communiquait plus facilement avec les lacs lagunaires*; de là un apport de calcaire facile à expliquer.

La lagune était alors parcourue par de très légers courants superficiels, qui entraînaient, à une faible distance, les cristaux nouvellement formés, en les stratifiant et en les disposant quelquefois *en lits légèrement obliques*.

Cette hypothèse se trouve confirmée par les observations qui suivent :

I. — La masse supérieure de gypse ne présente jamais de bancs formés par les grands cristaux hémitropes, elle est constituée entièrement par les petits cristaux lenticulaires. Cette disposition s'explique par les faits suivants :

1^o C'est à cette époque que la lagune d'évaporation présentait *une moins grande stabilité*, par suite du déplacement continu de la partie sud-est de sa ride périphérique ; ce déplacement amenait graduellement une plus grande extension de la zone des lacs lagunaires et une régression compensatrice de la lagune d'évaporation gypsifère.

2^o Les squelettes de *Palæotherium* et d'*Anoplotherium* se rencontrent, comme on le sait, dans la *masse de gypse supérieure* ; leur présence peut s'expliquer facilement, en admettant que les cadavres ont été entraînés, par les fleuves, d'abord dans les lacs lagunaires, puis, des lacs lagunaires, dans les lagunes d'évaporation, par les courants superficiels.

Il résulte de ces observations que la lagune d'évaporation, au moment où se sont déposés les cristaux de gypse lenticulaire à faces courbes, présentait un degré relatif de moindre salure.

Par contre, les *cristaux hémitropes*, qui constituent les bancs désignés par les ouvriers sous le nom de pieds d'alouette, ne se formaient qu'au moment où la lagune d'évaporation était transformée en *véritable cristalliseur*, c'est-à-dire à des époques où les courants superficiels cessaient complètement de se faire sentir, par suite de l'interruption de toute communication avec les lacs lagunaires et d'un apport moins considérable d'eau marine. Il y avait donc augmentation dans la salure relative des eaux.

Les nombreuses recherches que j'ai faites dans les couches gypseuses du Lutétien, du Bartonien et du Ludien m'ont montré l'existence, à tous ces niveaux, de nombreuses empreintes cubiques, provenant de la dissolution de cristaux de sel gemme, qui avaient souvent cristallisé sous la forme de trémies cubiques.

A ce propos je rappellerai que Constant Prévost avait découvert, dans les couches à *Pholadomya Ludensis* de Paris, des pyramides formées de marne homogène. Ces pyramides quadrangulaires à faces cannelées sont réunies régulièrement au nombre de six, leur sommet étant dirigé vers un centre commun. Constant Prévost avait expliqué leur formation en admettant qu'elles

étaient le résultat d'un retrait régulier qui s'était opéré au milieu de la marne à *Pholadomya Ludensis*. J'ai démontré, en coulant du plâtre dans les vides qui existent entre les pyramides, que l'on obtenait de superbes trémies cubiques analogues à celles du sel gemme qui se forme dans les argiles des marais salants.

MAGNÉSITE. — La magnésite, $H^8 Mg^2 Si^3 O^{13}$, a été d'abord rencontrée dans les bancs du Calcaire bartonien de St-Ouen, où elle forme des lits très réguliers mais variables comme épaisseur. Les plus puissants ont 15 à 25 centimètres.

J'ai retrouvé, dans les couches lutétiennes et ludiennes qui se sont déposées dans les mêmes conditions de milieu que le Calcaire de St-Ouen des bancs de *magnésite* ayant la même structure. Il résulte de mes observations que la magnésite s'est formée dans des lagunes saumâtres, à salure variable, où pouvaient vivre des *Chara* et *Hydrobia pusilla*. Ces lagunes pouvaient facilement s'individualiser et se transformer en lagunes d'évaporation où se déposait du gypse et même du sel gemme (1).

La magnésite se trouve toujours dans le voisinage des dépôts gypseux. Elle s'est donc développée essentiellement dans des eaux saumâtres souvent très salées, et non dans des eaux douces, comme on l'avait dit avant mes observations.

J'ai trouvé, entre deux bancs durs de Calcaire de Saint-Ouen, dans une tranchée située dans Paris, avenue Victor-Hugo, de très belles lames feuilletées de magnésite relativement bien cristallisées. M. Lacroix en a étudié et publié les propriétés optiques.

Je ferai remarquer à ce sujet que *les plans de clivage facile P* sont rigoureusement parallèles aux *plans de schistosité* qui se seraient développés dans une argile homogène placée dans les mêmes conditions de pression, le plan de schistosité étant toujours, d'après toutes les observations qui ont été faites sur le terrain et d'après les expériences de Daubrée, parallèle au plan de pression, c'est-à-dire normal à la direction de la pression.

DÉPÔTS SILICEUX DU BASSIN DE PARIS. — *Prétendus Geysers*. — Brongniart, Constant Prévost, Élie de Beaumont, Hébert, Mallard admettaient que les cristaux de quartz, qui constituent, avec la calcite, des bancs dans le Lutétien supérieur, s'étaient formés dans des eaux chaudes geysériennes. La découverte de quelques rares cristaux de *fluorine* était venu confirmer cette manière de voir. On expliquait de même l'origine de la silice du Calcaire de Champigny, celle des meulière de Brie et des meulière de Beauce. Ces principes ont été admis jusqu'à l'époque où j'ai exposé, en 1889, lors de la réunion de la Société géologique de France, à l'excursion de Bicêtre (2), mes idées sur les formations siliceuses du bassin de Paris.

(1) Minéralogie de la France, t. I, p. 458.

(2) Voir liste bibl., n° 93. Assistants à cette excursion : MM. Mallard, Marcel Bertrand, de Lapparent, Mourlon, del Castillo, etc.

Les nombreuses recherches que j'avais faites, avant cette époque, me conduisirent à formuler ainsi mes observations :

1° Les bancs lutétiens qui renferment de la calcite cristallisée (rhomboèdre inverse), des cristaux cubiques de fluorine, de nombreux cristaux de quartz bipyramidés et de la silice à d'autres états cristallins, que M. Michel-Lévy et moi avons décrits plus tard, se trouvent *rigoureusement sur le prolongement des bancs de gypse et sont compris entre les mêmes couches.*

2° Les minéraux dont je viens de parler se sont substitués au gypse suivant les lignes d'affleurement des bancs gypseux, c'est à-dire sur des points où la dissolution était facilitée par la pénétration rapide des eaux superficielles.

3° En suivant les bancs cristallins quartzifères, on trouve toujours des places où le gypse épigénisé avait conservé ses formes cristallines.

J'ai pu, grâce à des sondages, étudier les couches lutétiennes qui accompagnent le gypse et faire les remarques suivantes :

α. Le gypse forme des couches régulières comprises entre des bancs calcaires provenant en partie de précipitations chimiques lagunaires.

β. Quelques-uns des bancs calcaires qui accompagnent le gypse renferment de la *silice soluble* et une très faible quantité de *fluorure de calcium* à l'état d'extrême division. Les dépôts de calcaire et de silice soluble sont faciles à expliquer; il n'en est pas de même de la présence du fluorure de calcium. Cependant, en faisant l'hypothèse suivante, qui est en harmonie avec tous les faits que je connais, on arrive facilement à démontrer son origine marine.

Les fleuves lutétiens, qui passaient sur les couches granitiques ou gneissiques du Massif central ou sur les régions constituées par des terrains primaires ou secondaires, apportaient dans la mer du fluorure de calcium et du phosphate tricalcique provenant de la dissolution de l'*apatite*. Dans le milieu marin vivaient, en très grande quantité, des poissons, qui fixaient le phosphate tricalcique, n'utilisant, comme on le sait par les recherches très intéressantes de M. Adolphe Carnot, qu'une très faible quantité de fluorure de calcium.

Les eaux, ainsi débarrassées de leur phosphate, mais contenant encore de la fluorine en dissolution, gagnaient la lagune d'évaporation où se déposaient, suivant les époques, des gypses ou des calcaires. Là, le fluorure de calcium pouvait donc, dans des conditions déterminées, se précipiter dans les lagunes d'évaporation et s'y accumuler, en très petite quantité, il est vrai, mais pendant de très longues périodes de temps.

Lors de l'émersion définitive du bassin de Paris, il s'est creusé des vallées, qui ont déterminé la direction des lignes d'affleurement des bancs gypseux. Les eaux de surface pouvaient facilement pénétrer, suivant ces lignes d'affleurements, jusqu'au gypse. Sur leurs parcours elles dissolvaient, grâce à la présence d'acide carbonique et de sels alcalins, du calcaire, de la silice et du fluorure de cal-

ciùm. Elles pénétraient ensuite dans la masse gypseuse et, dans les points où elles étaient saturées de sulfate de chaux, elles laissaient précipiter, par rupture d'équilibre, la silice, la fluorine et la calcite. Je crois qu'en dirigeant des expériences dans le sens que je viens d'indiquer, on pourrait reproduire facilement le quartz et les différentes espèces de silice que M. Michel-Lévy et moi avons fait connaître.

IV. MINÉRALOGIE.

FLUORINE. — Mallard, dans l'explication des phénomènes optiques anomaux, avait dit que la fluorine n'était *pas cubique* et qu'elle devait avoir une structure analogue à celle de l'*analcime*. Les cristaux d'analcime, d'après Mallard, sont pseudo-cubiques ; ils sont formés de trois cristaux quadratiques qui se pénètrent suivant trois directions rectangulaires, c'est-à-dire par six pyramides à base carrée, chacune de ces pyramides étant formée elle-même par quatre pyramides orthorhombiques. — L'assemblage pseudo-cubique renferme donc vingt-quatre cristaux orthorhombiques qui correspondent aux vingt-quatre faces d'un hexaèdre.

En employant une méthode géométrique, qui était peut-être nouvelle et qui consistait à utiliser les données géométriques que l'on était en droit de déduire de l'*étude des lignes de moindre résistance d'un cristal*, je suis arrivé à démontrer que les cristaux pseudo-cubiques de fluorine pouvaient être formés, suivant les cas, par la réunion de vingt-quatre ou de quarante-huit tétraèdres.

A cette époque, en Allemagne, les idées de Mallard n'étaient pas admises et l'on considérait que les phénomènes optiques qu'il avait observés dans la fluorine, que l'on regardait toujours comme cubique, étaient dus à des tensions inégales, analogues à celles qui s'observent dans le verre trempé ou comprimé.

La fluorine du bassin de Paris, comme je l'ai indiqué, est très abondante dans les pseudomorphoses de gypse. Les plus beaux échantillons que j'ai recueillis proviennent soit de la rue des Écoles, soit des fondations de la Sorbonne.

Ils sont souvent transparents et m'ont permis de voir *en lumière transmise les six pyramides fondamentales* dont Mallard a parlé à propos de l'analcime.

M. Wallerant, dans son important travail sur les propriétés optiques et cristallographiques de la fluorine, a publié une analyse de mes observations que je lui ai transmise (1) et que je reproduis ici de nouveau.

« 1° En examinant l'intérieur du cristal par l'une quelconque de ses faces, on voit très nettement apparaître quatre aires triangulaires venant toutes converger vers son centre et présentant de fines cannelures parallèles. Ces surfaces striées ont la forme de triangles isocèles, ayant chacun, pour base, une des arêtes de la face considérée, et pour sommet le centre du cristal pseudo-cubique. Les

(1) V. liste bibl., n° 134.

cannelures d'un même triangle sont toutes rigoureusement parallèles à la base. Ces aires cannelées, qui correspondent à des portions des six plans diagonaux du cube, sont en réalité les surfaces de séparation qui délimitent pour chaque face une pyramide à base carrée.

» Il résulte de cette disposition géométrique que chaque cristal se trouve formé par le groupement de six pyramides à base carrée, la face externe de chacune de ces pyramides formant une des faces de l'assemblage pseudo-cubique.

» 2^o On voit sur quelques-unes des faces de certains cristaux des cassures rectilignes, coïncidant avec les diagonales de ces faces ; ces cassures qui suivent des *lignes de moindre résistance* indiquent la trace de surfaces de séparation qui passent par les six plans diagonaux du cube. Chaque pyramide fondamentale se trouve ainsi divisée en quatre tétraèdres, ce qui porte à vingt-quatre le nombre des cristaux qui constituent l'assemblage pseudo-cubique. C'est le nombre des cristaux trouvé par Mallard pour un assemblage pseudo-cubique d'analcime.

» 3^o D'un autre côté, j'ai constaté, mais très rarement sur quelques cristaux, des cassures également rectilignes, mais parallèles aux arêtes du cube et passant par le centre des faces ; ces cassures qui suivent *encore des lignes de moindre résistance* me paraissent correspondre à des surfaces de séparation qui passent par les trois plans principaux de symétrie du cube. Il résulterait de cette disposition que, dans certains cristaux très rares, chacun des vingt-quatre tétraèdres se trouverait divisé en deux tétraèdres secondaires, ce qui porterait à quarante-huit le nombre des individus qui constituent le groupement pseudo-cubique. »

LUTÉCITE, QUARTZINE, CALCÉDOINE. — *En collaboration avec M. Michel-Lévy* (1). J'avais, dans mes recherches sur les épigénies de gypse, entrevu des traces de cristaux indiquant des formes nouvelles de silice. J'ai consacré trois ans à la recherche de cristaux mieux définis, en dissolvant, au moyen de l'acide chlorhydrique, des quantités énormes de calcaires.

Dans les pseudomorphoses de gypse, la quartzine et la lutécite se trouvent toujours associées à de la calcite, à du quartz et quelquefois à de la fluorine.

La silice anhydre des pseudomorphoses de gypse se trouve donc représentée par quatre espèces : le quartz, la quartzine, la lutécite et la calcédoine. Deux de ces espèces, la *lutécite* et la *quartzine* étaient nouvelles. Dans notre travail en collaboration, l'étude des *propriétés optiques* de ces différentes formes nouvelles de la silice est due à M. Michel-Lévy.

Quartz. — Les cristaux de quartz du bassin de Paris ont deux genèses. Les uns se sont développés en dehors de toute influence de la quartzine, ce sont les

(1) V. liste bibl., n^o 84, 98.

cristaux simples ou groupés de quartz hyalin bipyramidé. Les autres se sont développés sous l'influence de la quartzine et ont été orientés par elle ; dans ce dernier cas, ils forment des groupements plus ou moins sphéroïdaux, au centre desquels on trouve toujours la quartzine qui les a orientés.

Calcédoine. — Nous avons fixé et défini les caractères de la calcédoine, c'est un minéral fibreux, à deux axes optiques, dont les fibres élémentaires sont allongées suivant n_p , elles sont négatives et s'éteignent suivant leur longueur.

Afin d'éviter toute confusion, M. Lacroix a proposé pour la calcédoine, telle que nous l'avions définie, le nom de *calcédonite*.

Quartzine. — Nous avons désigné sous le nom de quartzine un minéral fibreux, à deux axes optiques, qui forme des orbicules à contours plus ou moins réguliers. D'après nos dernières recherches, les sections basales des orbicules auraient des contours hexagonaux, rappelant ceux des cristaux de lutécite.

Les fibres élémentaires s'allongent suivant n_g , elles sont positives, contrairement à celles de la calcédoine, qui sont négatives et allongées suivant n_p .

Les orbicules présentent souvent une couronne de quartz orienté par la quartzine. L'étude optique de la zone de passage de la quartzine au quartz montre très nettement des plages où les fibres de *quartzine* se groupent autour d'*axes ternaires* en donnant naissance à du quartz, optiquement uniaxe.

Lutécite. — Les cristaux de lutécite se développent sur les cristaux de quartz qui ont été orientés par la quartzine. Les cristaux de lutécite forment des pyramides pseudo-hexagonales surbaissées : les faces du prisme sont absentes et remplacées par une macle en forme de gouttière, qui sépare les deux pyramides. Il y a lieu de distinguer pour chaque pyramide quatre faces α et deux faces γ . Les faces α sont souvent striées suivant une seule direction parallèle aux arêtes $\alpha\gamma$; les faces γ sont striées symétriquement.

Les faces $\alpha\alpha$ font entre elles des angles de $123^{\circ}24'$ (opp. par le somm.) et de $127^{\circ}44'$ (adj.). Les sections basales sont divisées en six secteurs formés de fibres groupées suivant les trois directions parallèles aux intersections des secteurs. La lutécite a deux axes optiques ; ses fibres s'allongent dans le plan n_g-n_m , à 29° de n_g . L'allongement est positif et l'extinction se fait rigoureusement suivant l'allongement.

Les cristaux se groupent soit en se superposant suivant leur axe vertical, soit en s'accolant par une de leurs faces γ , de manière à former des files scalariiformes.