BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS SORBONNE

CINQUIÈME SÉRIE

TOME HUITIÈME

815 pages ; 141 figures (cartes, coupes, fossiles) dans le texte,
50 planches et cartes hors texte.

PARIS
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI
COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX N° 173.72
Téléph. : DANTON 90.61

1938

090 005823 0

NOTA. — Le Compte Rendu sommaire des séances n'est pa
ment dit, qui ne renferme que les notes dont la longueur n'a pas permis l'insertion au Compte Rendu des séances. La table générale, placée à la fin du volume, comprend à la fois les articles des deux publications, qu'il y a ainsi intérêt à relier ensemble.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

COMPTE RENDU SOMMAIRE

ET

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

1938

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

COMPTE RENDU SOMMAIRE

ET

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

CINQUIÈME SÉRIE

TOME HUITIÈME

Année 1938

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, Rue Serpente, VIe

1938

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

LISTE DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

LISTE DES ANCIENS PRÉSIDENTS

LISTE DES LAURÉATS DES PRIX

LISTE DES MEMBRES A PERPÉTUITÉ

ADMINISTRATION POUR 1938

Avril 1938

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, Rue Serpente, VI

Téléph. : DANTON 90-61

1938

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

	MM.		MM.
1924.	†Delafond (Fr.).	1931.	Jacob (Ch.).
1925.	†Mouret (G.).	1932.	Lanquine (A.).
1926.	Teilhard de Chardin (P.).	1933.	Lutaud (L.).
1927.	Lambert (J.).	1934.	Michel-Lévy (Alb.).
1928.	†Joleaud (L.).	1935.	Cayeux (L.).
1929.	†Termier (Pierre).	1936.	Lemoine (P.).
1930.	Lacroix (A.).	1937.	Blondel (F.).

LAURÉATS DU PRIX VIQUESNEL

	MM.		MM.
1876.	†Munier-Chalmas	1906.	Bresson (A.).
1877.	Barrois (Ch.).	1908.	†Thevenin (A.).
1878.	†Fabre (G.).	1910.	†Douvillé (Robert).
1879.	†Fontannes (F.).	1912.	Roman (F.).
1880.	†Hermite.	1914.	†Flamand (G. B.M.).
1881.	†Œhlert (D.).	1916.	†Joleaud (L.).
1882.	†Vasseur (G.).	1918.	Piroutet (M.).
1883.	†Dollfus (G.-F.).	1920.	Repelin (J.).
1884.	†Leenhardt (Fr.)	1922.	Teilhard de Chardin (P.)
1887.	†Michel-Lévy (Aug.)	1924.	Bourcart (Jacques).
1890.	†Bergeron (J.).	1926.	Dubois (G.).
1893.	†Haug (Émile).	1928.	Fromaget (J.).
1896.	†Cossmann (M.).	1930.	Moret (L.).
1898.	†Glangeaud (Ph.).	1932.	Jung (J.).
1900.	†Choffat (Paul).	1934.	Casteras (Marcel).
1902.	†Roussel (Joseph).	1936.	Dubar (G.).
1904.	†Pervinquière (Léon).	1938.	Glangeaud (L.).

LAURÉATS DU PRIX FONTANNES

	MM.		MM.
1889.	†Bertrand (Marcel).	1915.	Gignoux (Maurice).
1891.	Barrois (Ch.).	1917.	†Mansuy (H.).
1893.	†Kilian (W.).	1919.	†Chudeau (R.).
1895.	†Delafond (Fr.).	1921.	Mengaud (L.).
1897.	Boule (Marcellin).	1923.	Fallot (Paul).
1899.	†Ficheur (E.).	1926.	Delépine (G.).
1901.	†Paquier (V.-L.).	1927.	Abrard (R.).
1903.	†Gentil (Louis).	1929.	Daguin (F.).
1905.	Cayeux (L.).	1931.	Lanquine (A.).
1907.	Lemoine (Paul).	1933.	Roch (E.).
1909.	Jacob (Ch.).	1935.	Lacoste (J.).
1911.	†Révil (J.).	1937.	Termier (H.).
1913.	†Boussac (J.).		

LAURÉATS DU PRIX PRESTWICH

	MM.		MM.
1903.	†Termier (Pierre).	1921.	Leriche (M.).
1906.	Lugeon (Maurice).	1924.	†Dollfus (G.-F.).
1909.	†Carez (Léon).	1927.	Bertrand (Paul).
1912.	de Margerie (Emm.).	1930.	Jacob (Ch.).
1915.	Bertrand (Léon).	1933.	Dalloni (M.).
1918.	Bigot (A.).	1936.	Chaput (E.).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

LAURÉATS DU PRIX ALBERT GAUDRY

	MM.		MM.
1911.	Boule (Marcellin).	1919.	Lacroix (A.).
1912.	† Douvillé (Henri).	1920.	† Termier (P.).
1913.	† Suess (Ed.).	1921.	† Kilian (W.).
1914.	† Haug (Émile).	1926.	† Pavlow (A. P.).
1917.	† Walcott (C. D.).		Pavlow Mme A. P.,
1918.	† Osborn (H. F.).	1932.	Cayeux (L.).

LAURÉATS DU PRIX GOSSELET

	MM.		MM.
1911.	† Nicklès (R.).	1926.	Barrabé (L.).
1917.	Cayeux (L.)		† Viennot (P.).
1921.	Pruvost (P.).	1931.	Dollé (L.).
		1936.	Besairie (H.).

MEMBRES A PERPÉTUITÉ

Sont *membres à perpétuité* les personnes qui donnent ou lèguent à la Société une somme d'au moins cinq mille francs.

† Barotte (J.).
† de Bary (Em.).
† Bazille (Louis).
Bernet (E.).
† Bioche (Alphonse).
† Boiton (H.)
† Carez (L.).
Cayeux (L.).
† Cheux (Albert).
† Cossmann (M.).
† Cotteau (Gustave).
† Danton.
† Daubrée (A.).
† Delafond (F.).
† Dollfus-Ausset (Daniel).
† Douvillé (Henri).
† Fontannes (Mme C.).
† Fontannes (F.).
† Gaudry (Albert).
† Gosselet (J.).
† Grad (Ch.).
† Jackson (James).
† Lagrange (Docteur).
† de Lamothe (Colonel).
† de Lamothe (Général).
Lemoine (Paul).
† Levallois (J.).
† Linder (O.).
† Mansuy (H.).
† Mieg (Mathieu).
† Parandier.
† Prestwich (Joseph).
† Raymond (Ferdinand).
† de Riaz (Auguste).
† Roberton (Docteur).
† Strigeoff (Ivan).
† Tournouër (R.).
† de Verneuil (Edouard).
† Viquesnel.
† Virlet d'Aoust.

Anglo Persian Oil Co.
Bibliothèque centrale du département des Industries gouvernementales a Bandoeng (Indes Néerl.).
Bibliothèque de l'Université de Bale (Suisse).
Chambre syndicale de l'Industrie du Pétrole.
Comité électrométallurgique de France.
Commission des Ardoisières d'Angers.
Compagnie de Produits chimiques et électrométallurgiques Alais, Froges et Camargue.
Compagnie des Chemins de fer de Paris a Lyon et a la Méditerranée.
Compagnie des Forges de Chatillon, Commentry et Neuves-Maisons.
Compagnie des Minerais de Fer magnétique de Mokta-el-Hadid.
Compagnie des Mines d'Aniche.
Compagnie des Mines d'Anthracite de La Mure.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Compagnie des Mines d'Anzin.
Compagnie des Mines de Béthune.
Compagnie des Mines de Bruay.
Compagnie des Mines de Courrières.
Compagnie des Mines de Houille de Marles.
Compagnie des Mines de la Grand'Combe.
Compagnie des Mines de l'Escarpelle.
Compagnie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy.
Compagnie des Mines de Vicoigne, Nœux et Drocourt.
Compagnie des Mines d'Ouasta et de Mesloula.
Compagnie des Phosphates de Constantine.
Compagnie des Phosphates et du Chemin de fer de Gafsa.
Compagnie industrielle des Pétroles.
Compagnie Standard franco-américaine.
Compagnie minière du Congo français.
Forges de Hayange et Moyeuvre (Les Petits-Fils de François de Wendel et Cie).
Groupe des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est.
Institut géologique de Cluj (Roumanie).
Institut géologique de l'Université Masaryk (Tchéco-Slovaquie).
Laboratoire de Géologie de l'École polytechnique de Timisoara.
« La Houve ».
« Le Tréfor ».
Mines domaniales françaises de la Sarre.
Office chérifien des Phosphates (Maroc).
Pechelbronn.
Schneider et Cie.
Service des Mines de la Direction générale des Travaux publics du Maroc.
Société anonyme de Commentry-Fourchambault et Decazeville.
Société anonyme des Aciéries de France.
Société anonyme des Hauts-Fourneaux et Fonderies de Pont-a-Mousson.
Société anonyme des Houillères de Bessèges.
Société anonyme des Houillères de la Haute-Loire.
Société anonyme des Houillères de Montrambert et de la Béraudière.
Société anonyme des Houillères de Rochebelle.
Société anonyme des Houillères de Saint-Étienne.
Société anonyme des Mines d'Albi.
Société anonyme des Mines de Houille de Blanzy.
Société anonyme des Mines de Kali Sainte-Thérèse.
Société anonyme des Mines de Saint-Rémy-sur-Orne.
Société anonyme des Mines et Fonderies de Pontgibaud.
Société anonyme des Salines de Franche-Comté.
Société de Saint-Gobain, Chauny et Cirey.
Société des Hauts-Fourneaux de Rouen.
Société des Mines de Carmaux.
Société des Mines de Dourges.
Société des Mines de la Loire.
Société des Mines de Lens.
Société houillère de Liévin.
Société houillère de Sarre et Moselle.
Société minière et métallurgique de Peñarroya.
Société nouvelle des Charbonnages des Bouches-du-Rhône.
Société pétrolifère de Recherches et d'Exploitation.
Station viticole de Villefranche-sur-Saône.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ MORTS POUR LA FRANCE

MM.
BEUGNOT (Th.).
BLANC (René).
BOUSSAC (Jean).
BOYER (Georges).
BRETON (Jean).
CALLENS (E.).

MM.
CAVE (Charles).
CHAMPAGNE (Émile).
COLLARD (Maurice).
DOUVILLÉ (Robert).
GROTH (Jean).
DE LAMOTHE (René).

MM.
LONGCHAMBON (Michel).
DE ROMEU (Albert).
TESSIER (Marcel).
THEVENIN (Armand).
WEHRLIN (Jacques).

Membres de la Société décédés en 1936.

MM.
AGUILLON.
ANTEN (Jean).
BIRAUD (François).
BLAYAC (Joseph).
BOITON (H. E.).

MM.
BOSCH (Ch.).
DENIZARD (C^{dt} L.).
GOUX
DE LAMOTHE (G^{al}).
DE LARMINAT (Ch^{ne}).

MM.
MONESTIER (Joseph).
MOURET (G.).
SCHLUMBERGER (C.).
ZUJOVIC (Jovan).

Membres de la Société décédés en 1937.

MM.
BUREAU (Louis).
CRUZ Y DIAZ (E. DE LA).
DOUVILLÉ (Henri).
GOBY (Paul).
GRENIER (René).

MM.
HUPIER (Charles).
JACQUET (Fernand).
LAMOUCHE (C^{el}).
MANSUY (H.).
MARTIN (J. B.).

MM.
PETITCLERC (Paul).
RAMOND GONTAUD (G.).
RAVENEAU (Louis).
WOLDRICH J.
ZOLOTOFF N.

Voir les abréviations, p. 47.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ADMINISTRATION

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

pour l'année 1938.

BUREAU

Président, 1938 : Jean PIVETEAU.
Vice-Présidents, 1938 : E. RAGUIN, J. GANDILLOT, R. LAFFITTE, H.-A. BROUWER.
Secrétaires, 1938 : A. F. DE LAPPARENT ; 1938-39 : G. LUCAS.
Vice-Secrétaires, 1938 : A. RIVIÈRE ; 1938-39 : R. FURON.
Trésorier, 1938-39-40 : F. BLONDEL.
Archiviste, 1938-39 : P. LAMARE.

CONSEIL

1938 : L. CAYEUX, CH. JACOB, L. JOLEAUD, M. ROUBAULT.
1938-39 : P. LEMOINE, Léon BERTRAND, Jacques BOURCART, J. GOGUEL.
1938-39-40 : A. DEMAY, L. BARRABÉ, Marguerite AUZEL, C. ARAMBOURG.

COMMISSIONS

Bulletin : 1938 : L. CAYEUX, L. JOLEAUD ; 1938-39 : P. LEMOINE, J. BOURCART ; 1938-39-40 : R. ABRARD, C. ARAMBOURG.
Mémoires : 1938 : Ch. JACOB, L. BARRABÉ ; 1938-39 : L. CAYEUX, L. BERTRAND ; 1938-39-40 : M. GIGNOUX, F. ROMAN.
Bibliographie : A. MICHEL-LÉVY, Emm. DE MARGERIE, P. LEMOINE, J. ORCEL au titre de délégué de la *Société française de Minéralogie.*
Archives et Bibliothèque : Emm. DE MARGERIE, C. ARAMBOURG, L. JOLEAUD.
Le Bureau fait partie des Commissions d'impression et des Archives.

Comptabilité : A. MICHEL-LÉVY, P. LEMOINE, J. GANDILLOT.
Prix : Le président et les vice-présidents du Bureau, les anciens présidents, es lauréats et MM. J. DE LAPPARENT, P. LORY, A. CARPENTIER, Y. MILON, G. CORROY.

Délégués à la Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles :
MM. L. CAYEUX, Ch. JACOB, F. BLONDEL.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

AU 30 AVRIL 1938

Le signe [P] indique les membres à perpétuité et l'astérisque * les membres à vie.

---

1 1917 * **Abendanon** (**E.-C.**), Ing. des Mines, Nieuwe Laan, 12, Bussum (Pays-Bas).

1920 **Abrard** (**René**), Sous-Directeur du Lab. de Géol. du Muséum nat. d'H. N., 2, bd de Courcelles, Paris, XVII [Tél. Galvani 12-70].

1925 **Academia de Ciencias y Artes** de Barcelone, Rembla de Estudios, 9 (Espagne).

1920 * **Adkins** (**W. S.**), Bureau of Economic Geology, University of Texas, Austin (Texas, E.-U. A.).

1927 **Agafonoff** (**V.**), anc. Professeur à l'Univ. de Simféropol, 9, r. Jobbé-Duval, Paris, XV.

1931 **Agalède** (**Henry**), 20, r. du Sommerard, Paris, V, et 67, r. Béteille, Rodez (Aveyron).

1905 * **Aguilar Santillan** (**Raphaël**), Secrétaire perpétuel de la Société Antonio Alzate, Apartado 77-98, Mexico (Mexique).

1928 **Alimen** (Mlle **Henriette**), Dr ès sc., Professeur à l'École normale supérieure de Fontenay-aux-Roses (Seine).

1936 **Allègre** (**Roger**), Lic. ès sc., 20, r. Daviel, Paris, XIII.

1928 **Alloiteau** (**James**), Lic. ès sc., 11, r. de Fontenay, Bourg-la-Reine (Seine).

1905 * **Allorge** (**Maurice**), ancien Lecteur de Géogr. phys. à l'Univ. d'Oxford, 37, r. d'Alsace, Mantes (S.-et-O.).

1931 **Alnikine** (**Nicolas**), Lic. ès sc., Ing.-Géologue, r. des Écoles, Marrakech-Guéliz (Maroc).

1929 * **Amstutz** (**André**), Dr ès sc., Chambésy-Genève (Suisse).

1932 **Anderson** (**Robert van Vleck**), Socony-Vacuum Oil C^o^ Inc., 62, Sharia Ibrahim Pasha, Le Caire (Égypte).

1933 **Andrade** (**Carlos Freire d'**), Ing. des Mines, Professeur à l'Inst. d'Hydr., Naturaliste du Musée Minér. et Géol. de l'Univ. de Lisbonne (Portugal).

1931 **André** (**Auguste-Célestin-Marie**), Chimiste-Minéralogiste, av. Alexandre-Ribot, Savigny-sur-Orge (S.-et-O.).

1938 **Andrew** (**Geraldo**), Maître de Conférences de Géol. à l'Univ. égyptienne, Abbasia, Le Caire (Égypte).

1916 **Andrimont** (**René d'**), Ing. des Mines, 40, r. du Colisée, Paris, VIII.

1933 **Andrusov** (**Dimitrij**), Privat-docent de Géol. à l'Univ. Charles, ul. Ceskë Druziny, 1633, Prague-Dejvice (Tchécoslovaquie).

1929 [P] **Anglo Persian Oil C^o^**, Britannic House, Finsburg Circus, Londres E. C. 2 (Gr.-Bret.).

1921 **Anthoine** (**Raymond**), Ing.-Géologue, 34, av. des Nations, Bruxelles (Belgique).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1935 **Antonini** (**André**), Lic. ès sc. nat., Diplômé d'Études supér., Professeur adj. au Lycée de Garçons, Bastia (Corse).

1918 **Arambourg** (**Camille**), Professeur de Pal. au Muséum nat. d'H. N., 10, allée Victor-Hugo, Le Raincy (S.-et-O.) [Tél. 12-63].

1919 **Arbenz** (**Paul**), Professeur de Géol. à l'Univ., Gümligen près Berne (Suisse).

1907 **Argand** (**Émile**), Professeur de Géol. à l'Univ. de Neuchâtel (Suisse).

1924 * **Asselberghs** (**Étienne**), Dr ès sc., Professeur à l'Univ., 119 b, av. des Alliés, Louvain (Belgique).

1920 **Astre** (**G.**), Dr en pharmacie, Chargé de Cours à la Fac. des Sc., 47, r. Barrau, Toulouse (Haute-Garonne).

1931 **Atanasiu** (**Ion**), Professeur à la Fac. des Sc., Lab. de géol., Univ. de Jassy (Roumanie).

1909 **Aubert** (**Frédéric**), 12, r. Ingres, Montauban (T.-et-G.).

1937 **Aubert** (**Georges**), Chef de Travaux à l'Inst. des Recherches agronomiques, 8, cité Vaneau, Paris, VII.

1929 **Aubert-Couturier** (**Michel**), Capitaine, Service Géographique de l'Armée, 25, av. Mozart, Paris XVI.

1922 **Aubert de La Rüe** (**Edgar**), Dr ès sc., Ing.-Géologue, 6, r. des Princes, Boulogne-sur-Seine (Seine).

1922 **Aufrère** (**Léon**), Maître de Recherches, 15, r. Daubenton, Paris, V.

1928 **Auzel** (Mlle **Marguerite-Henriette**), Lic. ès sc., 5, square de la Bresse, Paris, XVI.

1934 **Avnimelech** (**Moché**), Assistant au Lab. de Géol. de l'Univ. hébraïque à Jérusalem (Palestine).

1924 **Aymé** (**A.**), Lic. ès sc., 43 *bis*, chemin du Télemly, Alger (Algérie).

1922 **Azam** (**Aimé**), Dr U. P., 1, av. Marceau, Paris, XVI.

1937 **Azard** (**Pierre-Edmond-Armand**), 94, av. de Suffren, Paris, XV.

1889 **Azéma** (**Joseph**), Lic. ès sc., 7, r. d'Enrouge, Pamiers (Ariège).

1919 **Babet** (**Victor**), Dr ès sc., Géologue du Gouvernement général de l'A. E. F., Brazzaville et 82, bd. Saint-Germain, Paris, V.

1929 **Bacelar Bebiano** (**José**), Ing. des Mines, r. D. Luiz de Moronha, 38, Lisbonne (Portugal).

1937 **Bacherelly** (**André**), Ing. au Corps des Mines, 160, bd Péreire, Paris, XVII.

1929 **Backlund** (**Helge**), Professeur de Min. et de Géol., Geological Institution of the University, Upsala (Suède).

1937 **Baeckeroot** (Abbé **G.**), Lic. ès sc. nat., Lic. ès lettres, Diplômé d'Études supérieures de Géogr., Wez-Macquart, La Chapelle-d'Armentières (Nord).

1934 **Baja** (**Roger**), Étudiant à la Fac. des Sc., 13, r. Croix-de-Régnies, Marseille (B.-du-Rh.).

1903 * **Ball** (**John**), Ph. D., Insp. en chef au Geol. Surv., Le Caire (Égypte).

1938 **Balland** (**René**), Professeur au Lycée de Périgueux (Dordogne).

1923 **Balmelle** (**Marius**), bd du Soubeyran, Mende (Lozère).

1938 **Barbier** (**Reynold**), Ing.-Géologue E. N. S. P., Assistant à l'Éc. nat. supérieure du Pétrole, 2, rue du Puits, Strasbourg (B.-Rhin).

1938 **Barbier** (**Yves**), Ing.-Géologue E. N. S. P., Ingén. à la Soc. Rodio, 2, rue du Puits, Strasbourg (Bas-Rhin).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1928 * **Barbour** (**G. B.**), Department of Geol. and Geogr., Old. Tech. Building, Univ. of Cincinnati (Ohio, E.-U. A.)

1921 **Barrabé** (**Louis**), Professeur à la Fac. des Sc., 95, bd. Jourdan, Paris, XIV.

1923 **Barrère** (**Pierre**), Lic. ès sc., 9, r. Léonce Reynaud, Paris, XVI.

1873 * **Barrois** (**Charles**), Membre de l'Institut, 41, r. Pascal, Lille (Nord).

1924 **Bartesago** (**Charles**), Opticien, r. des Marchands, Avignon (Vaucluse).

1906 * **Barthoux** (**Jean**), Dr ès sc., 39, r. de Jussieu, Paris, V.

1925 **Barton** (**Donald C.**), Consulting Geologist and Geophisicist, Humble Oil et Refining C°, Box 2180, Houston (Texas, E.-U. A.).

1934 **Basdevant** (**Georges-Robert-André**), Architecte, 17, r. Ernest-Cresson, Paris, XIV.

1927 **Basse de Ménorval** (Mme **Éliane**), Dr ès sc., Agr. de l'Univ., 10, av. Paul Appell, Paris, XIV.

1934 **Bataafsche Petroleum Mij**, 30, Carel van Bijlandtlaan, La Haye (Pays-Bas).

1924 * **Bataller** (**Dr R.**), Professeur à l'École d'Agriculture, 34, Trafalgar, Barcelone (Espagne).

1934 **Batard** (**Charles**), Lic. ès. sc., 21, place de la Préfecture, Laval (Mayenne).

1926 **Baud** (**L.**), Service géologique, Dakar (Sénégal, A. O. F.).

1925 **Baulig**, Professeur à la Fac. des Lettres, Inst. géographique, 2, place de la République, Strasbourg (Bas-Rhin).

1903 * **Bédé** (**Paul**), Correspondant du Muséum nat. d'H. N., Directeur du Jardin Zoologique de Sfax (Tunisie).

1935 **Bellair** (P.), 11, r. Gustave-Le Bon, Paris, XIV.

1930 * **Bennet** (**Walter Hellyer**), Ing. des Mines, 41, Southbrook Road, Lee, London, S. E. 12 (Gr.-Bret.).

1932 **Bergounioux** (**F M.**), Dr ès sc., Professeur de Géol. à l'Inst. Catholique de Toulouse (Haute-Garonne).

1931 **Berkaloff** (**Eugène**), Ing.-Géologue, av. Foch à Radès (Tunisie).

1927 **Berland** (**Louis**), Lic. ès sc., Ingénieur, 10 *bis*, r. Jaurès à Villejuif (Seine).

1894 **Bernard** (**Augustin**), Professeur à la Fac. des Lettres, 10, r. Decamps, Paris, XVI.

1912 [P] **Bernet** (**Edmond**), Dr ès sc., 4, r. St-Victor, Genève (Suisse).

1925 **Bernoulli** (**Walter**), Dr ès sc., Géologue, 57, Sissacherstrasse, Bâle (Suisse).

1913 **Berry** (**Edward Wilber**), Professeur de Pal. et de Géol., John Hopkins Univ., Baltimore (Maryld., E.-U. A.).

1929 **Berry** (**Willard**), Ph. D., Department Geol., Duke University, Durham, N. C. (E.-U. A.).

1934 **Bersier** (**Arnold**), Géologue, Musée Géologique de Lausanne (Suisse).

1890 **Bertrand** (**Léon**), Professeur hon. à la Fac. des Sc. et Professeur à l'Éc. centrale des Arts et Man., 2 *bis*, av. des Gobelins, Paris, V [Tél. Gobelins 54-60].

1919 * **Bertrand** (**Paul**), Professeur au Muséum nat. d'H. N., Laboratoire d'Anatomie comparée des Végétaux vivants et fossiles, 61, r. de Buffon, Paris V.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1925 **Besairie** (**Henri**), Dr ès sc., Service des Mines, Tananarive (Madagascar).

1924 **Bétier** (**G.**), Ing. en Chef des Mines, Directeur du Serv. de la Carte géol. d'Algérie, 145, Chemin du Télemly, Alger (Algérie).

1912 **Betim Paes Leme** (**Alberto**), Professeur à la sect. de Min. et de Géol. du Mus. d'H. N., 131, r. Santa Clemente, Rio de Janeiro (Brésil).

1919 * **Bezagu** (**Louis**), Capitaine, 61, cours d'Aquitaine, Bordeaux (Gironde).

1927 [P] **Bibliothèque centrale du Département des Industries gouvernementales** à Bandoeng (Indes néerlandaises).

1891 **Bibliothèque de la ville** d'Annecy (Hte-Savoie).

1920 **Bibliothèque de l'École des mines et de métallurgie**, Faculté technique du Hainaut, r. de Houdain, Mons (Belgique).

1935 **Bibliothèque de l'Université** d'Alger, r. Michelet, Alger (Algérie).

1899 [P] **Bibliothèque de l'Université** de Bâle (Suisse).

1920 **Bibliothèque de l'Université** de Besançon (Doubs).

1933 **Bibliothèque de l'Université** de Bordeaux (Gironde).

1890 **Bibliothèque de l'Université** de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

1918 **Bibliothèque de l'Université** de Dijon (Côte-d'Or).

1931 **Bibliothèque de l'Université** de Fribourg-en-Brisgau (Allemagne).

1890 **Bibliothèque de l'Université** de Grenoble (Isère).

1884 **Bibliothèque de l'Université**, palais de l'Université, Montpellier (Hérault).

1934 **Bibliothèque de l'Université** de Paris, 45, r. des Écoles, Paris, V.

1884 **Bibliothèque de l'Université** de Strasbourg (Bas-Rhin).

1920 **Bibliothèque publique**, 20, Souk El Attarine, Tunis (Tunisie).

1884 **Bibliothèque universitaire** de Méd. et Sc., allées St-Michel, Toulouse (Haute-Garonne).

1933 **Bichelonne** (**Denis**), Ing. au Corps des Mines, 5 *bis*, r. le Tasse, Paris, XVI.

1930 **Bieda** (Dr **Franciszek**), Professeur de Pal. à l'Univ. des Jagellons, 53, r. Grodzka, Cracovie (Pologne).

1931 **Bigeard** (**Edmond**), Lic. ès sc. nat., Pharmacien, Professeur à l'Éc. de Méd., 13, r. Nationale, Tours (Indre-et-Loire).

1887 **Bigot** (**A.**), Correspondant de l'Institut, Professeur hon. à la Fac. des Sc. de Caen, à Mathieu (Calvados) [Tél. 0-10].

1930 **Billings** (Dr **Marland**), Department of Geology, Harvard University, Oxford Street, Cambridge (Mass., E.-U. A.).

1937 **Birembaut** (**A.**), Ing. civil des Mines, Service géol. du Haut-Commissariat français, Beyrouth (Syrie).

1933 **Birot** (**Pierre**), Agr. de l'Univ., Assistant à la Fac. des Lettres, 10, av. Schneider, Clamart (Seine).

1930 **Blaise** (**Fernand**), Ing. civil des Mines et Ing.-Géologue, 121, r. Eugène van den Hoff, Grivegnée-lez-Liége (Belgique).

1934 **Blanc** (**Alberto Carlo**), 136, viale Carducci, Viareggio (Italie).

1921 **Blanchet** (**Fernand**), Dr ès sc. Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., 14, bd Gambetta, Grenoble (Isère).

1935 **Blanquet de Rouville** (**Jean de**), Ing. civil des Mines, 5, r. de la Grande-Juiverie, Sens (Yonne).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1923 * **Blondel (Fernand)**, Ing. en Chef des Mines, Directeur du Bureau d'Études géol. et minières coloniales, 13, r. de Bourgogne, Paris, VII (Tél. Inv. 23-33).

1937 **Blondel (Mme M.)**, 13, r. de Bourgogne, Paris, VII.

1921 **Blondet (Henri)**, Juge suppléant, r. de la Gare, Chambéry (Savoie).

1928 **Blumenthal (Maurice)**, Géologue, M. T. A. Enstitüsü, Service Géol., Ankara (Turquie).

1913 * **Bochin (François)**, Dr en méd., Lic. ès sc., Saint-Cyr-sur-Loire (Indre-et-Loire).

1892 **Bogdanowitch (Ch.)**, anc. Directeur du Comité géol. de Russie, 64, r. Polna, Varsovie (Pologne).

1931 **Böhm (Rodolphe)**, Dr ès sc., Lab. de Géol. de la Fac. des Sc. de Montpellier (Hérault).

1937 **Boisse** (Abbé **L.**), Les Granges-Gontardes, par Donzère (Drôme).

1921 **Boisse de Black (Mlle Y.)**, Dr ès sc., Lab. de Géogr. phys. de la Sorbonne, 18, r. Las Cases, Paris, VII.

1926 **Boit (A.)**, Directeur de l'Ec. primaire sup^re^ de Lisieux (Calvados) [Tél. 4-58].

1925 **Boizard de Guise (Jacques)**, Ing. des Mines, Cie des Mines d'Arrens, 5 *bis*, av. Philippe-Le-Boucher, Neuilly-sur-Seine (Seine).

1935 **Bondon (Jacques)**, Ing. au Corps des Mines, Service des Mines, Rabat (Maroc).

1909 * **Bonnet (Pierre)**, 3, r. Froidevaux, Paris, XIV.

1936 **Bonte (Antoine)**, Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., Lab. de Géol., 32, r. Mégevand, Besançon (Doubs).

1936 **Bordet (Pierre)**, Étudiant en Géol., 3, r. des Goncourt, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

1920 **Boubée (N.)**, Lic. ès sc., 3, place Saint-André-des-Arts, Paris VI.,

1884 * **Boule (Marcellin)**, Professeur hon. de Pal. au Muséum nat. d'H. N., Directeur de l'Inst. de Pal. humaine, 1, r. René Panhard, Paris, XIII.

1919 **Bourcart (Jacques)**, Professeur à la Fac. des Sc. de Paris, 3, r. de la Cité Universitaire, Paris, XIV [Tél. Gobelins 04-99].

1931 **Bourdariat (Marc)**, 8, r. Laurent-Pichat, Paris, XVI.

1934 **Bourgade (Eugène)**, 142, av. Jean-Jaurès, Paris, XIX.

1928 **Bourlier (Louis)**, Comptable, 9, bd Gambetta, Nogent-sur-Marne (Seine).

1920 * **Bourret (René)**, Dr ès sc., Professeur de l'Enseignement supérieur en Indochine, Lab. des Sc. nat. de l'Univ., bd Bobillot, Hanoï (Tonkin).

1889 **Boursault (Henri)**, Ing. principal hon. du Service des Eaux au Ch. de fer du Nord, 34, av. de Villiers, Paris, XVII.

1930 **Boussac (Mme Jean)**, 164, r. de Vaugirard, Paris, XV.

1931 **Bout (Pierre)**, Professeur au Lycée, Saint-Omer (Pas-de-Calais).

1932 **Boutakoff (Nicolas)**, Dr ès sc. de l'Univ. de Louvain, c/o Kern Trinidad Oil fields Limited, P. O. Box 55, San Fernando, Trinidad [B. W. I.] (Antilles Anglaises).

1904 **Bouzanquet**, Ing. des Arts et Man., 29, r. des Batignolles, Paris, XVII.

1925 **Bovier-Lapierre (Ed.)**, ancien Ministre des Pensions, 246, bd Raspail, Paris, XIV.

1931 **Brajnikov (Boris)**, Ing.-Géologue, Dr U. P., 28, r. Rousselet, Paris, VII.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1925 **Bramlette** (**Milton N.**), c/o U. S. Geological Survey, Washington, D. C. (E.-U. A.).

1933 **Breistroffer** (**Maurice**), Lab. de Géol. de l'Univ., place Notre-Dame, Grenoble (Isère).

1898 **Bresson** (**A.**), Dr ès sc., 16, quai Vauban, Besançon (Doubs).

1928 **Brichant** (**André**), Dr ès sc., Géologue, Consulting Mining et Geologist, Room 22, 417, Saint Peter street, Montreal (Canada).

1920 **Brière** (Mlle **Yvonne**), Dr ès sc., 2 *ter*, bd de l'Ouest, Le Raincy (S.-et-O.).

1914 * **Briquet** (**Abel**), Dr ès lettres, 25, pl. Eugène Andrieu, Doullens (Somme).

1924 **Brouwer** (Dr **H. A.**), Directeur du Geologisch Instituut der Universiteit, Nieuwe Prinsengracht, 130, Amsterdam (Pays-Bas).

1924 **Bruet** (**Edmond**), Dr ès sc., 7, r. Madiras, Courbevoie (Seine).

1914 **Brun** (**P. de**), Receveur des Domaines, St-Rémy-de-Provence (B.-du-Rh.).

1936 **Brunn** (**Jean**), Lic. ès sc., 15, r. d'Ulm, Paris, V.

1936 **Buchot** (**E.**), Naturaliste, 8, r. de Vaufleury, Laval (Mayenne).

1928 **Buisson** (**Émile**), Lic. ès sc., Diplômé d'Études supér., Administrateur Adj. des Colonies, Chef de subdivision à Fort Archambault, Oubangui Chari (A. E. F.).

1934 **Bujalski** (Dr **Boleslaw**), Matejki, 27, Stanislawlow (Pologne).

1930 **Bunge** (**E. M.**), Ing. des Mines de l'Univ. de Delft, Dr de l'Univ. de Grenoble, Staatsmijn Maurits, Lutterade (Pays-Bas).

1931 **Bureau d'Études géologiques et minières coloniales**, 13, r. de Bourgogne, Paris, VII.

1933 **Burri** (**Conrad**), Professeur extraord. de Minér. et de Pétrogr. à l'Éc. Polytechnique Fédérale, Lab. de Minér. de l'E.P.F., 5, Sonneggstrasse, Zurich (Suisse).

1924 **Butel** (**P.**), 39, r. de Reuilly, Paris, XII.

1926 **Buxtorf** (**Auguste**), Professeur de Géol. et de Pal. à l'Univ. de Bâle, Bernoullistrasse, 22, Bâle (Suisse).

1923 **Cahen** (**Jean**), Ing. civil des Mines, 6, r. de Douai, Paris, IX [Tél. Trudaine 30-57].

1933 **Caillère** (Mlle **Simonne**), Dr ès sc., Sous-Directeur du Lab. de Min. du Muséum nat. d'H. N., 61, r. de Buffon, Paris, V.

1933 **Cailleux** (**André**), Agr. de l'Univ., Professeur au Lycée de Brest, 11, r. Navarin, Brest (Finistère).

1931 **Campredon** (**Roger**), Ing.-Chimiste, r. Villez-Saint-Martin, Saint-Nazaire (Loire-Inf.).

1930 **Candel-Vila** (Dr **R.**), Institut Escola « Auzias March » Sarria-Barcelone (Espagne).

1911 **Carnegie Museum** (W. J. Holland, Dir.), Pittsburgh (Pens., E.-U. A.).

1918 **Carpentier** (Chanoine **A.**), Dr ès sc., Professeur de Botanique à la Fac. libre des Sc., 13, r. de Toul, Lille (Nord).

1937 **Casalta** (**Antoine**), Ing. civil des Mines, Ing.-Conseil, 8, r. Pasteur, Gap (Hautes-Alpes).

1929 **Caster** (**Kenneth**), Curator University of Cincinnati Museum (Ohio, E.-U. A).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1926 **Casteras** (**Marcel**), Agr. des Sc. nat., Professeur de Géol. à la Fac. des Sc. de Besançon, (Doubs).

1931 **Castex** (Dr **Louis**), 8, r. Vital Carles, Bordeaux (Gironde).

1930 **Catalogne** (**Roland de**), Ing. civil des Mines, 11, r. Tronchet, Paris, VIII.

1934 **Cavaca** (**Rogeiro Augusto**), Ing. des Mines et Assistant de Géol. à l'Inst. sup. technique de Lisbonne (Portugal).

1891 [P] **Cayeux** (**Lucien**), Membre de l'Institut, Professeur hon. au Collège de France, place Marcelin Berthelot, Paris, V, et Mauves-sur-Loire (Loire-Inf.).

1922 **Célérier**, Professeur Inst. des Hautes-Études marocaines, Lycée de jeunes filles de Rabat (Maroc).

1930 **Chabanaud** (**Paul**), Assistant à l'Éc. des Hautes-Études, 8, r. des Écoles, Paris, V.

1924 [P] **Chambre syndicale de l'Industrie du Pétrole**, 9, square Messine, Paris, VIII.

1880 **Chapuis** (**Albert**), Prés. de Section hon. au Trib. de Commerce de la Seine, 229, r. du Fg-St-Honoré, Paris, VIII.

1912 **Chaput** (**E.**), Professeur de Géol. et de Géogr. phys. à la Fac. des Sc. de Dijon (Côte-d'Or) et à l'Univ. de Stamboul (Turquie).

1927 **Charles** (**Florent**), Ing.-Géologue, Berneau (Belgique).

1869 * **Charreyre** (Abbé), à Alosiers, commune de la Fage-St-Julien, par St-Chély d'Apcher (Lozère).

1928 **Charrin** (**Paul**), Ing. civil des Mines, 1203, Eperson Blag, Houston (Texas, E.-U. A.) et 16, r. Chardon-Lagache, Paris, XVI.

1927 **Chartiez** (**Charles**), Entrepreneur de forages et sondages, 101, bd Thiers, Béthune (Pas-de-Calais) [Tél. n° 85].

1928 **Charvet** (**Louis**), Ing. au Corps des Mines, Cie industrielle du Platine, 2, r. de Commaille, Paris, VII.

1898 **Chatelet** (**Casimir**), 17, r. de la République, Avignon (Vaucluse).

1932 **Chaubet** (Mlle **Marie**), Préparateur de Géol. à la Fac. des Sc. de Montpellier, 5, r. Dessalle-Possel, Montpellier (Hérault).

1903 * **Chautard** (**Jean**), Dr U. P., 1, r. Savorgnan de Brazza, Paris, VII [Tél. Invalides 32-19].

1936 **Chauvet** (**L.**), Professeur hon., Villefort (Lozère).

1936 **Chavan** (**André L.**), Lic. ès sc., 1, av. Henri-Martin, Nanterre (Seine).

1922 **Chételat** (**Enzo de**), Dr ès sc., Ing.-Géologue, Oratam Lake Road, Monsey (N.-Y., E.-U. A.).

1938 **Chichery** (**Marcel**), 41, r. du 13 octobre, Laon (Aisne).

1932 **Chochine** (**Nicolas**), Ing.-Géologue, Service des Mines de l'A. E. F., à Brazzaville (A. E. F.).

1914 **Cholley** (**A.**), Professeur à la Fac. des Lettres, Inst. de Géogr., 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.

1929 **Choubert** (**Boris**), Ing.-Docteur, 104, rue Caulaincourt, Paris, XVIII.

1930 **Choubert** (**Georges**), Lic. ès sc., 139, r. Broca, Bat. 3, Paris, XIII. Service des Mines, Rabat (Maroc).

1931 **Cipolla** (Mgr **François**), Professeur à l'Univ. de Palerme, R. Istituto Superiore d'Ingegnieria, Palerme (Italie).

1925 **Ciry** (**Raymond**), Assistant de Géol., Fac. des Sc., Dijon (Côte-d'Or).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1921 **Cizancourt** (**H. de**), Ing. des Mines, Cie fr. des Pétroles, 11, r. du Docteur-Lancereaux, Paris, VIII [Tél. Carnot 51-81].
1930 **Cizancourt** (Mme **M. de**), Dr ès sc. nat., 71, av. Paul-Doumer, Paris, XVI [Tél. Trocadéro 42-31].
1928 **Clapp** (**Frederich G.**), Géologue-Conseil, 49, Warwick Road, Bronxville (N.-Y., E.-U. A.).
1931 **Clariond** (**L.**), Ing. au Bureau de Recherches et de Participations minières, B.P. 99, 72, r. de la Marne, Rabat (Maroc).
1935 **Claudet** (**Aymé**), Ing. à la Soc. de Prospections électriques, 30, r. Fabert, Paris, VII. C/o Schlumberger Well Surveying corp. Orpheum Bldg., Wichita, Kansas (E.-U. A.).
1904 * **Cléro** (**Maurice**), 21, r. Ledru-Rollin, Fontenay-aux-Roses (Seine).
1925 **Closas Miralles** (**Josep**), Tavern, 15 pral., Barcelone (S. G.) (Espagne).
1932 **Coatmen** (**Jean-René-Alain**), Les Hougues, Gouville-sur-Mer (Manche).
1937 **Cochin** (**Jean-Pierre-Denys-Marie**), Capitaine de Vaisseau (Réserve). 51, r. de Babylone, Paris, XVII.
1923 **Colani** (Mlle **M.**), Dr ès sc., 8, bd Doudard-de-Lagrée, Hanoi (Tonkin).
1919 * **Collet** (**Léon W.**), Professeur de Géol. à l'Univ., Lab. de Géol., quai de l'École de Médecine, Genève (Suisse).
1919 * **Collignon** (Commandant **Maurice**), État-major du Secteur Fortifié de Savoie, Chambéry (Savoie).
1920 **Collin** (**Léon**), Dr ès sc., Professeur d'Hist. nat. au Lycée de Rennes, 8, r. Hippolyte-Lucas, Rennes (Ille-et-Vilaine).
1934 **Colomb** (**Raoul**), Dr en méd., La Molette, Les Assions (Ardèche).
1926 **Colom-Casasnovas** (**Guillermo**), Pi y Margall, 23, Soller (Espagne).
1935 **Colon** (Mlle **Marguerite**), Professeur à l'Éc. normale d'Institutrices, 15, r. Saint-Sauveur, Évreux (Eure).
1934 **Comet** (**Alphonse**), Ing. civil des Mines, diplômé E. N. S. P., Soc. Pechelbronn S. A. E. M., Merkwiller Pechelbronn (Bas-Rhin)
1924 [P] **Comité électrométallurgique de France**, 13, r. Lafayette, Paris, IX.
1924 [P] **Commission des Ardoisières d'Angers**, 52, bd du Roi-René, Angers (M.-et-L.), et 170, quai Jemmapes, Paris, X.
1924 [P] **Cie de Produits chimiques et électrométallurgiques Alais, Froges et Camargue**, 199, r. du Faubourg-Saint-Honoré, Paris, VIII.
1879 [P] **Cie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée** (**le Prés. du Conseil d'Adm. de la**), 88, r. St-Lazare, Paris, IX.
1882 [P] **Cie des Forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons**, 19, r. de la Rochefoucauld, Paris, IX.
1879 [P] **Cie des Minerais de fer magnétique de Mokta-el-Hadid**, 60, r. de la Victoire, Paris, IX.
1924 [P] **Cie des Mines d'Aniche** (Nord).
1924 [P] **Cie des Mines d'Anthracite de La Mure** (Isère).
1924 [P] **Cie des Mines d'Anzin** (Nord).
1924 [P] **Cie des Mines de Béthune** à Bully-les-Mines (Pas-de-Calais).
1924 [P] **Cie des Mines de Bruay** (Pas-de-Calais).
1924 [P] **Cie des Mines de Courrières** à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
1924 [P] **Cie des Mines de Houille de Marles** (P.-de-C.), 2, sq. de l'Opéra, Paris, IX.
1879 [P] **Cie des Mines de la Grand'Combe**, 26, r. Laffitte, Paris, IX.
1924 [P] **Cie des Mines de l'Escarpelle** à Flers-en-Escrebieux (Nord).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1924 [P] **Cie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy** à Firminy (Loire).
1924 [P] **Cie des Mines de Vicoigne, Nœux et Drocourt**, 9, av. Percier, Paris, VIII.
1924 [P] **Cie des Mines d'Ouasta et de Mesloula**, prov. de Constantine (Algérie), 6, r. de la Rochefoucauld, Paris, IX.
1924 [P] **Cie des Phosphates de Constantine**, 9, r. Louis-Murat, Paris, VIII. [Tél. Carnot 14-22, 14-23].
1924 [P] **Cie des Phosphates et du Chemin de fer de Gafsa** (Tunisie), 60, r. de la Victoire, Paris, IX.
1932 **Cie Françse des Pétroles**, 11, r. du Docteur-Lancereaux, Paris, VIII.
1932 **Cie Générale de Géophysique**, 40, r. Saint-Dominique, Paris, VII [Tél. Ségur 37-55].
1924 [P] **Cie industrielle des Pétroles**, 54, r. de Londres, Paris, VIII.
1929 [P] **Cie minière du Congo français**, Mindouli (Afrique Équat. Franç.).
1924 [P] **Cie Standard franco-américaine**, 82, av. des Champs-Elysées, Paris.
1929 * **Comte (Pierre)**, 9, r. Cassini, Paris, XIV.
1932 **Condamin (A.)**, Ing. civil des Mines, Adj. au Directeur gén. de la Soc. des Charbonnages, Mines et Usines de Sosnowice (Pologne).
1932 * **Contaut (Henri)**, Ing.-Chimiste, Géologue, 92, av. Carnot, Saint-Max-lès-Nancy (Meurthe-et-Moselle).
1902 **Corbin (Paul)**, Ingénieur, 43, av. Foch, Paris, XVI.
1921 * **Corroy (Georges-Marie)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., place Victor-Hugo, Marseille (B.-du-Rh.).
1927 **Corsin (Paul)**, Assistant de Paléobotanique à la Fac. des Sc., 23, r. Jules-Gosselet, Lille (Nord).
1930 **Costabel (Antoine-Henri-Louis)**, Ingénieur, 22, r. de l'Arcade, Paris, VIII.
1904 **Cottreau (Jean)**, Dr ès sc., Sous-Directeur du Lab. de Paléont. du Muséum nat. d'H. N., 252, r. de Rivoli, Paris, I.
1906 * **Couffon (Olivier)**, Dr en méd., Conservateur du Musée d'H. N., 11, r. Hoche, Angers (M.-et-L.).
1937 **Couprie (James-Jean)**, 42, r. des Renaudes, Paris, XVII.
1930 **Courrière (Fernand)**, Instituteur hon., Cuxac-Cabardès (Aude).
1902 * **Courty (Georges)**, à Egly par Arpajon (S.-et-O.).
1920 **Cousin (Mlle G.)**, Chef des Travaux de Biologie animale à la Fac. des Sc., 12, r. Cuvier, Paris, V.
1930 **Cox (Benjamin B.)**, Géologue, Room 1134, 26, Broadway, New-York (N. Y., E.-U. A.).
1930 **Cox (P. T.)**, Géologue, c/o Anglo-Iranian Oil Co Ltd., Britannic House, Finsbury Circus, London E. C. 2 (Gr.-Bret.).
1923 **Cuvillier (Jean)**, Dr ès sc., Maître de Conférences de Géol. à l'Univ., Secrétaire général de l'Inst. d'Égypte, 10, r. Hawaiati, Le Caire (Égypte).

1932 **Dabout (Marcel)**, Lic. ès sc., Répétiteur au Lycée Louis-le-Grand, r. Saint-Jacques, Paris, V.
1921 **Daguin (Fernand)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc. de Bordeaux (Gironde).
1925 **Dainelli (Giotto)**, Directeur de l'Inst. Géol. de l'Univ. royale, via Lamarmora, 4, Florence, 14 (Italie).
1905 **Dalloni (Marius)**, Professeur à la Fac. des Sc., Directeur-adj. du Serv. Carte géol. de l'Algérie, Coll. au Serv. Carte géol. de la France, Alger (Algérie).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1906 **Dal Piaz (Georges)**, Professeur à l'Univ., Directeur de l'Istituto di Geologia, via Scapin, 20, Padoue (Italie).
1920 **Dangeard (Louis)**, Professeur de Géol. et Pal. à la Fac. des Sc. de Caen (Calvados).
1919 **Darder i Pericas (Bartolomé)**, Dr ès sc., Prof. à l'Inst. national, Llano Catedral, 1, Tarragone (Espagne).
1907 **Darton (Nelson H.)**, Géologue, U. S. Geol. Surv., Washington, D. C. (E.-U. A.).
1913 **Dasse** (Abbé **Joseph**), Curé-doyen, Pougues-les-Eaux (Nièvre).
1930 **Dauzère (Camille)**, Directeur de l'Inst. et Observ. de physique du Globe du Pic du Midi à Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
1927 * **Davies** (Lieut[t]-Colonel **L. M.**), R. A., F. G. S., 8, Garscube Terrace, Murrayfield, Edinburg, 12 (Écosse).
1935 **Deb (Siwasunder)**, Dr ès sc., Lab. de Géol. appliquée, 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.
1910 * **Decary (Raymond)**, Administrateur des Colonies, La Ferté-sous-Jouarre (Seine-et-Marne).
1931 **Dechaseaux** (Mlle **Colette**), Dr ès sc., 3, r. Paillet, Paris, V.
1938 **Deflandre (G.)**, Dr ès sc., Maître de Recherches, 95, r. de Monceau, Paris, VIII.
1927 **Dehay (Charles)**, Dr ès sc., Pharmacien, Professeur agr. à la Fac. de Médecine et de Pharmacie de Lille, 58, r. Saint-Géry, Arras (Pas-de-Calais).
1937 **Dehghan (Mohamed Hassin)**, Étudiant, Lab. de Géol. appliquée, 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.
1921 * **Dehorne** (Mlle **Lucienne**), Dr. ès sc., Chef des Travaux de Zool. à la Fac. des Sc., Sorbonne, Paris, V.
1927 **Dehu (Paul-Henri)**, Dr en méd., 15, av. Wilson, Paris, XVI.
1937 **Delaitre (Pierre, C.)**, 11, r. Verniquet, Paris, XVII [Tél. Galvani 81-83].
1896 * **Delamarre de Monchaux** (Comte), 6, r. de Bellechasse, Paris, VII.
1931 **Deleau (Paul-Camille)**, Lic. ès sc., Assistant Serv. Carte géol. de l'Algérie, 14, bd Baudin, Alger (Algérie).
1892 * **Delebecque (André)**, Ing. en Chef des P. et Ch., 57, r. des Vignes, Paris, XVI.
1901 **Delépine** (Chanoine **G.**), Doyen de la Fac. libre des Sc., 13, r. de Toul, Lille (Nord).
1935 **Delga (Gérard)**, Ing. civil des Mines, Ing.-Géologue, 2, r. Barca, Tunis (Tunisie).
1936 **Delpey** (Mlle **Geneviève**), Lic. ès sc., 29, av. de Versailles, Paris, XVI.
1923 **Demay (A.)**, Ing. en Chef au Corps des Mines, Professeur à l'Éc. nat. supér. des Mines, 15, av. Élisée-Reclus, Paris, VII [Tél. Invalides 10-93].
1934 **Demonque (M.)**, Ing. des Mines, 1, calle Tres Roures à Manresa, prov. de Barcelone (Espagne).
1923 **Denaeyer (Marcel E.)**, Dr ès sc., Professeur de Min. et de Lithologie à l'Univ., 70, av. Hamoir, Uccle, Bruxelles (Belgique).
1917 **Denizot (G.)**, Chargé de Cours de Géol. appliquée à la Fac. des Sc., Marseille (B.-du-Rh.).
1937 **Déribéré (Maurice)**, Ing. E. B. P., Directeur des Usines Mizgier, Argentine (Savoie).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1930 **Derville** (**Henry**), Assistant à l'Univ. de Strasbourg, 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
1931 **Desio** (**Ardito**), Directeur de l'Inst. Géol. de l'Univ. Royale, Via Botticelli, 67, Milan (Italie).
1937 **Desjardin** (**Max-Marcel-Émile**), Étudiant, 101, av. J.-B. Clément, Boulogne-sur-Seine (Seine).
1934 **Despujols** (**P.**), Ing. en Chef des Mines, Chef du Serv. des Mines et de la Carte Géol. du Maroc, Rabat (Maroc).
1929 **Dichter** (**Gabriel**), Directeur de la Revue Pétrolifère, 23, r. de Constantinople, Paris, VIII.
1924 **Direction générale des Travaux publics de Tunisie** (Service des Mines) à Tunis.
1921 * **Djanélidzé** (**A.**), Professeur à l'Univ., 7, Vardissoubnis, Tiflis (Géorgie).
1922 **Doello-Jurado** (**Martin**), Professeur de Pal. à l'Univ. de Buenos-Aires (République Argentine).
1904 * **Dollé** (**L.**), Professeur d'Hydrogéol. à la Fac. des Sc., 23, r. Jules-Gosselet, Lille (Nord).
1932 **Dollfus** (**Robert Ph.**), Secrétaire gén. de l'Office faunistique du Maroc, 57, rue Cuvier, Paris, V. [Tél. Gobelins 40-11].
1898 **Doncieux** (**Louis**), Chargé d'un Cours complémentaire de Géol. à la Fac. des Sc., 3, r. de Jarente, Lyon (Rhône).
1929 **Donnay** (**J. D. H.**), Ing. civil des Mines de Liége, Associate in Miner., Geol. Depart[t], John Hopkins Univ., Baltimore (Md., E.-U. A.).
1931 **Donon** (**Marcel-Denis**), Ing. agricole, 139, bd Haussmann, Paris, VIII.
1920 * **Doornik** (**Jan**), Ing.-Géologue, 84, r. Lauriston, Paris, XVI.
1930 **Dorlodot** (**Jean de**), Directeur du Musée houiller de Belgique, 38, r. de Bériot, Louvain (Belgique).
1934 **Douvillé** (**François**), 55, r. du Cherche-Midi, Paris, VII.
1934 **Dresch** (**Jean**), Agr. de l'Univ., Professeur au Collège Franco-Musulman, 17, av. de Tunis, Rabat (Maroc).
1925 * **Dreyfuss** (**Maurice**), Dr ès sc., Assistant de Géol. à la Fac. des Sc. de Montpellier (Hérault).
1932 **Dreyfuss** (**Robert**), Lic. ès sc., 1, r. de l'Amiral-Courbet à Saint-Mandé (Seine).
1911 **Dropsy** (**U.**), Ingénieur, 8, r. Le Dantec, Paris, XIII.
1918 **Dubar** (**G.**), Dr ès sc., Maître de Conférences à l'Univ. catholique de Lille, 123, r. de Tourcoing, Mouvaux (Nord).
1926 **Dubertret** (**Louis**), Ing. civil des Mines, Haut Commissariat, Beyrouth (Syrie).
1935 **Dubertret** (Mme **Rita**), 100, r. de Rennes, Paris, VII.
1932 **Dublange** (**A.**), Pharmacien, 36, rue Jean-Soula, Bordeaux (Gironde).
1922 **Dubois** (**Georges**), Professeur de Géol. et de Pal. à la Fac. des Sc., Président du Comité d'Adm. du Serv. de la Carte Géol. d'Alsace et Lorraine, Inst. géol., 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
1929 **Dubois** (**J.**), Cie Mokta el Hadid, Boîte Postale 118, Rabat (Maroc).
1921 **Duffour** (**A.**), Professeur de Min. à la Fac. des Sc. de Toulouse (Haute-Garonne).
1923 **Dumas** (**Lucien**), Ing. en Chef au Corps des Mines, 2, r. Gribeauval, Paris, VII.
1937 **Dumitrescu** (**Pantélimon**), Lic. ès sc., 60, r. de Seine, Paris, VI

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1937 **Dumon (Étienne)**, Lic. ès sc., Ing.-Géologue au Syndicat d'Études et de Recherches pétrolières en Tunisie, 2, r. Barca, Tunis (Tunisie).

1932 **Dumon (Paul)**, Ing. des Mines, Géologue, 15, Chemin du Vossegat Uccle-Bruxelles (Belgique).

1926 **Duparque (André)**, Professeur de Pétrographie à la Fac. des Sc. de Lille, 31, r. des Pyramides, Lille (Nord).

1928 **Durand (J.)**, Ing. en Chef au Corps des Mines, 34, r. de Metz, Toulouse (Haute-Garonne).

1914 **Durand (J.-F.)**, Professeur à la Fac. des Sc. (Pharmacie), Institut chimique, r. de l'École Normale, Montpellier (Hérault).

1919 **Dutertre (A.-P.)**, Lic. ès sc., Chargé de Cours à la Fac. des Sc. de Lille, Conserv. des Musées municipaux, Grande Rue, Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).

1902 **Dutertre (Emile)**, Dr en méd., Conserv. des Musées municipaux, 12, r. Coquelin, Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).

1927 **Ecole technique des Mines**, Alès (Gard).

1888 **Ecole nationale des Eaux et Forêts**, r. Girardot, Nancy (M.-et-M.).

1925 **Ecole nationale supérieure des Mines** de Saint-Étienne (Loire).

1927 **Ecole nationale supérieure du Pétrole**, 2, r. Boussingault, Strasbourg (Bas-Rhin).

1937 **Edelman (C. H.)**, Professeur de Géol. à l'Éc. supérieure d'Agriculture, Wageningen (Pays-Bas).

1920 **Ehrmann (France)**, Assistant de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc., Villa « Hélène », chem. Joseph-Picard, Alger (Algérie).

1938 **Ellenberger**, École normale supér., 45, r. d'Ulm, Paris, V.

1933 **Emelianof (G.)**, Géologue, 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).

1928 **Ennouchi (Émile)**, Dr ès sc., Lycée Voltaire, 101, av. de la République, Paris, XI.

1928 **Estival (Jean)**, Ing. en Chef des Mines, 10, r. Ferrère, Bordeaux (Gironde).

1930 **Fabiani (Ramiro)**, Directeur de l'Inst. géol., R. Univ., Palerme (Italie).

1933 **Fabre (Aurélien)**, Inspect. de l'Enseignement primaire, 178, r. Berruer, Bordeaux (Gironde).

1936 **Fabre** (Mlle **Suzanne**), Lic. ès sc., D. E. S., Lab. de Géol., pl. Victor-Hugo, Marseille (B.-du-Rh.).

1908 * **Fallot (Paul)**, Professeur de Géol. au Collège de France, place Marcelin-Berthelot, Paris, V.

1927 **Faraud (Marcel)**, Lic. ès sc., Ingén., Saint-Victor-la-Coste (Gard).

1935 **Farchad (Hadji)**, Dr ès sc., Lab. de Géol. de l'Univ. de Téhéran, Éc. normale supérieure, Téhéran (Iran).

1914 **Faura i Sans (Marian)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Provença 324, Pral., Barcelone (Espagne).

1936 **Fenaux (A.)**, 119, r. Paradis, Marseille (B.-du-Rh.).

1931 **Filipesco (Miltiade G.)**, Inst. Géol. roumain, 2, chaussée Kiseleff, Bucarest (Roumanie).

1925 **Finaton (Charles)**, Lic. ès sc., Ing.-Géologue, 17, r. Monge, Paris, V.

1937 **Firtion (F.)**, Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1929 **Fisch** (**Walter Ch.**), Dr ès sc., A. I. A. G., Etzelstr. 31, Zurich 2 (Suisse).
1938 **Flamand** (**Pierre**), Ing. civil des Mines, 148, av. de Wagram. Paris, XVII.
1930 **Flandrin** (**Jacques**), Assistant Serv. Carte géol. de l'Algérie, 14, bd Baudin, Alger (Algérie).
1905 **Fleury** (**Ernest**), Professeur à l'Inst. technique supér., Lisbonne (Portugal).
1924 [P] **Forges de Hayange et Moyeuvre** (**Les Petits-Fils de François de Wendel et Cie**) à Hayange (Moselle).
1892 **Fortin** (**Raoul**), Géologue, Coll. Serv. Carte géol. de la France, 24, r. du Pré, Rouen (Seine-Inf.).
1923 * **Fourmarier** (**Paul**), Professeur à l'Univ. et à l'École des Mines, Liége (Belgique).
1892 **Fournier** (**Eugène**), Professeur hon. de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc., La Roselière, Brégille, Besançon (Doubs).
1931 **France** (Vicomte **Henri de**), Château d'Arry, par Reynière-Écluse (Somme).
1937 **François** (**André-René**), Ing. E. C. P. à Phontiou, par Pak-Hin-Boun, Laos (Indochine).
1904 **Freydenberg** (Général **Henri**), Dr ès sc., 4, av. de Ségur, Paris, VII.
1929 **Freymann** (**E. R. Henri**), Éditeur scientifique, 6, r. de la Sorbonne, Paris, V (Tél. Odéon 14-19).
1938 **Friedel** (**E.**), Ing. en Chef des Mines, Sous-Directeur de l'Éc. nat. sup. des Mines, 60, bd Saint-Michel, Paris, V.
1938 **Frollo** (Mlle **M. M.**). Préparatrice au Lab. de Géol. de l'Univ., 26, strada Andrei Muresanu, Parcul Filipescu, Bucarest III (Roumanie).
1924 * **Fromaget** (**Jacques**), Dr ès sc., Chef du Serv. géol. de l'Indochine, av. Galliéni, Hanoi (Tonkin).
1936 **Furet** (**Pierre**), 10, bd. Émile-Augier, Paris, XVI.
1921 **Furon** (**Raymond**), Dr ès sc., 87, bd de Lorraine, Clichy.

1921 * **Gagnebin** (**Elie**), Professeur de Géol. à l'Univ. de Lausanne (Palais de Rumine) (Suisse).
1924 **Gagnière** (**Sylvain**), 49, r. Thiers, Avignon (Vaucluse).
1930 **Galliot** (**Armand**), Inspecteur général des Mines, Directeur du Bureau de Documentation minière, 10, r. César-Franck, Paris, XV.
1922 * **Gandillot** (**Jean**), Assistant à la Fac. des Sc., 149, r. de la Pompe, Paris, XVI [Tél. Passy 16-23].
1901 * **Garde** (**Gilbert**), Dr ès sc., Ancien Chargé du Cours de Min. à la Fac. des Sc., 19, r. Kessler, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
1923 **Gardet** (**Gustave**), Secrétaire-adj. d'Inspection académique, 58, r. Henri-Déglin, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
1935 **Garret** (**G.**), Pharmacien, 6, r. Commandant-Girardot, Vesoul (Haute-Saône).
1930 **Gautier** (**Marcel**), Assistant au Serv. de la Carte géol. de l'Algérie, 14, bd Baudin, Alger (Algérie).
1937 **Gay** (**Robert**), Agr. des Sc. Nat., 20, r. du Grand-Saint-Jean, Montpellier (Hérault).
1934 **Gence** (**Maurice**), Ing. T. P. E., Agent Voyer, Diégo-Suarez (Madagascar).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1936 **Geologisch Laboratorium van's Rijks Universiteit**, 6, r. de la Roseraie, Gand (Belgique).

1933 **Geologisch-Palaeontologisches Institut der Universität**, Bahnhofstrasse, 28, Gottingen (Allemagne).

1928 **Geology Departt of the California, Institut of Tecnology**, Pasadena (Californie, E.-U. A.).

1931 **George (Pierre)**, Prof. agr. au Lycée Charlemagne, 120, bd Richard-Lenoir, Paris, XI.

1922 **Gérard** (Colonel **Ch.**), 5, cours Léopold, Nancy (M.-et-Moselle).

1929 **Gérard** (Dr **Marc**), Lic. ès sc., Bressieux, par Saint-Pierre-de-Bressieux (Isère).

1937 **Gerber** (Lieut.-Cel) en retraite, Villa Ernestine, 42, route de Bellet, Nice (Alpes-Mar.).

1938 **Germain (Jacques)**, Architecte D. P. L. G., Villa Peirounello à Carqueiranne (Var).

1928 **Germain (Paul)**, Ing. des Mines, 5, r. Joseph-Bara, Paris, VI.

1931 **Gerth (H.)**, Prof. Dr A. H. P., Nieuwe-Prinsengracht , 130, Amsterdam (Pays-Bas).

1936 **Gèze (Bernard)**, Ing.-Agronome, 16, r. Claude-Bernard, Paris, V.

1929 **Ghika-Budesti (Stefane N.)**, Dr ès sc., Géologue à l'Inst. géol, 2, Chaussée Kiseleff, Bucarest (Roumanie).

1931 **Ghitulesco (Thomas-Pierre)**, Ing. des Mines, 107, r. Viitorului, Bucarest III (Roumanie).

1909 **Gignoux (Maurice)**, Correspondant de l'Inst., Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., Grenoble (Isère) [Tél. 3-37].

1937 **Gigout (Marcel)**, av. Jean-Jaurès, Brou-sur-Chantereine (Seine-et-Marne).

1932 **Gillard (Pierre A.)**, Lic. ès sc., Diplômé d'Études sup. de Géol., Répétiteur au Lycée Nat., Laboratoire de Géologie. Faculté des Sciences de Poitiers (Vienne).

1918 **Gillet** (Mlle **S.**), Dr ès sc., Chef des Travaux à la Fac. des Sc., Inst. de Géol., 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).

1930 **Gin (Étienne-Louis)**, Chef d'Études principal de la Cie P.-L.-M., en retraite, 27, bd Dupin à Varzy (Nièvre).

1924 * **Glangeaud (Louis)**, Dr ès sc., Maître de Conférences à la Fac. des Sc. de Bordeaux (Gironde).

1932 **Goar (Isidore)**, Ing. des Mines, Directeur des Travaux du Syndicat de la Bidassoa, Elizondo (Navarra, Espagne).

1921 **Goblot (Henri)**, Ing. civil des Mines, Koszykowa 6a, no 14, Varsovie (Pologne).

1906 **Godefroy (René)**, Ingénieur aux Aciéries de Longwy, 12, r. Edouard Dreux, Gouraincourt Longwy (Meurthe-et-Moselle).

1931 **Goguel (Jean)**, Dr ès Sc., Ing. au Corps des Mines, 100, r. du Bac, Paris, VII [Tél. Littré 76-13].

1911 * **Goldman (Marcus)**, U. S. Geol. Surv., Washington, D.C. (E.-U. A.).

1929 **Gortani** (Dr **Michele**), Professeur de Géol. à l'Univ. de Bologne, Museo Capellini, via Zamboni, 63, Bologne (Italie).

1913 **Goujon (Gustave)**, 21, r. du Pavillon, Boulogne-sur-Seine (Seine).

1879 **Gourdon (Maurice-Marie)**, Vice-Président de la *Soc. Ramond*, 7, r. Germain-Boffrand, Nantes (Loire-Inf.).

1938 **Gouskov (N.)**, Ing.-Géologue, Société Chérifienne des Pétroles, Souk el Arba du Rharb (Maroc).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1910 * **Grandjean (François)**, Membre de l'Institut, Insp. gén. des Mines, 8, square de l'Alboni, Paris, XVI.
1919 **Grange (Pierre)**, Dr en méd., 14, av. de Saxe, Lyon (Rhône).
1924 [P] **Groupe des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est**, 25, r. de Clichy, Paris.
1925 **Gubler (J.)**, Dr ès sc., Service des Mines, Rabat (Maroc).
1925 **Gubler-Wahl (Mme Yvonne)**, Dr ès sc.
1924 * **Guérin Ventura (Mario)**, Calle Mallorca, 281-3°-2, Barcelone (Esp.).
1933 **Guigue (Mlle S.)**, Lic. ès sc., Chef du Lab. du Serv. des Mines de l'Algérie, 14, bd. Baudin, Alger (Algérie).
1931 **Guillanton**, Ing. en Chef au Corps des Mines, Ministère des Colonies, Inspection gén. des Travaux Publics, 27, r. Oudinot, Paris, VII.
1923 **Guillaume (L.)**, Agr. de l'Univ., Chef des Travaux à la Fac. des Sc., Inst. géol., 1, r. Blessig, Strasbourg (Bas-Rhin).
1918 **Guyot (Henri)**, Inspecteur-adj. des Eaux et Forêts, 20, bd Clemenceau, Metz (Moselle).

1924 **Haas (J. O.)**, Ing.-Géologue, Port-Gentil, Gabon (A.E.F.)
1917 **Harraca (Emmanuel)**, 12, r. Fontaine-Grelot, Bourg-la-Reine (Seine).
1906 **Harris (Gilbert-Denison)**, Professeur Palaeontological Research Institution, 126, Kelvin Place, Ithaca (N. Y., E.-U. A.).
1930 * **Harrisson (John Vernon)**, Géologue de l'Anglo-Iranian Oil C°, 34, Rowallan Gardens, Glascow W 1 (Écosse).
1930 **Hatt (J. Pierre)**, 1, bd Paul Déroulède, Strasbourg (Bas-Rhin).
1926 * **Hawkins (Glenn de Wayne)**, Géologue, Standard Oil of N. Y., 141, Le Moyne Avenue, Washington (Penn., E.-U. A.).
1922 **Hawxhurst (Robert)**, Ing.-Géologue des Mines, 2, Presidio Terrace, 417, Crocker first National Bank Building, San Francisco (Calif., E.-U. A.).
1934 **Heim (Dr Arnold)**, Géologue, 20, Tobelhofstrasse, Zurich, 7 (Suisse).
1922 * **Henny (Gerhard)**, Dr ès sc., Post Box 922, Ponca City (Oklahoma, E.-U. A.).
1928 **Henry (Pierre)**, Ing. civil des Mines, 28, rue de Geôle, Caen (Calvados).
1920 * **Henry-Coüannier (André)**, Ing.-Conseil, 63, av. des Champs-Élysées, Paris, VIII.
1936 **Henson (Francis, Roger, Spencer)**, Géologue, c/o Wesminster Bank Ltd., 41, Lothbury, London, E. C. 2 (Gr.-Bret.).
1925 * **Hermann (Frédéric)**, Dr ès sc., 7, strada Costagrande, Pinerolo (Italie).
1938 **Heybroek (Fr.)**, Haut Commissariat, Beyrouth (Syrie).
1922 * **Hodson (Floyd)**, P. O. Box 368, Hallandale (Florida, E.-U. A.).
1924 * **Hodson (Mrs Helen King)**, P. O. Box 368, Hallandale (Florida, E.-U. A.).
1927 * **Hoffet (J.-H.)**, Dr. ès sc., Serv. géol. de l'Indochine, r. de la Concession, Hanoi (Tonkin).
1925 **Hoffmann (C.)**, Géologue 79, Grandes Arcades, Strasbourg (Bas-Rhin).
1915 * **Houdard (J.)**, Lic. ès sc., Pharmacien, 18, av. Foch, Auxerre (Yonne).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1931 **Hourcq (Victor)**, Géologue 23, av. Bouchaud, Nantes (Loire-Inf.).
1934 * **Howarth (Wilfred Edgar)**, Conservateur du Musée, Depart[t] of Geology, National Museum of Wales, Cathays Park, Cardiff (Gr.-Bret.).
1931 **Hubach (Enrique)**, Dr ès sc., Géologue du Ministère des Industries à Bogota (Colombie).
1908 **Hubert (Henry)**, Dr ès sc., Inspecteur gén. du Serv. Météorologique colonial, Prof. à l'Éc. coloniale, 5, r. Raynouard, Paris, XVI.
1911 **Hulster (de), Faibie et Cie**, Ing.-Sondeurs, 39, av. Victor-Emmanuel III, Paris, VIII [Tél. Elysées 19-75, 19-76].
1931 **Humery (R.)**, Ing. civil des Mines, 28, r. de Liége, Paris, VIII [Tél. Europe 44-78].
1935 **Hupé (Pierre)**, Professeur agr. des Sc. Nat., 9, square Charles-Laurent, Paris XV.

1889 **Imbeaux** (Dr **Éd.**), Correspondant de l'Inst., Ing. en Chef des P. et Ch., 18, r. Émile-Gallée, Nancy (Meurthe-et-Moselle).
1936 **Imperial College of Science and Technology** c/o Professor P.G. H. Boswell, South Kensington, London S. W. 7 (Gr.-Bret.).
1933 **Institut de Géologie**, Palazzo Carignano, Turin, 108 (Italie).
1881 **Institut de Géologie et de Paléontologie de l'Université**, Strasbourg (Bas-Rhin).
1930 **Institut Géologique et Minéralogique de l'Université d'Utrecht** (Pays-Bas).
1921 [P] **Institut Géologique de l'Université de Cluj** (Roumanie).
1910 **Institut Géologique de l'Université de Cracovie** (Pologne).
1933 **Institut Géologique de l'Université de Louvain**, 10, r. Saint-Michel, Louvain (Belgique).
1921 [P] **Institut Géologique de l'Université Masaryk**, 59, Kounicova, Brno (Tchécoslovaquie).
1937 **Institut Géologique, École Polytechnique Tchèque**, Trojarava, 13, Prague (Tchécoslovaquie).
1933 **Institut Géologique et Paléontologique de l'Université de Rome** (Italie).
1933 **Institut Géologique et Minier d'Espagne**, Madrid (Espagne).
1892 **Institut national Agronomique**, 16, r. Claude-Bernard, Paris, V.
1923 **Institut scientifique chérifien**, Rabat (Maroc).
1931 **Institut supérieur technique**, Lab. de Géol., r. Boa Vista, Lisbonne (Portugal).

1930 **Jaccard (Frédéric)**, Privat-Docent à l'Univ. de Lausanne, chalet Sans-Souci à Pully (Vaud, Suisse).
1904 **Jacob (Charles)**, Membre de l'Institut, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.
1937 **Jacob** (Mlle **Marguerite**), Lab. de Géol. de la Sorbonne, 1, r. Victor-Cousin et 1, Place du Panthéon, Paris, V.
1935 **Jacquet (André)**, Ing., 26, r. des Plantes, Paris, XIV.
1938 **Jaranoff (Dimitri)**, Maître de Conférences à l'Univ. de Sofia (Bulgarie).
1918 **Jeannet (Alphonse)**, Professeur à l'Éc. polytechnique fédérale, 5, Sonneggstrasse, Zurich 6 (Suisse).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1921 **Jérémine** (Mme **Elisabeth**), Dr ès sc., Lab. de Min. du Muséum, 61, r. de Buffon, Paris, V.

1907 * **Jodot** (**Paul**), Chef des Travaux de Géol. gén. à l'Éc. nat. supér. des Mines, 12, r. du Regard, Paris, VI.

1924 * **Johnson** (**Harlan**), Professeur de Géol. à l'École des Mines de Golden, Box 336 (Colorado, E.-U. A.).

1933 **Johnston** (**Francis Newlands**), 32, r. de l'Assomption, Paris, XVI.

1903 **Joly** (**Henri**), Professeur à la Fac. des Sc., Coll. Serv. Carte géol. de la France, 11, bd Georges-Clemenceau, Nancy (M.-et-M.).

1927 **Joly** (**Robert de**), Président du Spéléo Club de France, Uchaud (Gard) [Tél. n° 8].

1925 **Jongmans** (**W. J.**), Directeur du Serv. géol. de Limbourg, 86, Akerstraat, Heerlen (Pays-Bas).

1900 * **Jordan** (**Paul**), Ing. au Corps des Mines, 4, r. de Luynes, Paris, VII.

1927 **Jourdain** (**Pierre**), Ing. civil, Ingénieur en chef des Mines de Bor, Banovina de la Morava (Yougoslavie).

1863 **Jourdy** (Général **Émile**), 44, av. Charles-Floquet, Paris, VII.

1923 **Jung** (**Jean**), Professeur à la Fac. des Sc. de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

1934 **Jungst** (Dr **H.**), Privat-Docent à l'Univ. de Darmstadt, Küchlerstrasse, 4, Darmstadt (Allemagne).

1933 **Juville** (**Henri**), Ing. civil des Mines, 54, bd Maillot, Neuilly-sur-Seine (Seine).

1932 **Katchevsky** (**Alexandre**), 7, r. Malebranche, Paris, V.

1928 **Keller** (**Alexandre**), Lic. ès sc., c/o British Oil Developments, Mosul (Iraq).

1922 **Kettner** (Dr **Radim**), Professeur à l'Inst. géol. de l'Univ. Charles, Albertov, 6, Prague, II (Tchécoslovaquie).

1923 **Kilian** (**Conrad**), 23, r. du Bac, Paris, VII.

1936 **Koch** (Dr **Lauge**), Slotholmsgade, 10, Copenhague (Danemark).

1928 **Koch-Lambert** (Dr **Richard E.**), 30, Carel van Bylandtlaan, La Haye (Pays-Bas).

1937 **Korableff** (**Georges**), Lic. ès sc., Ing.-Géologue, 23, r. Jean-de-Beauvais, Paris, V.

1925 **Kouriatchy** (**N.**), Ingénieur, 202, Grande-Rue à Noisy-le-Grand (S.-et-O.).

1926 **Koutek** (**Jaromir**), Dr ès sc., Statni geologicky ustav C. S. R., Loretánské namesti, 3, Praha IV-109 (Tchécoslovaquie).

1936 **Kovenko** (**Vladimir**), Ing. civil des Mines, 8, Okula sok. Yenişehir, Ankara (Turquie).

1921 **Kozlowski** (**Roman**), Professeur de Paléont. à l'Univ. de Varsovie (Pologne).

1928 **Kranck** (**E. H.**), Dr ès sc., Engelsplaten, 5, Helsingfors (Finlande).

1921 **Laboratoire de Géographie physique** de la Fac. des Sc. de Paris, 1, r. Victor-Cousin, Paris, V [Tél. Odéon 24-13, l. 14].

1925 **Laboratoire de Géologie appliquée**, 191, r. Saint-Jacques, Paris, V [Tél. Odéon 32-72].

1891 **Laboratoire de Géologie** de la Fac. des Sc. de Caen (Calvados).

1904 **Laboratoire de Géologie** de la Fac. des Sc. de Paris, 1, r. Victor-Cousin, Paris, V [Tél. Odéon 24-13, l. 10].

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1903 **Laboratoire de Géologie** de l'Éc. nat. d'Agr. de Grignon (S.-et-O.).
1905 **Laboratoire de Géologie** de l'Éc. norm. sup., 45, r. d'Ulm, Paris, V. [Tél. Odéon 06-45].
1933 **Laboratoire de Géologie** de l'Éc. norm. sup. de Téhéran (Iran).
1930 [P] **Laboratoire de Géologie** de l'École polytechnique de Timisoara (Roumanie).
1912 **Laboratoire de Géologie** du Collège de France, Place Marcellin-Berthelot, Paris, V [Tél. Odéon 07-39].
1936 **Laboratoire de Géologie** de l'Université de Bruxelles, 50, av. des Nations, Bruxelles (Belgique).
1894 **Laboratoire de Paléontologie** du Muséum nat. d'H. N., 3, pl. Valhubert, Paris, V [Tél. Gobelins 36-48].
1926 **Lacoste** (**Jean**), Dr ès sc., Chef du Serv. géol. du Bureau de Recherches et Participations minières, 15, r. de la Somme, Rabat, (Maroc).
1886 **Lacroix** (**Alfred**), Secrétaire perpétuel de l'Acad. des Sc., Professeur hon. de Min. au Muséum nat. d'H. N., 23, r. Jean-Dolent, Paris, XIV [Tél. Gobelins 36-27].
1920 **Lacroix** (**Eugène**), Dr en méd., 47, Grande-rue des Charpennes, Lyon (Rhône).
1926 * **Laféteur** (**Ferdinand**), 22, r. du Temple, La Rochelle (Charente-Inf.).
1931 **Laffitte** (**Robert**), Lab. de Géol. du Muséum, 61, r. de Buffon, Paris, V.
1936 **Lafitte** (Mlle **Valentine**), 57, bd Armand-Duportal, Toulouse (Haute-Garonne).
1927 **Lagorgette** (**Jean**), Conserv. du Musée, 2, r. Marigny, Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or).
1923 **Lagotala** (**Henri**), Dr ès sc., Privat-docent à l'Univ., 16, r. de l'Éc.-de-Médecine, Genève (Suisse).
1924 [P] « **La Houve** », Société anonyme de Mines et d'Électricité, 2, allée de la Robertsau, Strasbourg (Bas-Rhin).
1913 **Lamare** (**Pierre**), Dr ès sc., Lic. en dr., Professeur à l'Inst. Nat. Agronomique et à l'Éc. Nat. d'Agriculture de Grignon, 16, r. Ernest-Cresson, Paris, XIV [Tél. Suffren 49-96].
1938 **Lambert** (**Alexis**), Collab. du Service Géol. de l'Algérie, Izarazène par Agribs (Algérie).
1872 * **Lambert** (**Jules**), Président hon. du Tribunal civil de Troyes, 30, r. des Boulangers, Paris, V.
1932 **Lambert** (**Roger**), Ing.-Géologue, E.N.S.P., Administracion Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (A. N. C. A. P.), Casilla de Correo 869, Montevideo (Uruguay).
1908 **Lanquine** (**Antonin**), Professeur de Géol. appliquée à la Fac. des Sc. et à l'Éc. centrale des Arts et Man., 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.
1896 **Lantenois**, Insp. gén. au Corps des Mines, 160, bd du Montparnasse, Paris, XIV.
1937 **Lapeyre** (Capitaine), 11e C. M., 168e R. I. F., Angevillers (Moselle).
1932 **Lapparent** (Abbé **Albert F. de**), Dr ès sc., Chargé de Cours à l'Inst. Catholique, 21, r. d'Assas, Paris, VI [Tél. Littré 86-37].
1906 **Lapparent** (**Jacques de**), Correspondant de l'Institut, Professeur de Min. et Pétrographie à la Fac. des Sc., 5, r. Trubner, Strasbourg (Bas-Rhin).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1928 **Larcher (Charles)**, Professeur au Collège de Toul (Meurthe-et-Moselle).

1937 **Lardé de Venturino** (Mme **Alice**), Poste Restante, Correo Central, Santiago de Chili (Amérique du Sud).

1923 **Lasareff (P.)**, Membre de l'Acad. des Sc. de l'U.R.S.S., Directeur de l'Inst. de Phys., Zoubovsi bd. 18, log. 92, Moscou (U.R.S.S.).

1930 **Lassalle (Victor)**, Prospecteur, 19, Cours Sablon, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

1886 **Launay (Louis de)**, Membre de l'Inst., Insp. gén. des Mines, Professeur honor. à l'Éc. nat. supér. des Mines, Dir. hon. du Serv. de la Carte géol. de la France, 55, r. de Babylone, Paris, VII.

1934 **Lavaur de Laboisse** (Comte **Guy de**), 10, r. Poussin, Paris, XVI.

1928 **Laverdière** (Abbé **J.-W.**), Lab. de Géol. Univ. Laval, Québec P. Q. (Canada).

1938 **Lavocat (René-Jean-Marie)**, Professeur de Sc. au Collège Saint-Joseph, r. de l'Écu, Romorantin (Loir-et-Cher).

1935 **Lavrentieff (Inokenty)**, Ing. des Mines, 73, r. Galiéni, Boîte Postale 30, Casablanca (Maroc).

1928 **Lebedeff (Wladimir)**, Ing.-Géologue, Cie minière Ouest africain, Aboisso (Côte-d'Ivoire).

1931 **Le Breton (Hippolyte)**, 100, r. Jules-Ferry, Hanoi (Tonkin).

1922 **Lecaron (Emile)**, 1, bd Henri IV, Paris, IV.

1931 **Leckwijck (William van)**, Ing. civil des Mines, A. I., 36, r. Peter Benoit, Anvers (Belgique).

1931 **Lecœur (Charles)**, 1, r. de la Petite Cité, Évreux (Eure).

1908 * **Lecointre (Georges)**, Dr ès sc., Ing.-Chimiste, Château de Grillemont, par la Chapelle-Blanche (Indre-et-Loire) [Tél. 3].

1884 **Le Conte (Albert)**, Ing. en Chef des P. et Ch., Insp. gén. hon. des Travaux de Paris, 7, r. Picot, Paris, XVI.

1920 * **Le Conte (André)**, Ing. civil des P. et Ch., 7, r. Picot, Paris, XVI [Tél. Kléber 85-22].

1936 * **Legoux (Pierre)**, Ing. au Corps des Mines, Saint-Firmin (Oise).

1935 **Le Gouz de Saint-Seine** (Rév. Père), 9, r. Raynouard, Paris, XVI.

1925 **Legraye (Michel)**, Ing. civil des Mines, A. I. Lg. Chargé de Cours à l'Univ. de Liége, 67, r. Wazon, Liége (Belgique).

1937 **Lehman (Jean-Pierre)**, Lic. ès sc., Ing. des Arts et Man., 20, r. Fourcroy, Paris, XVII.

1937 **Lelubre (Maurice)**, 1, r. Pierre-Leroux, Paris, VII.

1931 **Le Maître** (Mlle **D.**), Dr ès sc., 13, r. de Toul, Lille (Nord).

1921 **Lemoine (Eugène)**, Dr ès sc., Professeur agrégé hon., 6, r. Marcoz, Chambéry (Savoie).

1899 [P] **Lemoine (Paul)**, Directeur hon. du Muséum nat. d'H. N., Professeur de Géol., 61, r. de Buffon, Paris, V [Tél. Gobelins 36-02].

1913 * **Lemoine** (Mme **Paul**), Dr ès sc., 57, r. Cuvier, Paris, V.

1922 **Lenhardt (Edgard)**, Ing. au Corps des Mines, Directeur gén. de l'Office chérifien des phosphates du Maroc, 20, r. Révoil, Rabat (Maroc).

1925 **Lenoble (André)**, Ing.-Géologue, Service des Mines, Tananarive (Madagascar).

1923 **Lepape (A.)**, Chargé de cours au Collège de France, 52, r. de Bourgogne, Paris, VII.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1903 **Leriche** (**Maurice**), Correspondant de l'Institut, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc. de Lille et à l'Univ. de Bruxelles, 113, av. de la Floride, Uccle-Bruxelles (Belgique).

1921 **Leroux** (**Edmond**), Ingénieur au Serv. des Eaux de la Cie du ch. de fer du Nord, 45, r. Félix-Faure, Enghien-les-Bains (S.-et-O.).

1924 [P] « **Le Tréfor** », Société anonyme de Forages et Entreprises minières, 13, r. de Bourgogne, Paris, VII.

1937 **Lévy** (**Raymond**), Ing.-Géologue, Serv. Géol. du Bureau de Recherches et de Participations minières, Immeuble Urbaine, Fès (Maroc).

1920 **Lewinski** (**J.**), Professeur de Géol. à l'Univ. de Varsovie (Pologne).

1925 **Library Accessions Department**, **Science Museum**, South Kensington London, SW, 7 (Gr.-Bret.)

1920 * **Liddle** (**R. A.**), Géologue, 1108 Nat. Bank Building, Fort Worth (Texas, E.-U. A.).

1936 **Lillie** (**Arnold**), Dr ès sc., Le Crest de Vaulx, Gaillard (Haute-Savoie).

1916 * **Lippmann** (**Eugène**), Lic. ès sc., Ingénieur, 41, r. Victor-Massé, Paris, IX.

1906 **Lisson** (**Carlos I.**), Ing. des Mines, Professeur de Micropétrographie à l'Éc. des Ing., Apartado de Correos, 787, Lima (Pérou).

1921 **Livet** (**Georges**), Chef du Serv. géol. de la Cie des Mines de la Grand'Combe (Gard).

1934 **Lombard** (**Augustin E.**), Dr ès sc., Géologue, 9, rue de Beaumont, Genève (Suisse).

1927 **Lombard** (**Jean**), 16, Square Gabriel-Fauré, Paris, XVII.

1936 **Longchambon** (**Henri**) Professeur de Minér. et Doyen de la Fac. des Sc. de Lyon (Rhône).

1889 **Lory** (**Pierre-Charles**), Chargé de Conférences de Géol. à la Fac. des Sc., 6, r. Fantin-Latour, Grenoble (Isère).

1936 **Loup** (**Henri**), Ing. des Arts et Man., 7, r. Lebouis, Paris, XIV.

1930 **Lucas** (**Gabriel**), Préparateur de Géol. au Collège de France, Place Marcellin-Berthelot, Paris, V.

1899 **Lugeon** (**Maurice**), Correspondant de l'Inst., Professeur à l'Univ., villa des Préalpes, 23, av. Charles-Secrétan, Lausanne (Suisse).

1938 **Lummau**, Conservateur du Musée Dubalen, Mont-de-Marsan (Landes).

1912 **Lutaud** (**Léon**), Professeur de Géogr. physique à la Fac. des Sc., 95, av. Mozart, Paris, XVI [Tél. Jasmin 01-30].

1923 **Machado e Costa** (**Alfredo d'Oliveira**), Professeur de Minér. à l'Univ., Directeur du Museu e Lab. Min. et Géol., r. Janèlas Verdes, 64-1er, Lisbonne (Portugal).

1920 **Macovei** (**Georges**), Inst. géol. de Roumanie, 2, Chaussée Kiselef Bucarest (Roumanie).

1923 * **Madsen**, Directeur du Serv. géol. du Danemark, Kastanienvej, nº 10, Copenhague (Danemark).

1934 **Maïkovsky** (**V.**), 35, r. de la République, Pfastatt (Haut-Rhin).

1935 **Mailles** (Général **Charles**), Les Tilleuls, r. du Docteur-Longchamp, Mourillon, Toulon (Var).

1932 **Maillet** (**Raymond**), Ing. au Corps des Mines, Directeur de la Société Géophysique de Recherches minières, 30, r. Fabert, Paris, VII.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1937 **Mainguy** (**Maurice**), Lic. ès sc., 63, bd Saint-Michel, Paris, V.
1929 **Maire** (**Victor**), Professeur hon., 48, Grande Rue, Gray (Haute-Saône).
1931 * **Maître** (**Paul**), Carrier, route de Cluis à Aigurande (Indre).
1930 **Malavoy** (**J.**), Ing. au Corps des Mines, Serv. des Mines, 16, r. Louis-Cellier, Valenciennes (Nord).
1932 **Malik Sayar** (**Ahmet**), Professeur à l'Éc. supér. des Ing. et à l'Éc. du Génie militaire, Pertevniyal Lisesi, Aksaray, Istanbul (Turquie).
1928 **Mallet** (**Jacques**), Ing. civil des Mines, 11, r. du Docteur-Cordier, Saint-Étienne (Loire).
1923 **Malychef** (Mlle **Vera**), anc. Assistant de Géol. à l'Univ. de Pétrograd, 91, r. Lecourbe, Paris, XV [Tél. Suffren 16-01].
1934 **Manglis** (**Costa Per.**), Manager of the Mitsero Mines, P. O. Box 10, Nicosia, Cyprus (Chypre).
1929 **Mantelet** (**Camille**), Ingénieur au Comptoir français de l'Azote, 55, r. de la Paix, Troyes (Aube)
1929 **Marçais** (**Jean**), Lic. ès sc., Inst. Scientifique Chérifien, av. Biarnay, Rabat (Maroc).
1921 **Marcelin** (**Paul**), Secrétaire gén. de la Soc. d'Études des Sc. nat., Conservateur du Muséum d'H. N., 17, Grand'Rue, Nîmes (Gard).
1928 **Marchac** (**Léon**), Lic. ès sc., 14, rue des Marronniers, Paris, XVI.
1928 **Marduel** (**Henri**), Lic. ès sc. nat., 5, quai Fulchiron, Lyon V (Rh.).
1877 **Margerie** (**Emmanuel de**), Correspondant de l'Institut, Professeur hon. à la Fac. des Sc. de Strasbourg, 110, r. du Bac, Paris, VII [Tél. Littré 32-98].
1932 **Marie** (**Marcel**), Géologue aux E. R. P., Ankavandra par Tananarive (Madagascar).
1928 **Marie** (**Pierre**), Chimiste, 3, av. de la Villa, Montgeron (S.-et-O.).
1929 **Marin** (**Agustin y Bertran de Lis**), Ing. des Mines, Elcano 8-4° Bilbao (Espagne).
1929 **Marlière** (**René**), Lic. ès. sc., Chargé de Cours à l'Éc. des Mines et de Métallurgie de Mons, 23, r. Victor-Baudour, Havré-lez-Mons (Belgique).
1923 **Marshall** (**P.**), Professeur à l'Univ., Hautere, Lower Hutt (Nouv.-Zélande).
1885 **Martel** (**Édouard-Alfred**), Membre du Conseil supérieur d'Hygiène publique, Président hon. de la Soc. de Géographie, 23, r. d'Aumale, Paris, IX.
1934 **Martel** (Abbé **Henri**), Presbytère de Saulges (Mayenne).
1897 * **Martonne** (**Emmanuel de**), Professeur de Géogr. à la Fac. des Lettres, 248, bd Raspail, Paris, XIV.
1891 **Marty** (**Pierre**), château de Caillac, par Arpajon (Cantal).
1932 **Matejka** (**Aloïs**), Géologue du Serv. géol., Privat-Docent de Géol. à l'Univ. Charles, Lorétanske nam. 3, Prague, IV (Tchécoslovaquie).
1929 **Mathias** (**Jean**), Notaire à Hiersac (Charente).
1930 **Mathieu** (**Gilbert**), Assistant au Musée houiller de l'Univ. de Lille, 23, r. Jules-Gosselet, Lille (Nord).
1934 **Mathieu** (Abbé **H.**), Professeur au Petit Séminaire d'Orgeville, par Pacy-sur-Eure (Eure).
1914 **Maurin** (**Émile**), Ingénieur, Valleraugue (Gard).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1902 **Maury** (**E.**), Coll. principal au Serv. Carte géol. de la France, 11, r. Rouget-de-l'Isle, Nice (Alpes-Mar.).

1938 **Mayne** (**S. J.**), St-George's College, The University Crawley (Western Australia).

1929 **Mazenot** (**Georges**), Prof. au Lycée Ampère, 121, Chemin de Choulans, Lyon (Rhône).

1931 **Mazères** (**Raymond-Joseph**), Direct. des P. T. T. à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord).

1905 * **Mecquenem** (**Roland de**), Ing. civil des Mines, anc. Délégué en Perse du Min. de l'Inst. pub., 16, r. du Pré-aux-Clercs, Paris, VII.

1936 **Medeiros Gouvêa** (**Antonio de**), rua Duque de Palmela 30-2°, Lisbonne (Portugal).

1933 **Mémin** (Mme **Louis**), Secrétaire-gérante de la Soc. géol. de France, 59, r. de la Citadelle, Arcueil (Seine) [Tél. Alésia 23-84].

1924 **Menchikoff** (**Nicolas**), Dr ès sc., 40, r. Mademoiselle, Paris, XV.

1936 **Mendizabal y Gortazar** (**Joachim**), Ing. des Mines, Membre de l'Institut Géol. et Minier d'Espagne, Villa Magnolia, Ategorrieta, San Sebastien (Espagne).

1909 **Mengaud** (**Louis**), Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., allée Saint-Michel, Toulouse (Haute-Garonne).

1902 **Mengel** (**O.**), Directeur hon. de l'Observatoire météorologique, 11, bd des Pyrénées, Perpignan (Pyr.-Orientales).

1935 **Merciai** (**Giuseppe**), Professeur de l'Univ. de Rome, Casalappi-Venturina (Livorno, Italie).

1927 **Mercier** (**Jean**), Dr ès sc., Assistant de Géol. à la Fac. des Sc. de Caen (Calvados).

1933 **Meunier** (**André**), Dr ès sc., Fac. de Pharmacie, place Carnot, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

1930 **Meurisse** (**Louis**), 21, r. d'Arras à Carvin (Pas-de-Calais).

1937 **Meyendorff** (Baron **de**), 51, av. des Peupliers, Paris, XVI.

1911 * **Michalon** (**Lucien**), Lic. ès sc., Ing. civil des Mines, 96, r. de l'Université, Paris, VII.

1901 **Michel-Lévy** (**Albert**), Professeur à la Fac. des Sc., 26, r. Spontini, Paris, XVI. [Tél. Passy 77-78].

1933 **Michoux** (**Jacques**), Lic. ès let., 77, bd Auguste-Blanqui, Paris, XIII.

1928 **Migaux** (**L.**), 1, place du Panthéon, Paris, V.

1938 **Milokhoff** (**Eugène**), Ing.-Géologue, 25, r. de Lourmel, Paris, XV.

1920 **Milon** (**Yves**), Professeur de Géol., à la Fac. des Sc., Institut de Géol., r. du Thabor, Rennes (Ille-et-Vilaine).

1931 **Minoux** (**Georges**), 29, r. Saint-Jean, Neufchâteau (Vosges).

1929 **Mitzopoulos** (**Max**), Chef de Travaux du Lab. de Géol. de l'Univ. r. Tossitza, n° 9, Athènes (Grèce).

1896 **Molengraaff** (Dr **G. A. F.**), Géologue, Groothoefijzerlaan, 40, Wassenaar (Pays-Bas).

1936 * **Monod** (**Théodore**), Dr ès sc., Assistant au Muséum nat. d'H. N., 57, r. Cuvier et 21, r. Valette, Paris, V.

1934 **Montocchio** (**Henri Paul**), 34, r. de la Faisanderie, Paris, XVI.

1935 **Morel** (**Albert**), Lic. ès sc., 2, square Charles-Laurent, Paris, XV.

1911 **Morellet** (**Jean**), 3, bd Henri-IV, Paris, IV [Tél. Archives 04-18].

1906 **Morellet** (**Lucien**), 5, r. Abel, Paris, XII.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1919 **Moret (Léon)**, Dr ès sc., Dr en méd., Professeur de Géol. à la Fac. des Sc. de Grenoble (Isère).
1933 **Morosan** (Dr. **Nic. N.**), Géologue, Coll. de l'Inst. géol. de Roumanie, str. Viilor 74, Kichineff (Roumanie).
1931 **Mouchketow (Dimitri)**, Inst. des Mines, W. S. 21 linie, n° 2, log. 21, Léningrad (U. R. S. S.).
1930 **Mouta (Fernando de Oliveira Velez)**, Ing. des Mines I. S. T., Repartiçao de Industria e Minas, Luanda-Angola (A.O.P.).
1937 **Moutet (Gustave-Nicolas)**, Ing. civil des Mines E. M. P., 58, r. du Faubg-Saint-Honoré, Paris, VIII.
1903 **Moutier (François)**, Dr en méd., Lic. ès sc., anc. interne des Hôpitaux, 78, r. de Monceau, Paris, VIII [Tél. Laborde 07-43].
1897 **Mrazec (Ludovic)**, ancien Ministre de l'Industrie, Professeur de Min. Univ., Strada Progresuliu 13, Bucarest I (Roumanie).
1925 * **Mueller-Carlson (F. C. P.)**, Dr ès sc., Géologue, Sundtorp, Ljungbyholm (Suède).
1931 **Murgeanu (Georges)**, Géologue à l'Inst. géol. roumain, 17, r. Virgiliu, Bucarest II (Roumanie).
1927 **Musée Calvet**, Avignon (Vaucluse).
1924 **Musée cantonal** de Lorrez-le-Bocage (Seine-et-Marne).
1930 **Museû e Laboratorio mineralogico e geologico**, Fac. des Sc., Univ. de Lisbonne (Portugal).

1932 **Nafiz (Hamit)**, Professeur de Géol. à l'Univ. d'Istanbul (Turquie).
1931 **Nagode (Čertomir)**, Dr de l'Univ. de Paris, Mirje 15, Ljubljana (Yougoslavie).
1929 **Nahas (Michel)**, anc. Directeur du Commerce et de l'Industrie de l'État de Syrie, 29, bd Magenta, Paris, X.
1921 **Nassans (René)**, Assistant au Muséum nat. d'H. N., Lab. de géol., 61, r. de Buffon, Paris, V.
1926 **Neltner (Louis)**, Ing. au Corps des Mines, Professeur de Géol. à l'École nat. supér. des Mines, 158 *bis*, cours Fauriel, Saint-Étienne (Loire).
1933 **Němejc (François)**, Dr. N. R., Univ. doc. de Paléobotanique, Musée Nat. (Géol.) Prague (Tchécoslovaquie).
1927 * **Nicklès (Maurice)**, Ing.-Géologue, Service des Mines de l'A. O. F., Dakar (Sénégal).
1912 **Nicolesco (C.-P.)**, Dr ès sc., Ing.-Géologue, I. G. N., Coll. Serv. Carte géol. de la France, 91, r. Croix-Nivert, Paris, XV [Tél. Lecourbe 99.44].
1906 **Nicou (Paul)**, Ing. au Corps des Mines, 17, bd Flandrin, Paris, XVI.
1924 **Nisse (Robert)**, Ing. civil des Mines, 85, bd de Port Royal, Paris, XIII.

1938 **Œhmichen (Étienne)**, Valentigney (Doubs).
1924 [P] **Office chérifien des Phosphates** à Rabat (Maroc).
1931 **Office National des Combustibles liquides**, 85, bd du Montparnasse, Paris, VI.
1892 * **O'Gorman** (Comte **Gaëtan**), Lic. en dr., 1, av. Léon-Say, Pau (Basses-Pyrénées).
1936 **Ohio State University Library**, Columbus (Ohio, E.-U. A.).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1934 **Oliveira** (**Euzebio Paulo de**), Directeur de l'Inst. de Géol. du Brésil, Instituto de Geologia, Praia Vermeltra, Rio de Janeiro (Brésil).

1921 **Olsson** (**Axel A.**), anc. Assistant au Lab. de Pal. de la Cornell Univ., 48, Woodside Avenue, Gloversville (N. Y., E.-U. A.).

1921 **Oncieu de la Batie** (**Joseph d'**), Omnium international des Pétroles, 280, bd Saint-Germain, Paris, VII.

1937 **Onfray**, Ing. du Génie Rural, 12, r. de l'Ancienne Comédie, à Caen (Calvados).

1920 **Orcel** (**Jean**), Professeur de Min. au Muséum nat. d'H. N., 2, r. du Charolais, Paris, XII.

1926 * **Ordonez** (**Ezequiel**), Abraham Gonzalez, 79, Mexico, D. F. (Mexique).

1930 **Orgeval** (**Marcel**), Société Pechelbronn S. A. E. M., Merkwiller-Pechelbronn (Bas-Rhin).

1937 **Ornellas** (Baron **Charles Evariste d'**), Ing. des Arts et Man., 61, av. Victor-Hugo, Paris, XVI.

1937 **Ostrowsky** (**V.**), Ing.-Géologue, Soc. Chérifienne des Pétroles, 23, r. de la République, Rabat (Maroc).

1924 **Oulianoff** (**Nicolas**), Chargé de Cours à l'Univ. de Lausanne (Suisse).

1913 ***Painvin** (**G.-J.**), Professeur de Pal. à l'Éc. nat. supér. des Mines, 36, r. Michel-Ange, Paris, XVI.

1914 **Panthier** (**A.**), Professeur au Lycée Lakanal, 12, r. du Lycée, Sceaux (Seine).

1923 **Paréjas** (**Ed.**), Dr ès sc., Préparateur de Géol. à l'Univ., 18, r. de Candolle, Genève (Suisse).

1928 **Parent** (**Henri**), Lic. ès sc. nat., Villa Bleue, av. Louis-Cochois, Nice (Alpes-Mar.).

1931 **Parès** (**Jean**), Ing.-Géologue à la C. M. O. O., Berberati, par Bangui, Moyen Congo (A. E. F.), et 45 *bis*, av. de la Pépinière, Perpignan (Pyr.-Orientales).

1920 * **Patte** (**Étienne**), Professeur de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc. de Poitiers (Vienne).

1932 **Pavans de Ceccatty** (**R.**), Ing. civil des Mines, Chef du Serv. géol. de la Société Géophysique de Recherches minières, 30, r. Fabert, Paris, VII.

1929 **Pavlovitch** (**Miloche**), Géologue du Serv. Géol. de Yougoslavie, Knjeginje Zorkeul., 49/1, Belgrade (Yougoslavie).

1930 **Pazdro** (**Zdristaw**), Dr ès sc., Privat-docent à l'Inst. de Géol. de l'Univ. de Lwow (Pologne).

1938 **Peccatier** (**Pierre**), 40 bis, r. de Rivay, Levallois-Perret (Seine).

1920 [P] **Pechelbronn**, Société anonyme d'exploitation minière, Merkwiller Pechelbronn (Bas-Rhin).

1937 **Pei** (**Wen Chung**), Dr ès sc., Department of Anatomy, Union Medical College, Pékin (Chine).

1923 **Péneau** (**Joseph**), Professeur aux Fac. cathol. de l'Ouest, 2, r. Volney, Angers (M.-et-L.).

1928 **Pérébaskine** (**Victor**), Dr ès sc., Ing.-Géologue, 14, r. Blanqui, Béziers (Hérault).

1913 * **Perret** (**Robert**), Dr ès sc., 7, r. Lamennais, Paris, VIII.

1927 **Perrin** (Commandant **Louis**), Professeur à l'École du Génie, 24, r. du Peintre-Lebrun, Versailles (S.-et-O.).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1938 **Perrin** (**René**), Ing. au Corps des Mines, Directeur gén. des Aciéries électriques d'Ugine, 19, r. François Ier, Paris, VIII.

1907 * **Pesson-Didion** (**Maurice**), Ing. civil des Mines, 48, av. Gabriel, Paris, VIII.

1935 **Petrokilos** (**Jean**), Professeur au Lycée, 10, r. Alicarnassos, Athènes (Grèce).

1933 **Pézerat** (**Augustin**), Ing. civil des Mines, Soc. de Pont-à-Mousson, pl. Camille-Cavallier, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

1911 **Pfender** (Mlle **J.**), Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., 171, r. du Fg-Poissonnière, Paris, IX.

1926 **Picard** (**Jean**), Pharmacien à Nogent-en-Bassigny (Haute-Marne).

1926 **Picard** (Dr **Léo**), Maître de Conférences à l'Univ. de Jérusalem (Palestine).

1935 **Pichon** (**Ch.-V.**), 11, r. Anfray, Le Havre (Seine-Inf.).

1918 **Picquenard** (**Ch. A.**), Dr en méd., Manoir de Keranbarz, La Forêt-Fouesnant (Finistère) [Tél. 3-18].

1926 **Pietresson de Saint-Aubin** (**Jacques**), Avocat à Troyes (Aube).

1910 **Pinard** (**Albert**), 233, r. Paul-Doumer, Triel-sur-Seine (Seine-et-Oise).

1903 **Piroutet** (**Maurice**), Dr ès sc., 37, r. Aubert, Alger (Algérie).

1910 * **Pitaval** (**R.**), Ing. civil des Mines, 86, r. Cardinet, Paris, XVII.

1937 **Piton**, Docteur en Méd., Jouet-sur-l'Aubois (Cher).

1922 **Piveteau** (**Jean**), Dr ès sc., 12, r. Roli, Paris, XIV [Tél. Gobelins 14-21].

1921 **Plotton** (**Barthélemy**), Ing. civil des Mines, Beauvoir, Le Pontet (Vaucluse).

1913 **Poirée** (**E.**), Dr en méd., Médecin-Colonel en retraite, Villa Victoria, 62, bd de Cimiez, Nice (Alpes-Maritimes).

1906 **Poisot** (**Paul**), Directeur hon. des Hôpitaux et Hospices civils de Paris, Roche-s.-Vannon, par Roche et Raucourt (Haute-Saône).

1934 **Pol** (**Alain-Robert-Henri**), 84, r. Lafontaine, Paris, XVI.

1930 **Pomeyrol** (**R.**), Géologue, Petroleum Concessions Ltd., City Gate House, Finsbury square, London E. C. 2 (Gr.-Bret.) et Alan (Haute-Garonne).

1931 **Postovoy** (**Jean**), Ing.-Géologue, chez M. J. Faure, 5, chemin du Grand Violet, La Tronche (Isère).

1936 **Pouget** (Abbé **François**), Censeur, École Saint-Elme, Arcachon (Gironde).

1932 **Preda** (**David M.**), Sous-Directeur de l'Inst. Géol., Maître de Conférences à l'Univ., 23, str. Precupeti Vechi, Bucarest, III (Roumanie).

1923 **Prémonville de Maisonthou** (**Léon de**), Hôtel de la Paix, Dax (Landes).

1912 * **Pruvost** (**Pierre**), Professeur de Géol. et de Min. à la Fac. des Sc., 23, r. Jules-Gosselet et 23, av. Émile-Zola, Lille (Nord).

1909 * **Pussenot** (**Charles**), Commandant d'art., 44, r. Turenne, Grenoble (Isère).

1905 **Puzenat** (**Léon**), 23, r. François-Bonvin, Paris, XV.

1933 **Quiévreux** (**François**), Ingénieur, 1, r. de Staël, Paris, XV.

1891 * **Racovitza** (**Émile G.**), Directeur de l'Inst. de Spéléologie, cásuta postalá, 158, Cluj (Roumanie).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1925 **Raguin** (**Eugène**), Ing. des Mines, Professeur à l'Éc. nat. supér. des Mines, Adjoint à la Direction du Serv. de la Carte géol. de la France, 16, r. Bertron, Sceaux (Seine).

1926 **Ramière de Fortanier** (**Emmanuel**), Crabonégado, par Laurabuc (Aude).

1912 **Randoin** (**A.**), Agr. de l'Univ., 24, r. Pierre-Curie, Paris, V.

1923 **Rebours** (**A.**), Négociant, 8, Montée de la Boucle, Lyon (Rhône).

1934 **Réformatsky** (**Nicolas**), Professeur de Géol. à l'Univ. d'Azuay Apartado 137, Cuenca (Équateur).

1926 **Rémond** (**Robert**), Avoué, 14, r. Chifflet, à Besançon (Doubs).

1930 **Renaud** (Mlle **A.**), Lic. ès sc., Assistant de Géol. à l'Institut de Géol., r. du Thabor, Rennes (Ille-et-Vilaine).

1933 **Renaud** (**Albert-Émile-Eugène**), Ing. en Chef des P. et Ch., r. Jeanne-d'Arc, La Roche-sur-Yon (Vendée).

1927 **Rénier** (**Armand**), Ing. en Chef au Corps des Mines, Chef du Serv. géol. de Belgique, 110, av. de l'Armée, Bruxelles (Belgique).

1873 **Repelin** (**Joseph**), Professeur hon. de Géol. à la Fac. des Sc., Coll. princ. Serv. Carte Géol. Fr., 109, cours Lieutaud, Marseille (B.-du-Rh.).

1936 **Rey** (**Marcel-François**), Ing.-Géologue, Société Chérifienne des Pétroles, B. P. 79, Rabat (Maroc).

1936 **Reymond** (**André-François-Louis**), Naturaliste, 2, r. de Tournon, Paris, VI.

1938 **Ribeiro** (**Orlando**), Dr. ès let. de l'Univ. de Lisbonne, 55, bd Jourdan, Paris, XIV.

1938 **Ribes** (**C.**), 65, r. Chaptal, Levallois (Seine).

1934 **Richard** (Mlle **Marguerite**), 12, r. Clemenceau, Toulouse (Haute-Garonne).

1881 **Riche** (**Attale**), Dr ès sc., Maître de Conférences hon. à la Fac. des Sc. de Lyon (Rhône).

1927 **Riencourt de Longpré** (**Jean-Louis-Patrick de**), Botaniste, Charmont-sur-Barbuise (Aude).

1937 **Ripotot** (**Pierre A. J.**), Aide-Conservateur au Musée, 32, r. de Besançon, Dôle (Jura).

1894 **Ritter** (**Étienne-A.**), 508-9, Empire Building, Denver (Col., E.-U. A.).

1928 **Rivera Plaza** (**Gil**), Ing. des Mines, Apartado 1439, Lima (Pérou).

1927 * **Rivière** (**A.**), Maître de Conférences à la Fac. des Sc. (S. P. C. N.), Lab. de Géol. de l'Éc. norm. sup., 45, r. d'Ulm, Paris, V.

1929 **Robaux** (**Albert**), Lic. ès sc., Ing.-Géologue, 94, r. de Strasbourg, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

1921 **Roch** (**Édouard**), Lab. de Géol., 1, r. Victor-Cousin, Paris, V.

1924 **Roché** (**Pierre**), Lic. ès sc., Collab. auxil. Serv. de la Carte géol., Professeur au Lycée, 23, r. Montagny, Saint-Étienne (Loire).

1938 **Roederer** (**Joseph**), Ing. civil des Mines, 20, r. de la Bastie, Izieux (Loire).

1924 **Rogala** (Dr **Wojciech**), Professeur de Géol. à l'Université de Lwow (Pologne).

1921 **Rolland** (**François-Alexis**), Lic. ès sc., anc. géologue de l'Institut scient. chérifien, 85, r. Victor-Hugo, Levallois-Perret (Seine).

1894 * **Roman** (**Frédéric**), Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., 1, quai St-Clair, Lyon (Rhône).

1921 * **Roquefort** (**Camille**), 33, faub. Saint-Jaumes, à Montpellier (Hérault).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1935 **Roques** (**Maurice**), Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

1930 **Rothé** (**Jean**), Maître de Conférences à la Fac. des Sc., 38, bd d'Anvers, et 15, r. Trubner à Strasbourg (Bas-Rhin).

1927 **Roubault** (**M.**), Dr ès Sc., Chef des Travaux à la Fac. des Sc. de Paris, 14, av. Diderot, Sceaux (Seine) [Tél. 16-95].

1910 * **Roux** (**Henri**), Ing. des Mines, Directeur de l'Usine Saint-Gobain, Bordeaux-Bastide (Gironde).

1898 * **Rouyer** (**Camille**), Dr en dr., Avoué, 49, r. Gloriette, Chalon-s.-Saône (Saône-et-Loire).

1905 **Rovereto** (**G.**), Directeur de l'Inst. de Géol. de l'Univ. royale, 5, via Balbi, Gênes (Italie).

1924 **Royer** (**Louis**), Professeur de Min. à la Fac. des Sc. d'Alger (Algérie).

1925 * **Royo y Gomez** (**José**), Dr ès sc., Professeur et Chef au Lab. de Paléont. du Musée national d'H. N., Colonia de Ayudantes, hôtel 33, Madrid (Espagne).

1932 **Ruellan** (**Francis**), Maître de Conférences à l'Éc. pratique des Hautes-Études, 38, av. Galois, Bourg-la-Reine (Seine).

1931 **Runner** (**Jean-Marie-Léon**), Ingénieur, 7, r. Vineuse, Paris, XVI.

1935 **Ruppe** (**Louis**), Chirurgien Dentiste, 99, bd Haussmann, Paris, VIII [Tél. Anjou 25-53].

1916 **Russo** (**P.**), Dr en méd., Dr ès sc., 2, r. St-François-d'Assise, Lyon, Ier (Rhône).

1927 **Russo** (Mme **Léonie**), 2, r. St-François-d'Assise, Lyon, Ier (Rhône).

1885 **Sacco** (**Federico**), Professeur de Géol. au Politecnico, et de Pal. à l'Univ., Castello del Valentino, Turin (Italie).

1921 **Sadek** (**H.**), B. sc., F.G.S., Inspect. au Geological Survey d'Egypte, Dawawyn, P. O., Le Caire (Egypte).

1931 **Saint-Julien** (**François de**), Ing. civil des Mines, 225, r. du Faubourg-Saint-Honoré, Paris, VIII.

1934 **Saldanha Oliveira e Souza** (**Luiz de**), Ing. des Mines et Assistant de Min. à l'Inst. sup. technique de Lisbonne, rua Eugenio dos Santos, n° 124, Lisbonne (Portugal).

1913 **Sallèles** (**Antoine**), Lic. ès sc., 5, pl. de la Révolution, Béziers (Hérault).

1931 **Salopek** (Dr **Marijan**), Professeur de Géol. et de Pal. à l'Univ. de Zagreb, Demetrova Ulica, 1, Zagreb (Yougoslavie).

1919 **Sambucy de Sorgue** (**Marc de**), au Grand Mas, par Saint-Étienne-du-Grès (B.-du-Rh.).

1904 * **Sangiorgi** (**Dominico**), Dr ès sc., 70, via Cavour, Imola (prov. de Bologne, Italie).

1913 **San Miguel de la Cámara**, Professeur à l'Univ., 162, Diputacion, Barcelone (Espagne).

1930 **Saulze** (**Fortuné**), Ingénieur, 50, r. de Paris à Bort (Corrèze).

1931 **Saurin** (**Edmond**), Attaché au Serv. géol. de l'Indochine, r. Laubarède, Hanoi (Tonkin).

1933 **Savornin** (**André**), Ing. au Corps des Mines, Chef du Serv. des Mines de Madagascar, Tananarive (Madagascar).

1901 **Savornin** (**Justin**), Professeur à la Fac. des Sc., Dir.-adj. des Serv. géol. de l'Algérie et des Terr. du Sud, 14, r. d'Alembert (villa Gyptis), Alger (Algérie).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1931 **Schenck** (**Hubert G.**), Professeur de Pal., Stanford University-Stanford (Calif., E.-U. A.).

1921 * **Schlumberger** (**Robert-Adolphe**), Ing.-Géologue, 14, av. des Vosges, Strasbourg (Bas-Rhin).

1924 **Schmidt** (**Frédéric**), Ing. civil des Mines, 125, r. de Rome, Paris, XVII.

1927 **Schnaebélé** (**René**), Lic. ès sc., Géologue principal, Merkwiller-Pechelbronn (Bas-Rhin).

1928 * **Schneegans** (**Daniel**), Lic. ès sc., 10, r. Aubry-et-Rau, Strasbourg (Bas-Rhin).

1924 [P] **Schneider et Cie**, 42, r. d'Anjou, Paris, VIII.

1922 **Schœller** (**Henri**), Dr. ès sc., Assistant de Géol. à la Fac. des Sc., 20, cours Pasteur, Bordeaux (Gironde).

1931 **Schœn** (**Paul**), Ing. des Mines, 39, av. Friedland, Paris, VIII.

1935 **Schon** (**Otto**), Heiligenberg (Bas-Rhin).

1931 **Segaud** (**E.**), Ing. des Mines, 2, Square du Tintoret, Bois-Colombes (Seine).

1928 **Semanate** (Le Père **Alberto D.**), O. P., Dr ès sc., Directeur-Professeur Éc. supér. des Mines d'Azuay, apartado Letra z, Cuenca (Equateur).

1927 **Senesse** (**Pierre**), Instituteur en retraite à Pia (Pyr.-Orientales).

1935 **Senn** (**Alfred**), Dr ès sc., The British Union Oil C°, P. O. Box 177, Barbados B. W. I. (Petites Antilles).

1938 **Service de la Carte Géologique du Luxembourg**, c/o M. l'Ingénieur en Chef des Travaux Publics, 7, bd du Viaduc, Luxembourg.

1921 [P] **Service des Mines** de la Direction générale des Travaux publics du Maroc, à Rabat (Maroc).

1936 **Service des Mines de Bulgarie**, Sofia (Bulgarie).

1927 **Service des Mines de Madagascar**, Tananarive (Madagascar).

1934 **Service des Mines du Gouvernement gén. de l'A. O. F.**, Dakar (Sénégal).

1927 **Service géologique de l'Indochine**, Hanoi (Tonkin).

1928 **Service géologique de Pologne**, ul. Rakowiecka, 4, Varsovie (Pologne).

1882 **Service géologique du Portugal**, 113, rua do Arco a Jesus, Lisbonne (Portugal).

1930 **Servier-Crouzat** (**Léon-Xavier**), anc. élève de l'École Polytechnique, 31, r. de Moscou, Paris, VIII.

1936 **Silberrad** (**Charles-Arthur**), B. A. (Cambridge), B. S. (London), Sunnydene, Bounestone Farnham, Sussey (Gr.-Bret.).

1918 * **Sinclair** (**Joseph H.**), Ing.-Géologue, Brown Brothers et C°, 59, Wall Street, New York City (N. Y., E.-U. A.).

1924 **Sluys** (**Maurice**), Ing. civil des Mines, Conseil à la Banque de Bruxelles, 26, av. des Arts, Bruxelles (Belgique).

1920 * **Smith** (**Ernest R.**), Professeur de Géol., Univ. de Pauw, Greencastle (Indiana, E.-U. A.).

1924 [P] **Société anonyme de Commentry-Fourchambault et Decazeville**, 84, r. de Lille, Paris, VII.

1924 [P] **Société anonyme des Aciéries de France**, 19, rue de la Rochefoucauld, Paris, IX [Tél. Trinité 71-25 à 71-29, 89-10-89-11].

1921 [P] **Société anonyme des Hauts-Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson**, Service des Mines, place Camille-Cavallier, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1879 [P] **Société anonyme des Houillères de Bessèges à Bessèges** (Gard).
1924 [P] **Société anonyme des Houillères de la Haute-Loire**, Grosménil, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
1924 [P] **Société anonyme des Houillères de Montrambert et de la Béraudière**, 1, r. Balzac, Saint-Étienne (Loire).
1924 [P] **Société anonyme des Houillères de Rochebelle** à Alès (Gard).
1924 [P] **Société anonyme des Houillères de Saint-Étienne** (Loire).
1924 [P] **Société anonyme des Mines d'Albi** (Tarn).
1924 [P] **Société anonyme des Mines de Houille de Blanzy**, Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
1924 [P] **Société anonyme des Mines de Kali-Sainte-Thérèse**, 1, r. des Fabriques, Mulhouse (Haut-Rhin).
1926 [P] **Société anonyme des Mines de Saint-Rémy-s.-Orne** (Calvados).
1924 [P] **Société anonyme des Mines et Fonderies de Pontgibaud**, 4, r. Téhéran, Paris, VIII.
1936 **Société anonyme des Mines et Usines de Salsigne**, 109, bd Péreire, Paris, XVII.
1924 [P] **Société anonyme des Salines de Franche-Comté**, 20, av. Carnot, Besançon (Doubs).
1931 **Société auxiliaire des distributions d'eau**, 8, r. de la Gare, Saint-André-lès-Lille (Nord).
1936 **Société Chérifienne des Pétroles**, Boîte Postale 79, Rabat (Maroc).
1935 **Société de Prospection Géophysique** (Directeur M. **Louis Cagniard**), 11, r. du Docteur-Lancereaux, Paris, VIII.
1919 [P] **Société de St-Gobain, Chauny et Cirey** (M. le Dir. gén. des Usines de Produits Chim. de la), 1, place des Saussaies, Paris, VIII.
1924 [P] **Société des Hauts Fourneaux de Rouen**, 19, r. de la Rochefoucault, Paris, IX.
1924 [P] **Société des Mines de Carmaux**, 21, r. de la Ville-l'Évêque, Paris, VIII.
1924 [P] **Société des Mines de Dourges** à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
1924 [P] **Société des Mines de la Loire** à Saint-Étienne (Loire).
1924 [P] **Société des Mines de Lens** à Meurchin (Pas-de-Calais).
1931 **Société d'Étude des Sciences Naturelles de Reims**, 15, r. Chanzy, Reims (Marne).
1931 **Société d'Histoire Naturelle de Moselle**, r. Dupont-des-Loges, Metz (Moselle).
1931 **Société d'Histoire Naturelle de Savoie**, Chambéry (Savoie).
1933 **Société géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre**, 56, r. Anatole-France, Le Havre (Seine-Inf.).
1924 [P] **Société Houillère de Liévin** (Pas-de-Calais).
1924 [P] **Société Houillère de Sarre et Moselle**, à Carling (Moselle).
1924 [P] **Société minière et métallurgique de Peñarroya**, 12, pl. Vendôme, Paris, I.
1924 [P] **Société nouvelle des Charbonnages des Bouches-du-Rhône**, 35, r. Saint-Dominique, Paris, VII.
1921 [P] **Société pétrolifère de Recherches et d'Exploitations**, 75, bd Haussmann, Paris, IX.
1917 **Solignac (Marcel)**, Dr ès sc., Ing.-Géologue de la Direction génér. des T. P., 12, r. Émile-Duclaux, Tunis (Tunisie).
1929 **Sousa Torrés (Antonio da Silva)**, Lic. ès sc., Naturaliste du Musée minéralogique et géologique de l'Univ., Rua Campolide, n° 74 ter., Lisbonne (Portugal).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1921 **Soyer (Robert)**, Assistant de Géol. au Muséum nat. d'H. N., 37, r. Jacques-Kablé, Nogent-sur-Marne (Seine) [Tél. Gobelins 36-02].
1899 **Spiess**, Chef de Bataillon du Génie en retr., 34, av. d'Italie, Clermont-Ferrand (P.-de-D.).
1923 **Stainier (X.)**, Professeur de Géol. à l'Univ., Inst. des Sc., 6, r. de la Roseraie, Gand (Belgique).
1921 * **Stamp (L. Dudley)**, Dr ès sc., Univ. of London, London School of Economics, Houghton street, Londres, W. C. 2 (Gr.-Bret.)
1902 [P] **Station viticole** de Villefranche-s-Saône (Rhône) (V. Vermorel).
1927 **Staub (Rudolf)**, Lab. de Géologie, Meilen, canton de Zurich (Suisse)
1928 **Stchepinsky (Vladimir)**, Ing.-Docteur, Diplômé E. N. S. P., Géologue au Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara (Turquie).
1932 **Stefanesco (Demètre)**, Géologue à l'Inst. Géol. de Roumanie, Chef des Travaux à l'Univ., 2, Chaussée Kiseleff, Bucarest, II (Roumanie).
1927 **Stefanini** (Prof. **Giuseppe**), Directeur de l'Inst. géologique, R. Université, Pise (Italie).
1902 * **Stehlin (H. G.)**, Conservateur du Musée, Bâle (Suisse).
1914 * **Stévenin (André)**, Ing. des Mines, Société anonyme du port de Rosario-de-Santa-Fé (Rép. Argentine).
1928 * **Stoces (Bohuslav)**, Professeur de Géol. à l'École supér. des Mines, Přibram (Tchécoslovaquie).
1929 **Stouvenot (A.)**, Ing. en Chef au Corps des Mines, 12, place Joffre, Paris, XV.
1928 **Sujkowski (Zb.)**, Assistant à l'Univ., ul. Koszykova, 70 m. 6, Varsovie (Pologne).
1933 **Sulc (R. N.** Dr. **Jaroslav)**, Praha-Dejvice, 146 (Tchécoslovaquie).
1922 **Syndicat de Documentation géol. et pal.**, 61, r. de Buffon, Paris, V [Tél. Gobelins 36-02].

1913 **Taber** (Dr **Stephen**), Professeur de Géol. à l'Univ. de la Caroline du Sud, Columbia (S. Car., E.-U. A.).
1930 **Talobre (Joseph)**, Ingénieur., 30, r. d'Astorg, Paris, VIII.
1932 **Tchirkova** (Mlle **Hélène**), Paléobotaniste du Comité géol., Geslerovsky prospect n° 7, logis n° 4, Leningrad, 22 (U.R.S.S.).
1912 * **Teilhard de Chardin** (Abbé **Pierre**), Dr ès sc., 42, r. de Grenelle, Paris, VII.
1923 **Teissier du Cros (Henri)**, Ing. civil des Mines, 34, r. Saint-Guilhem, Montpellier (Hérault).
1931 **Tenaille (Michel)**, Lic. ès sc., Ing. diplômé de l'E. N. S. P., Ing. au Bureau de Recherches et de Participations minières, Tselfat-Petitjean (Maroc).
1937 **Tercier (Jean)**, Professeur, Directeur de l'Inst. géol. de Fribourg (Suisse).
1922 **Termier (Henri)**, Dr ès sc., Service des Mines, Rabat (Maroc).
1928 **Thalmann** (Dr **Hans E.**), Geologist et Palaeontologist, N. V. Nederlansche Koloniale Petroleum Maatschappy, Palenbang (Sumatra, Indes néerlandaises).
1930 **Théobald (Nicolas)**, Inspecteur d'Académie à Albi (Tarn).
1937 **Thibaut (Pierre)**, Lic. ès sc., Ing.-Géologue I.G.N. et E.N.S.P., Service des Mines de l'A. O. F., Boîte Postale 355, Dakar (Sénégal).
1924 **Thiébault (L.)**, Chargé du Cours de Géol. appliquée à la Fac. des Sc., 17, r. de Goncourt, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1927 **Thirion (Charles)**, Ing.-Géologue, 27, r. Grandville, Nancy (Meurthe-et-Moselle).

1928 **Thoral (Marcel)**, Professeur de Géol. à la Fac. des Sc., 7, r. Robert, Montpellier (Hérault).

1934 **Tilman (N.)**, Professeur, Geologisches Inst. der Universität, Bonn-am-Rhein (Allemagne).

1934 **Tiraspolsky (Vladimir)**, Ing. civil des Mines, 11, r. du Pavillon, Boulogne-sur-Seine (Seine).

1924 **Tolvinski (Constant)**, Directeur de l'Institut géologique de Borys-law (Pologne).

1927 **Tranier (Lucien)**, Géologue, Service des Affaires Indigènes, Bureau de Taliouine, par Marrakech (Maroc).

1930 **Tribut (Marcel)**, Expert près les Tribunaux, Ing. A. M. Hydr., 116, r. de l'Alma, Tours (Indre-et-Loire).

1932 **Universitäts Institut für Paläontologie u. Hist. Geol.**, Neuhauserstr., 51, München 2 C. (Allemagne).

1933 **University**, Bristol (Gr.-Bret.).

1928 **Urbain (Pierre)**, Maître de Recherches, Chef de Travaux à l'Inst. d'Hydrologie et de Climatologie, 5, Place du Panthéon, Paris V[e] [Tél. Odéon 16-40].

1933 **Valeff (Stoyo)**, Lic. ès sc., Ing. au Service des Mines, Ministère du Commerce et de l'Industrie, Sofia (Bulgarie).

1934 **Valle y Lersundi (Alfonso del)**, Ing. des Mines, Villa Ave Maria à Hernani, Guipuzcoa (Espagne).

1924 **Van Aubel (René)**, Géologue, C. E. M., Tenkodogo, par Bobo-Dioulasso, Côte d'Ivoire (A. O. F.). Chaussée de Courtrai, 118, Gand (Belgique).

1909 **Vandernotte**, Sous-Ing. des Mines, 21, av. Reille, Paris, XIV.

1930 **Van Massenhove (Henri)**, Ing. civil des Mines, Directeur pour l'Afrique du N. des procédés de Cimentation François, Villa es Souma, 18, r. D. Luciani, El Biar (Algérie).

1917 **Van Straelen** (Victor), Dr ès sc., Directeur du Mus. Royal d'H. Nat. de Belgique, 7, av. Géo Bernier, Bruxelles (Belgique).

1921 * **Van Winkle Palmer** (Miss **Katherine**), 206, Oak Hill Road, Ithaca (N. Y., E.-U A.).

1937 **Vardabasso (Silvio)**, Professeur, Directeur de l'Istituto geol. R. Universita, Cagliari (Italie).

1929 **Vaslin**, Pharmacien, bd Victor-Hugo, Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées).

1932 **Vatan (André)**, Lic. ès sc., Professeur-Adj. au Lycée Saint-Louis, 44, bd Saint-Michel, Paris, VI.

1927 **Vaufrey (R.)**, Professeur à l'Institut de Pal. humaine, 1, r. René-Panhard, Paris, XIII. [Tél. Gobelins 62-91].

1930 **Vautrin (Henri)**, Ing. civil des Mines, 146, bd du Montparnasse, Paris, XV.

1930 **Vendl (A.)**, Professeur de Min. et de Géol. à l'Univ. des Sc. techniques de Budapest, Müegyetem, Budapest I (Hongrie).

1936 **Vergnes (Louis de)**, Ing., 78, bd. Malesherbes, Paris, VIII.

1936 **Verniory (René)**, 15, chemin du Vallon, Chêne-Bougeries, Genève (Suisse).

1920 **Vésignié (Louis)**, Col. d'Artil. en retraite, 22, r. du Général-Foy, Paris, VIII [Tél. Laborde 15-31].

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1936 **Vialov** (**O. S.**), Professeur de Géol., Directeur du « Naphte Institut », Tachovaïa Naber, 2, Leningrad (U. R. S. S.).
1931 **Vieira** (**Henriques**), Ing. des Mines, Companhia dos Caminhos de Ferro de Benguella à Lobito, Angola (Afr. Occid. Port.).
1925 **Vincienne** (**H.**), Chef des Travaux de Géol. appliquée à l'Éc. nat. supér. des Mines, 11, r. Delambre, Lagny (S.-et-M.) [Tél. Lagny 140].
1929 **Viret** (**J.**), Dr ès sc., Chargé de Cours complémentaires à la Fac. des Sc., 56, av. du Maréchal-Foch, Lyon (Rhône).
1936 **Visantis** (**Ménélas**), Ing. civil des Mines, 60, r. de Sartoris, La Garenne (Seine), [Tél. Charlebourg, 30-27].
1908 **Voitesti** (**J.-P.**)., Professeur Lab. de Géol. à l'Univ. de Bucarest (Roumanie).
1892 * **Vulpian** (**André de**), Dr en méd., Lic. ès sc. nat., 38, av. de Wagram, Paris, VIII.

1928 **Waché** (**Georges**), Ingénieur divisionnaire à la Cie des Mines de Bruay, 49, r. Nationale, Bruay (Pas-de-Calais).
1934 **Walch** (**Jacques**), Ing. civil des Mines, 66, av. Anatole-France, Anzin (Nord).
1912 **Watelin** (**Jacques**), Dr ès sc., 127, r. de Longchamp, Paris, XVI.
1930 **Waterlot** (**Gérard**), Assistant de Géol. à la Fac. des Sc. de Lille, 23, r. Jules-Gosselet, Lille (Nord).
1926 * **Weaver** (**Chass. E.**), Professeur de Géol. et de Pal. à l'Université de Washington, Seattle (Washington, E.-U.A.).
1930 **Weber Schellenberg** (**A.**), Ing. diplômé, Dr ès sc. nat., Géologue, 3, Vogelsangstrasse, Zurich (Suisse).
1924 **Wegmann** (**C.-E.**), Bocksriet, Schaffouse (Suisse).
1924 * **Weisbord** (**Norman E.**), 416 Ft, Washington Avenue, New York (N. Y., E.-U. A.).
1921 * **Winton** (**W. M.**), Professeur de Géol. et de Biologie à la Texas Christian University, Fort Worth (Texas, E.-U. A.).
1928 **Woodford** (**Alfred O.**), Professeur de Géol., Pomona College, Claremont (Californie, E.-U. A.).

1928 **Yang** (**Kieh**), Dr ès sc. Department of Anatomy, Union Medical College, Pékin (Chine).
1936 **Yard** (**Alexandre**), Directeur des Établissements Roches et Minéraux, 111, av. de Royat, Chamalières (Puy-de-Dôme).
1938 **Yazdanian**, Lab. de Géol. appliquée, 191, r. Saint-Jacques, Paris, V.
1924 * **Yeatman** (**Laurent**), Ing. civil des Mines, 2, r. Desgenettes, Paris, VII.
1918 **Yovanovitch** (**B**).), Lic. ès sc., Directeur de la Section Pétrole de la Société des Mines de Beni Aicha, 19, r. de Naples, Rabat (Maroc).

1932 **Zalessky** (**Georges Michailovitch**), Paléontologiste, r. Nadejdinsnoia, 40, log. 2, Leningrad, 14 (U.R.S.S.).
1923 **Zalessky** (**M. D.**), Géologue du Comité géol. de Russie, r. Borisoglebskaia, 12, log. 6, Orel (U.R.S.S.).
1938 **Zbyszewski** (**Georges**), Lic. ès sc., 137, r. du Ranelagh, Paris, XVI.
896 1905 * **Zeil** (**G.**), Commandant d'Inf. col., 23, allée de Gagny, Le Raincy (S.-et-O.).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Liste des membres de la Société distribués géographiquement

EUROPE

France

Aisne

Chichery
Soc. de St-Gobain

Allier

Cie des Forges de Châtillon
Soc. anonyme de Commentry-Fourchambault

Alpes-Maritimes

Gerber
Maury
Parent
Poirée

Ardèche

Colomb

Ariège

Azéma

Aube

Mantelet
Pietresson de Saint-Aubin

Aude

Courrière
Ramière de Fortanier
Riencourt

Aveyron

Agalède

Bas-Rhin

Barbier (R.)
Barbier (Y.)
Baulig
Bibl. Univ. Strasbourg
Comet
Derville
Dubois
Ec. nationale sup. du Pétrole
Emelianoff
Firtion
Gillet (Mlle S.)
Guillaume
Hatt
Hoffmann
Inst. Géolog. Strasbourg
« La Houve »
Lapparent (J. de)
Orgeval
Pechelbronn
Rothé
Schlumberger
Schnaebélé
Schneegans
Schon

Basses-Pyrénées

O'Gorman
Vaslin

Bouches-du-Rhône

Baja
Brun (P. de)
Corroy
Denizot
Fabre (Mlle S.)
Fenaux
Repelin
Sambucy de Sorgue
Soc. Charbonnages des B.-du-Rhône

Calvados

Bigot
Boit
Dangeard
Henry
Labo. de géol. Caen
Mercier
Onfray
Soc. des Mines de Saint-Rémy s/Orne

Cantal

Marty

Charente

Mathias

Charente-Inférieure

Laféteur

Cher

Piton

Corrèze

Saulze

Corse

Antonini

Côte-d'Or

Bibl. Univ. Dijon
Chaput
Ciry
Lagorgette

Côtes-du-Nord

Mazères

Dordogne

Balland

Doubs

Bibl. Univ. de Besançon
Bonte
Bresson
Casteras
Fournier
Œhmichen
Rémond
Soc. des Salines de Franche-Comté

Drôme

Boisse

Eure

Colon (Mlle)
Lecœur
Mathieu

Finistère

Cailleux
Picquenard

Gard

Cie des Mines de la Grand' Combe
Cie Produits chimiques d'Alès
Ec. technique des Mines d'Alès
Faraud
Joly (R. de)
Livet
Marcelin
Maurin
Soc. des Houillères de Bessèges
Soc. des Houillères de Rochebelle

Gironde

Bézagu
Bibl. Univ. Bordeaux.
Castex
Daguin
Dublange
Estival
Fabre
Glangeaud (L.)
Pouget
Roux
Schœller

Hautes-Alpes

Casalta

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Haute-Garonne

Astre
Bergounioux
Bibl. Univ. Toulouse
Duffour
Durand
Lafitte (Mlle)
Mengaud
Pomeyrol
Richard (Mlle)

Haute-Loire

Soc. des Houillères de la Haute-Loire

Haute-Marne

Picard

Hautes-Pyrénées

Dauzère

Haute-Saône

Garret
Maire
Poisot

Haute-Savoie

Bibl. d'Annecy
Lillie

Haut-Rhin

Maïkovsky
Soc. des Mines de Kali Ste-Thérèse

Hérault

Bibl. Univ. Montpellier
Böhm
Chaubet (Mlle)
Dreyfus
Durand
Gay
Pérébaskine
Roquefort
Salléles
Teissier du Cros
Thoral

Ille-et-Vilaine

Collin
Milon
Renault (Mlle)

Indre

Maître

Indre-et-Loire

Bigeard
Bochin
Lecointre
Tribut

Isère

Bibl. Univ. Grenoble
Blanchet
Breistroffer
Cie des Mines de La Mure
Gérard
Gignoux
Lory
Moret
Postovoy
Pussenot

Jura

Ripotot

Landes

Lummau
Prémonville (de)

Loire

Cie des Mines de Roche-la-Molière et Firminy
Ec. nat. sup. des Mines
Mallet
Neltner
Roché
Rœderer
Soc. des Houillères de Montrambert
Soc. des Houillères de St-Etienne
Soc. des Mines de la Loire

Loir-et-Cher

Lavocat

Loire-Inférieure

Campredon
Cayeux
Gourdon
Hourcq

Lozère

Balmelle
Charreyre
Chauvet

Maine-et-Loire

Commission des Ardoisières d'Angers
Couffon
Péneau

Manche

Coatmen

Marne

Soc. Sc. nat. Reims

Mayenne

Batard
Buchot
Martel

Meurthe-et-Moselle

Bordet
Contaut
Éc. des Eaux et Forêts
Gardet
Gérard
Godefroy
Imbeaux
Joly
Larcher
Meunier
Pézerat
Robaux
Soc. de Pont-à-Mousson
Thiébault
Thirion

Moselle

Forges de Hayange
Guyot
Lapeyre
Soc. d'Hist. nat.
Soc. Houillère de Sarre et Moselle

Nièvre

Dasse
Gin

Nord

Baeckeroot
Barrois
Carpentier
Cie des Mines d'Aniche
Cie des Mines d'Anzin
Cie des Mines de l'Escarpelle
Corsin
Delépine
Dollé
Dubar
Duparque
Dutertre (A. P.)
Le Maître (Mlle)
Leriche
Malavoy
Mathieu
Pruvost
Soc. auxil. distr. eau
Walch
Waterlot

Oise

Legoux

Pas-de-Calais

Bout
Chartiez
Cie des Mines de Béthune

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cie des Mines de Bruay
Cie des Mines de Courrières
Cie des Mines de Marles
Dehay
Dutertre (Emile)
Meurisse
Soc. des Mines de Dourges
» » de Lens
» Houillères de Liévin
Waché

Puy-de-Dôme

Bibl. Univ. Clermont-Ferrand
Garde
Jung
Lassalle
Roques
Soc. Fonderies Pongibaud
Spiess
Yard

Pyrénées-Orientales

Mengel
Parès
Senesse

Rhône

Doncieux
Grange
Lacroix (E.)
Longchambon
Marduel
Mazenot
Rebours
Riche
Roman
Russo
Russo (Mme)
Station viticole de Villefranche
Viret

Saône-et-Loire

Rouyer
Soc. Houillères de Blanzy

Savoie

Blondet
Collignon
Déribéré
Lemoine (E.)
Soc. d'Hist. nat.

Seine-et-Marne

Decary
Gigout
Musée de Lorrez-le-B.
Vincienne

Seine-Inférieure

Fortin
Pichon
Soc. géol. Norm.
Soc. Hts F. de Rouen

Somme

Briquet
France (Vte de)

Tarn

Soc. Mines d'Albi
» » de Carmaux
Théobald

Tarn-et-Garonne

Aubert (Fr.)

Var

Germain
Mailles

Vaucluse

Bartesago
Chatelet
Gagnière
Musée Calvet
Plotton

Vendée

Renaud

Vienne

Gillard
Patte

Vosges

Minoux

Yonne

Blanquet de Rouville
Houdard

Allemagne

Bibl. Univ. Fribourg-en-Brisgau
Geol. Pal. Inst. Univ. Gottingen
Jungst
Tilman
Univ. Inst. Pal.

Belgique

Anthoine (R.)
Asselberghs
Bibl. de l'Éc. des Mines de Mons
Blaise
Charles (Fl.)
Denaeyer
Dorlodot
Dumon (P.)
Fourmarier
Geologisch Labor.
Inst. géol. Univ Louvain
Labor. géol. Univ.
Leckwijck
Legraye
Leriche
Marlière
Rénier
Sluys
Stainier
Van Straelen

Bulgarie

Jaranoff
Service Mines
Valeff

Chypre

Manglis

Danemark

Koch
Madsen

Espagne

Academia de Barcelone
Bataller
Candel Vila
Closas Miralles
Colom-Casasnovas
Darder i Pericas
Demonque
Faura i Sans
Goar
Guérin Ventura
Inst. géol. minier
Marin
Mendizabal
Royo y Gomez
San Miguel de la Camara
Sté Peñarroya
Valle y Lersundi

Finlande

Kranck

Grande-Bretagne

Anglo Persian Oil C^o^
Bennet
Cox (P. T.)
Davies (le Lieut-col.)
Harrisson
Henson
Howarth
Imp. Coll. of Sc.
Library acc. Dep^t^
Silberrad
Stamp
Univ. Bristol.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Grèce

Mitzopoulos
Pétrokilos

Hongrie

Vendl

Italie

Blanc
Cipola
Dainelli
Dal Piaz
Desio
Fabiani
Gortani
Hermann
Inst. géol. Univ. Rome
Inst. géol. Turin
Merciai
Rovereto
Sacco
Sangiorgi
Stefanini
Vardabasso

Luxembourg

Serv. Carte géol.

Pays-Bas

Abendanon
Bataatsche Petroleum
Brouwer
Bunge
Edelmans
Gerth
Institut géol. Utrecht
Jongmans
Koch-Lambert
Molengraaff

Pologne

Bieda
Bogdanowitch
Bujalski
Condamin
Goblot
Inst. géol. de Cracovie
Kozlowski
Lewinski
Pazdro
Rogala
Service géologique
Sujkowski
Tolvinski

Portugal

Andrade
Bacelar-Bebiano
Cavaca
Fleury
Inst. sup. technique
Machado e Costa
Medeiras Gouvéa
Musêu e Labor. min. e géol.
Saldanha
Serv. géol.
Sousa Torrès

Roumanie

Atanasiu
Filipesco
Frollo (Mlle)
Ghika-Budesti
Ghitulesco
Inst. géol. Cluj
Labor. géol. Timisoara
Macovei
Morosan
Mrazec
Murgeanu
Preda
Racovitza
Stefanesco
Voitesti

Suède

Bachlund
Mueller-Carlson

Suisse

Amstutz
Arbenz
Argand
Bernet
Bernoulli
Bersier
Bibl. Univ. de Bâle
Burri
Buxtorf
Collet
Fisch
Gagnebin
Heim
Jaccard
Jeannet
Lagotala
Lombard
Lugeon
Oulianoff
Paréjas
Staub
Stehlin
Tercier
Verniory
Weber
Wegmann

Tchécoslovaquie

Androusov
Inst. géol. Univ. Masaryk
Inst. géol. Ec. polyt.
Kettner
Koutek
Matejka
Nemejc
Stočes
Sulc

U. R. R. S.

Lasareff
Mouchketow
Tchirkova (Mlle)
Vialov
Zalessky (G. M.)
Zalessky (M. D.)

Yougoslavie

Jourdain
Nagode
Pavlovitch
Salopek

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

AFRIQUE

Algérie

Aymé
Bétier
Bibliothèque Univ.
Cie Mines d'Ouasta
Cie Phosphates de Constantine
Dalloni
Deleau
Ehrmann
Flandrin
Gautier (M.)
Guigue (Mlle)
Lambert (A.)
Piroutet
Royer
Savornin
Van Massenhove

Maroc

Alnikine
Bondon
Célerier
Choubert (G.)
Clariond
Despujols
Dresch
Dubois
Gouskov
Gubler
Institut scientifique chérifien
Lacoste
Lavrentieff
Lenhardt
Lévy
Marçais
Office des phosphates
Ostrowsky
Rey
Service des Mines
Soc. chérif. des Pétroles
Tenaille
Termier (H.)
Tranier
Yovanovitch

Tunisie

Bédé
Berkaloff
Bibl. pub. Tunis
Cie Phosphates de Gafsa
Delga
Direct. des T. P. Tunis
Dumon (E.)
Solignac

Egypte

Anderson
Andrew
Ball
Cuvillier
Sadek

Afrique équatoriale française

Babet
Buisson
Chochine
Cie minière Congo
Haas
Lebedeff

Afrique occidentale française

Baud
Nicklès
Parès
Service des Mines
Thibaut
Van Aubel

Afrique occidentale portugaise

Mouta
Vieira

Madagascar

Besairie
Gence
Lenoble
Marie
Savornin
Service des Mines

AMÉRIQUE

Amérique du Nord

Canada

Brichant
Laverdière

Etats-Unis

Adkins
Barbour
Barton
Berry (E. W.)
Berry (W.)
Billings
Bramlette
Carnegie Museum
Caster
Charrin
Chételat
Clapp.
Claudet
Cox (Benjamin)
Darton
Donnay
Geolog. Depart. Califor.
Goldman
Harris
Hawkins
Hawxhurst
Henny
Hodson (F.)
Hodson (Mrs)
Johnson
Liddle
Ohio State Univ.
Olsson
Ritter
Schenck
Sinclair
Smith
Taber
Van Winkle Palmer

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Weaver
Weisbord
Winton
Woodford

Mexique

Aguilar Santillan
Ordonez

AMÉRIQUE CENTRALE

Antilles

Boutakoff
Senn

AMÉRIQUE DU SUD

Brésil

Betim Paes Leme
Oliveira

Chili

Lardé de Venturino

Colombie

Hubach

Équateur

Réformatsky
Semanate

Pérou

Lisson
Rivera Plazza

Rép. Argentine

Doello-Jurado
Stévenin

Uruguay

Lambert (R.)

ASIE

Géorgie

Djanélidzé

Irak

Keller

Iran

Farchad
Lab. Ec. norm. sup.

Palestine

Avnimelech
Picard

Turquie

Blumenthal
Chaput
Kovenko
Malik
Nafiz
Stchepinsky

Chine

Pei
Teilhard de Chardin
Yang Kieh

Indochine

Bourret
Colani
François
Fromaget
Hoffet
Lebreton
Saurin
Serv. géolog.

Syrie

Birembaut
Dubertret
Heybroek

OCÉANIE

Australie

Mayne

Indes néerlandaises

Bibliothèque Centrale
Bandoeng
Thalmann

N^lle^-Zélande

Marshall

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

PRINCIPALES ABRÉVIATIONS

Adj	Adjoint.
Agr	Agrégé.
Anc	Ancien.
Arts et Man	Arts et manufactures.
Ch. de fer	Chemin de fer.
Coll. serv. Carte géol	Collaborateur au service de la Carte géologique.
Dr en méd	Docteur en médecine.
Dr ès sc	Docteur ès sciences.
Ec	Ecole.
Fac. des Let	Faculté des Lettres.
Fac. des Sc	Faculté des Sciences.
Gén	Général.
Géogr. Phys	Géographie physique.
Géol	Géologie.
hon	honoraire.
Hydr	Hydrologie, hydrologique.
Ing	Ingénieur.
Insp	Inspecteur.
Inst	Institut.
Lab	Laboratoire.
Lic. ès sc	Licencié ès sciences.
Lic. en dr	Licencié en droit.
Min	Minéralogie.
Muséum nat. d'H. N	Muséum national d'Histoire Naturelle.
Pal	Paléontologie.
P. et Ch	Ponts et chaussées.
Univ	Université.
U. P	Université de Paris.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXXVIII.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOTES ET MÉMOIRES

1938

29 juillet 1938. Bull. Soc. Géol. Fr. (5), VIII. — 1

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

UN GROUPE AFRICAIN DE CARDITIDÉS : *COSSMANNELLA* MAYER-EYMAR

PAR **A. Chavan** [1].

RÉSUMÉ

L'étude d'une coquille lutétienne du Nigeria conduit à confirmer la valeur d'un sous-genre de *Cardita* : *Cossmannella* MAYER, jusqu'ici mis en doute et qui s'avère avoir eu un développement remarquable dans tout l'Éocène du domaine africain. La signification d'espèces discutées s'éclaire ainsi, en même temps que sont précisés les rapports phylétiques entre plusieurs groupes importants de cette intéressante famille de Lamellibranches. *Cardiocardita*, notamment, semble un descendant de *Cossmannella* et c'est aussi un groupe méditerranéen et africain.

I. « *Cardita* » *costaenodulosis* NEWTON.

Cette étude a été entreprise à la suite de l'examen d'une intéressante espèce de *Cardita* de l'Éocène du Nigeria. Il m'est agréable en la commençant, d'assurer de mes plus vifs remerciements l'actif Paléontologiste américain, Dr Hubert G. Schenck, qui m'a très obligeamment communiqué cette coquille en même temps que d'autres *Carditidae* rares de sa collection.

La découverte d'une magnifique faune éocène d'âge lutétien aux environs d'Ameki (Nigeria) a fait connaître un grand nombre d'espèces nouvelles, décrites par le Dr R. B. Newton [2] et du plus haut intérêt, leur conservation parfaite permettant de fructueuses comparaisons avec l'Éocène d'Europe et de Nord-Amérique.

Étudiant deux valves d'un même individu de *Cardita costaenodulosis* NEWTON (Topotypes, provenant d'Ameki. Collection Schenck) j'ai constaté d'abord qu'elles ne pouvaient être rapportées à aucun des grands groupes de *Cardita* ou de *Venericardia* connus : la forme extérieure transverse, l'ornementation très particulière, faite d'une vingtaine de côtes étroites, ondulées et distantes rappelant *Carditamera* mais la charnière,

1. Note présentée à la séance du 17 janvier 1938.

2. R. B. NEWTON. Eocene Mollusca from Nigeria. *Bull. Geolog. Survey of Nigeria*, (3), 1922.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

d'un type plus simplifié, n'étant guère comparable qu'à *Cardiocardita* BLAINVILLE (type : *C. ajar* ADANSON, actuelle du Sénégal). Une assimilation avec ce dernier groupe m'est apparue cependant impossible, du fait de la remarquable symétrie des dents et fossettes cardinales chez *C. costaenodulosis* où 3 *b* étant équilatérale et médiane, il y a égale divergence de 2 et 4 *b* de part et d'autre. Cette disposition n'existe pas chez *Cardiocardita* où 2 et 4 *b* sont nettement dissymétriques de part et d'autre d'une 3 *b* plus développée en arrière qu'en avant. J'ai précédemment indiqué[1] pour d'autres Carditidés l'intérêt et la valeur systématique de la position relative des dents cardinales.

Enfin la coquille du Nigeria possède des lamelles latérales

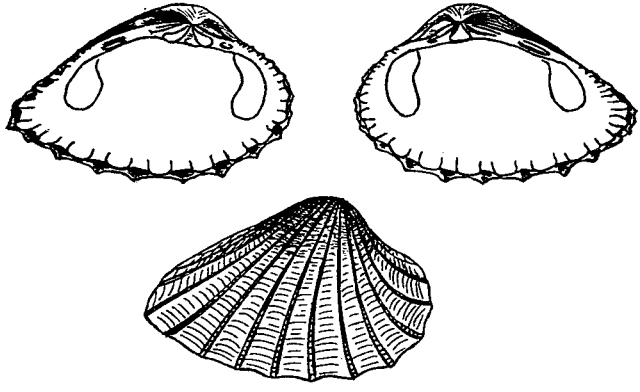


FIG. 1. — *Cossmannella costaenodulosis* R. B. NEWTON × 2, 5.

A_{II} et P_I nettement individualisées, avec les fossettes correspondantes. Ces éléments sont proportionnellement beaucoup plus réduits dans *Cardiocardita* également toujours plus grande et moins transverse. Enfin, chez *C. costaenodulosis*, les côtes correspondent sur le bord interne à de vigoureuses indentations (fig. 1).

Recherchant à quel groupe pouvait correspondre cette espèce, je l'ai comparée à *C. fajumensis* OPPENHEIM (= *aegyptiaca* MAYER, non FRAAS), le génotype de *Cossmannella* MAYER, 1896, et j'ai constaté la parfaite identité des charnières, de la forme générale et de l'ornementation. R. B. Newton (*op. cit.*, p. 83) a, le premier, signalé la ressemblance de son espèce avec *C. aegyptiaca* MAYER,

1. A. CHAVAN. Sur la signification paléontologique du genre *Pteromeris*. *B. S. G. F.*, 5e série, t. VI, 1936, pp. 251-60 (*passim*).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

mais il n'a pas parlé du sous-genre *Cossmannella*[1]. Oppenheim[2] connaissait bien ce terme et c'est lui qui proposa la rectification de nomenclature spécifique *fajumensis* pour *aegyptiaca* MAYER, la coquille décrite par Fraas étant tout autre (cf. plus loin), mais cet auteur, non plus qu'aucun autre à ma connaissance, n'a cru devoir discuter la valeur de *Cossmannella*, qui n'a pas été reprise. Quant à Cossmann lui-même, il avait (*Revue critique Paléozoologie*, I, 1897, p. 153) émis des doutes sur le classement de ce sous-genre parmi les Carditidés. Le problème à traiter restait donc double : valeur et répartition de *Cossmannella*, d'une part, relations avec *Cardita* et *Venericardia*, de l'autre.

II. Valeur et répartition de *Cossmannella*.

Ce terme a été proposé par Mayer-Eymar, en 1896[2], comme sous-genre de *Cardita* BRUGUIÈRE, avec pour génotype « *Cardium* » *aegyptiacum* FRAAS (1867) du Libyen d'Egypte. La diagnose originale est la suivante, correspondant aux échantillons figurés[3] pl. X. fig. 6.

Coquille transverse, à peu près triangulaire, convexe, inéquilatérale. Crochets renflés et opposés. Côté antérieur plus ou moins allongé et déclive. Côtes rayonnantes peu nombreuses, assez fortes, légèrement tripartites et aiguës. Charnière de la valve droite constituée par une dent médiane assez forte et triangulaire, deux fossettes obliques et une petite dent postérieure, lamelleuse et placée sur le bord cardinal. Charnière de l'autre valve composée de deux dents lamelleuses, formant avec le bord un triangle légèrement déprimé, et d'une toute petite fossette postérieure. Bords fortement dentés à l'intérieur.

Le type est indiqué du « Londinien supérieur de la Montagne des Morts, à Siout », du « Parisien inférieur des environs du Caire » et du « Parisien supérieur, à Dimé ».

Oppenheim a montré que la coquille étudiée par Mayer n'était nullement le *Cardium aegyptiacum* de Fraas. Cette dernière espèce, qui doit s'appeler *Venericardia aegyptiaca*, est une forme voisine du groupe de *V. acuticostata* de l'Eocène anglo-parisien, dont la *V. Viquesneli* D'ARCHIAC est un représentant égyptien. Cette coquille est du Lybien, et celle de Mayer, abondante dans

1. *Cossmannella* a été proposé comme sous-genre de *Cardita*.
2. Voir *Paleontographica*, 1903, vol. 30, part. 3, pp. 102-5.
3. Voir *Journal de Conchyliologie*, n° 44, 1896, pp. 366-8.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les couches supérieures du Mokattam, doit prendre le nom de *Cossmannella fajumensis* Oppenheim (= *aegyptiaca* Mayer non Fraas). Sa formule dentaire est du type suivant :

V. D. : f A_{II}, 3 *a* (bord), f2, 3 *b* équilatérale médiane, f 4 *b*, 5 *b* étroite allongée. P_I nette.
V. G. : A_{II} petite mais nette, 2 et 4 *b* égales, trigones, également divergentes de part et d'autre de f 3 *b*. f P_I assez profonde.

La forme de 3 *b*, qui commande l'allure des autres cardinales, la présence de deux des lamelles latérales, l'étroitesse des côtes, écartées, la forme transverse, arrondie en avant, acuminée en arrière, le bord interne très vigoureusement indenté sont autant de traits distinctifs écartant *Cossmannella* des *Carditamera*, *Cardita* ou *Venericardia*. Nous verrons plus loin ses rapports avec *Cardiocardita* Blainville. Certaines espèces comme *C. regularis* Sowerby actuelle, ne sont pas sans ressemblance avec ces formes éocènes. Il n'est toutefois pas possible de les assimiler directement.

Cossmannella s'avère donc comme un ensemble bien défini, ayant une valeur propre comme va le confirmer l'examen des espèces s'y rattachant.

Indication et distribution des espèces.

Tous les auteurs ayant traité des Carditidés se sont bornés à citer *Cossmannella* avec réticences ou n'en ont pas même fait mention. Cette réserve s'explique du fait qu'une seule espèce : le génotype *fajumensis*, y était rapportée à l'origine, aucun examen critique n'ayant eu lieu depuis. Oppenheim a décrit des espèces d'Égypte dont il signalait la ressemblance avec sa *C. fajumensis* ; R. B. Newton d'autre part, dans son mémoire sur la faune d'Ameki a comparé deux de ces mêmes espèces (*fajumensis, mokattamensis*) à sa *Cardita costaenodulosis*. De l'examen des descriptions et des figures, je puis rapporter à *Cossmannella* les coquilles suivantes :

C. fajumensis Oppenheim (génotype) figuré par Mayer (cf. *supra*) et Oppenheim (*op. cit.*, pl. 8, fig. 22-27). Du Mokattam égyptien [1].

C. aliformis Mayer = *mokattamensis* Oppenheim (*op. cit.*) est beaucoup plus douteuse, sa charnière, mal dessinée, laisse sup-

1. Mayer a décrit en même temps que le type, une variété à 20 côtes au lieu de 15 (*C. pluricostata* Mayer) sans figuration distincte.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

poser qu'il s'agit d'une *Carditamera*. On sait que ce groupe est essentiellement néogène, sa présence dans l'Éocène moyen d'Égypte reste donc une hypothèse.

C. schweinfurthi OPPENHEIM (*op. cit.*, p. 106 et pl. IX, fig. 1-1b), du Libyen, doit être une *Cossmannella*. Charnière toutefois non figurée.

C. paroxyta OPPENHEIM (*op. cit.*, p. 106 et pl. VIII, fig 12-12*b*), également du Libyen semble aussi une *Cossmannella* à peu près certaine.

C. canis OPPENHEIM (*op. cit.*, p. 107 et pl. IX, fig. 9), de petite taille, assez peu transverse, est une autre espèce de ce groupe, intéressante par sa ressemblance assez nette avec des *Cardiocardita*, comme *C. lacunosa* REEVE, actuelle de Guinée.

Ces diverses espèces de *Cossmannella* et notamment le génotype *fajumensis* ont des côtes légèrement tripartites : caractère intéressant qui suggère un rapprochement avec le groupe de *Venericardia Beaumonti-acuticostata*, groupe très abondamment représenté au Crétacé supérieur et à l'Éocène, dans ces mêmes régions. Une relation de parenté indirecte semble plausible.

C. costaenodulosis NEWTON, l'espèce du Lutétien du Nigeria, assez abondante dans le gisement d'Ameki, est pourvue de côtes granuleuses, assez élevées et étroites, entières, au nombre de 20, et que séparent de larges intervalles concaves, striés. La lunule, ovale, plutôt grande, est nettement dissymétrique, en saillie sur V. D. et en retrait sur V. G. Les spécimens que j'ai étudiés sont absolument typiques, correspondant parfaitement à la description[1] pp. 82-83, et à la figuration (pl. IX, fig. 22-25) données par Newton.

Outre une *Venericardia cf. planicosta* LAMARCK, deux autres espèces de *Cardita* sont décrites par cet auteur du Lutétien d'Ameki. Ce sont :

C. triparticostata NEWTON avec 26 côtes tripartites ; munie par ailleurs d'une légère échancrure byssale et donc suffisamment distincte de la précédente. C'est probablement une *Venericardia* du type *Beaumonti* car sa charnière plus mince et ses crochets moins renflés et moins recourbés ne semblent pas du type *Cossmannella*. Elle est plus rare que *costaenodulosis*.

C. costaeirregularis NEWTON est bien différente des deux précédentes par son ornementation et semble-t-il aussi par sa char-

1. R. B. NEWTON. Eocene Mollusca from. Nigeria. *Bull. Geolog. Survey of Nigeria*. (3), 1922.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

nière. Je ne puis considérer cette coquille comme une *Cossmannella* mais comme elle correspond visiblement à un autre groupe des plus intéressants, je signalerai ses rapports dans une note séparée.

Deux autres espèces, malheureusement connues seulement par des moules, sont aussi sans doute des *Cossmannella*. Ce sont *C. sererina* CHAUTARD [1] et *C. baoli* CHAUTARD [1] du Lutétien du Sénégal, dont la charnière reste inconnue, mais que R. B. NEWTON compare avec raison à sa *C. costaenodulosis*.

Enfin et surtout, ce groupe existe indubitablement dans l'Éocène tunisien. Une très belle espèce doit lui être rapportée : *C. gracilis* LOCARD [2], p. 48, pl. VIII, fig. 17. C'est une coquille de forme très allongée, transverse, ornée d'une vingtaine de côtes rayonnantes et espacées. Décrite d'après des moules internes, son test aussi est maintenant connu ; l'espèce indiquée de plusieurs localités (notamment Djebel Dekma, Constantine) est une vraie *Cossmannella*. Plusieurs autres Cardites de même âge semblent devoir aussi être placées dans cet ensemble.

Ainsi donc, *Cossmannella* existe, bien représenté, en au moins trois régions bien différentes du territoire africain. Le groupe semble spécial à ce domaine et n'y est connu avec certitude que de l'Éocène. Il semble diffuser ensuite : car « *Cardita* » *Viquesneli* D'ARCH. et HAIME du Miocène inférieur de l'Inde (Burma) paraît d'après les figures données par F. Noetling [3], une *Cosmannella* indubitable. Mais ailleurs, dans les terrains plus récents, les rares espèces qui ressemblent réellement à celles-ci ne sont pas des *Cossmannella* : ainsi *Cardita angolensis* KELLER du Néogène de Loanda, dont la charnière toutefois n'est pas figurée, a l'allure d'une *Carditamera*. Ainsi encore *Cardita subalpina* MICHELOTTI, du Néogène italien et donc hors du domaine africain, en est aussi une (*Lazariella* SACCO, dont c'est le génotype, a été reconnu par Dall synonyme de *Carditamera* : cette réunion, contestée par la suite, semble indubitable). Les rapports de *Cossmannella* avec les divers groupes de Cardites, genres ou sous-genres, sont résumés dans le paragraphe qui suit :

1. Voir *B. S. G. F.*, 1905, (série 4), t. 5, p. 149, pl. 5, fig. 4 et fig. 5.
2. A. LOCARD. Description Moll. Fossiles Terr. Tertiaires Inf. Tunisie. Paris, 1889.
3. Cette figuration dans Noetling (*Fauna Mioc. Burma*, pl. IX, fig. 6-7) ne correspond pas du tout à la figuration originale : mais plutôt à *C. mutabilis* ou à *C. depressa* de d'Archiac. On aurait donc confondu une, et peut-être deux, *Cossmannella* avec la vraie *V. Viquesneli* qui serait, d'après des échantillons d'Égypte (Oppenheim), du groupe *Venericardia aculicostata*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

III. Relations de *Cossmannella* avec les autres Carditidés.

Comme je l'ai indiqué plus haut, il ne semble possible de comparer avec profit *Cossmannella* qu'avec deux ou trois seulement des nombreuses subdivisions génériques ou sous-génériques correspondant à l'ensemble des *Carditidae*.

Carditamera CONRAD, qui doit être considéré comme un genre distinct, parfaitement individualisé et homogène, est un ensemble néogène surtout américain, mais qui a vécu dans le Bordelais au Néogène et localement, encore, au pourtour du domaine

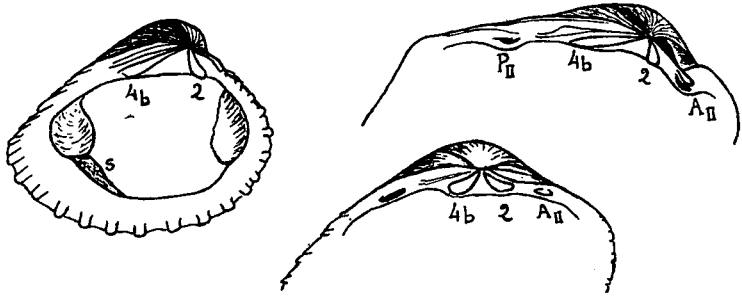


FIG. 2. — Comparaison des charnières de :
Cardiocardila (à gauche). Remarquer aussi le raccord irrégulier de l'impression palléale, en S.
Carditamera (à droite) et *Cossmannella* (en bas). Valves gauches.

africain. La ressemblance extérieure avec *Cossmannella* est assez grande : *Carditamera* pourtant est encore plus transverse, plus allongé, les extrémités antérieure et postérieure d'allure peu différente. Mais surtout la charnière est très complète, avec les lamelles latérales bien développées, saillantes. Une parenté entre les deux groupes semble bien douteuse.

Cardiocardita BLAINVILLE, sous-genre de *Venericardia* dont le type est *C. ajar* ADANSON, actuelle du Sénégal, a des affinités plus réelles avec *Cossmannella*. Quand on examine des jeunes de *Cardiocardita ajar*, on remarque aussitôt la faible dissymétrie de 2 et *4b*, *3b* sur l'autre valve étant peu inéquilatérale. La dissymétrie se prononce avec l'âge. La forme aussi est moins transverse, plus ramassée ; mais l'allure générale demeure du même type : côté antérieur régulièrement arrondi, le postérieur acuminé.

Ce rapprochement est aussi net avec une espèce voisine : *Car-*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

diocardita lacunosa REEVE. Toutes deux sont du Sénégal et de Guinée, et semblent bien des descendants des *Cossmannella* éocènes (fig. 2).

La comparaison devient plus délicate avec d'autres des espèces habituellement rapportées à *Cardiocardita*, mais dont l'attribution devra être revue. *C. pinnula* BASTEROT, du Miocène aquitain, par exemple, ou *C. regularis* SOWERBY, actuelle de Gorée, ont une dent 3 *b* allongée, dissymétrique et plus courbe (contours rectilignes chez *C. ajar*). Il n'est pas certain que ces espèces soient bien des *Cardiocardita*, il faudrait prouver, pour la première, sa parenté directe avec *C. ajar* à laquelle elle ressemble notablement comme forme générale.

Un point reste acquis : les coquilles auxquelles, dans une période récente, peuvent être comparées les *Cossmannella* éocènes, sont, elles aussi, d'Afrique. Ce *phylum* serait donc, sinon exclusif, au moins prépondérant en répartition dans ce domaine. Mais l'insuffisance de la documentation actuelle sur les faunes oligocènes et miocènes de ces régions ne permet pas encore de transformer ces déductions en certitude, de sorte que *Cossmannella* est ici appelé groupe au lieu de genre ou sous-genre, étant probablement en fait un sous-genre de *Cardiocardita*, si la séparation générique de ce dernier se justifie, ou de *Venericardia* dans le cas contraire. C'est un ensemble d'une cohésion réelle qu'il était intéressant de mettre en relief.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Contribution a l'étude des gneiss des Pyrénées

par **E. Raguin**[1].

Planche I

Résumé

Les terrains anciens des Pyrénées sont de quatre catégories : les gneiss, les schistes infra-paléozoïques faiblement métamorphiques, les terrains dévono-carbonifères et les granites carbonifères. Les gneiss ont le caractère de migmatites. Leur discontinuité avec les schistes infra-paléozoïques superposés provient de l'existence d'un front de migmatites, généralement bien délimité, et non d'une discordance stratigraphique. Les granites carbonifères sont indépendants des migmatites précédentes et sont intrusifs jusque dans le Paléozoïque supérieur. Ils sont postérieurs aux plissements hercyniens. Au contraire la granitisation des migmatites est antérieure, mais on n'a pu préciser son âge minimum, l'âge maximum paraissant ordovicien supérieur.

Les gneiss ont une extension importante dans la moitié orientale des Pyrénées, c'est-à-dire dans les montagnes de l'Ariège et les massifs situés à l'E. Ces roches n'ont pas fait jusqu'ici l'objet d'études d'ensemble approfondies. Quand j'ai commencé mes recherches pyrénéennes en 1930, l'état de la question était le suivant : on savait que la base du Paléozoïque se perdait dans les gneiss ; ceux-ci étaient considérés en gros comme anteordoviciens en tant que matériel initial ; mais on admettait que le métamorphisme général et la granitisation avaient pu monter assez haut dans la série paléozoïque et on ne séparait pas les deux phénomènes ; le métamorphisme des gneiss pouvait dater de la fin du Paléozoïque comme la venue des granites.

Mes premières impressions furent qu'il y a indépendance entre les massifs de gneiss et les grands massifs de granite, et qu'il y a discontinuité entre les schistes paléozoïques et les gneiss sous-jacents. Par conséquent un métamorphisme général ancien a produit les gneiss ; ils ont été recouverts en transgression par des schistes siluriens et ceux-ci ont été plus ou moins affectés par un léger métamorphisme postérieur ; enfin beaucoup plus tard, au Carbonifère, de grands massifs de granite se sont

1. Note présentée à la séance du 17 janvier 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

élevés çà et là à travers l'ensemble en produisant des auréoles de contact. J'ai exprimé ces idées dans deux notes préliminaires en 1933[1].

Mais ayant poursuivi plusieurs années cette étude pour la révision des feuilles de Quillan et de Foix de la Carte géologique au 1 : 80.000e, je me suis rendu compte que les conditions étaient plus compliquées. Les lignes qui suivent ont pour but d'en présenter une mise au point.

J'ai eu la bonne fortune de bénéficier maintes fois des enseignements de M. Lacroix, soit verbalement quand je fréquentais son laboratoire, soit par ses publications sur les roches des Pyrénées.

Sur le terrain j'ai eu de fructueux échanges d'idées avec M. J. Durand, ingénieur en chef des mines, qui était arrivé avant moi à la notion de la généralité du caractère migmatique des gneiss pyrénéens, notion qu'il a exposée dans des conférences sur le métamorphisme à l'Université de Toulouse.

Dans les lignes qui suivent, il sera fait usage de la classification des terrains cristallophylliens par J. Jung et M. Roques[2]. Si nous réduisons les choses à l'essentiel, ils distinguent les roches du métamorphisme général en l'absence du magma, et où l'apport n'a qu'un rôle infime et la déformation un rôle considérable : ils les nomment *ectinites*. De haut en bas, les ectinites comportent les zones d'isométamorphisme suivantes :

micaschistes supérieurs (à chlorite et muscovite),
— inférieurs (à biotite et muscovite),
gneiss supérieurs (à biotite et muscovite),
— inférieurs (à biotite).

Les roches métamorphiques où l'apport granitique est considérable sont les *migmatites*. Elles se classent, par ordre d'intensité de granitisation croissante, en *diadysites* où le magma recoupe en multiples filonnets les terrains préexistants ; en *embréchites* où le magma finement diffusé par pneumatolyse imbibe la trame des terrains préexistants, avec un faciès œillé ou un faciès de fine injection lit par lit ; et enfin en *anatexites* où la trame elle-même prend peu à peu l'état pâteux du magma, où la schistosité cristallophyllienne devient nébuleuse, s'efface

1. Révision des feuilles de Quillan et de Foix. *Bull. Services Carte géol. France, CR. des Collaborateurs*, n° 190, XXXVIII, 1933, pp. 171-178.
Sur les gneiss des Pyrénées. *B. S. G. F., C. R. somm.*, 5e série, III, 1933, p. 15.

2. J. Jung et M. Roques. Les zones d'isométamorphisme dans les terrains cristallophylliens du Massif-Central français. *Revue Sciences Naturelles Auvergne*, I, fasc. 4, 1936.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

(nébulite), où la matière se tord en fluides contournements tourbillonnaires (plis ptygmatiques). A la limite, ces roches passent à un véritable granite, encore hétérogène, le granite d'anatexie. Cette terminologie nous sera d'une grande utilité.

Mon exposé, qu'on peut suivre dans les grandes lignes sur la carte schématique ci-jointe, et dans le détail sur les feuilles de la carte géologique détaillée au 1 : 80.000e, comporte 7 paragraphes :

Situation géographique.

Les gneiss.

Les schistes infra-paléozoïques.

Les massifs de granites carbonifères et leur indépendance par rapport aux massifs de gneiss.

Rapports entre les gneiss et les schistes.

Le bord des gneiss à l'E du Saint-Barthélemy.

Age du métamorphisme des gneiss.

Situation géographique.

La région que j'ai étudiée s'étend depuis Perpignan jusqu'à Saint-Girons. Elle ne comprend pas le massif du Canigou, mais couvre les montagnes de la haute vallée de l'Aude entre la Têt et les chaînes de Crétacé d'Axat, puis les montagnes de la vallée de l'Ariège entre la frontière et les chaînons calcaires de Foix, enfin le pays de Vicdessos, du Montcalm à Saint-Girons.

La plus grande partie de cette région appartient à la *zone axiale pyrénéenne*. On appelle ainsi, avec Ch. Jacob, la zone comprenant les sommets de la frontière et formée principalement de terrains paléozoïques. Située entre les chaînons nord-pyrénéens et les chaînons sud-pyrénéens qui furent plissés aux temps crétacés et cénozoïques, la zone axiale est restée rigide à ces époques dans le périmètre qui nous occupe, et n'a été affectée que par des dislocations linéaires à grand pendage, où sont pincés des paquets de terrains plus ou moins écrasés.

Par ces dislocations divers massifs paléozoïques ont été séparés de la zone axiale au N. On les désigne sous le nom de *massifs nord-pyrénéens*. Ce sont le massif de l'Agly à l'E ; puis un chapelet de très petits massifs tels que celui de Salvezines et celui de Bessède plus à l'W ; le grand massif du Saint-Barthélemy, prolongé par celui de l'Arize ; enfin le massif des Trois-Seigneurs entre ce dernier et la zone axiale. Abstraction faite des dislocations récentes, les terrains de la zone axiale et des massifs nord-pyrénéens ont été affectés par les mouvements orogéniques her-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

cyniens ou plus anciens. Les conditions y sont analogues à celles du S du Massif-Central français, spécialement de la Montagne-Noire.

Nous envisagerons exclusivement les terrains anciens. Ils sont de quatre catégories. Il y a d'abord les *gneiss*, formant substratum des schistes paléozoïques, et par conséquent plus anciens, mais dont le métamorphisme est d'âge imprécis : à priori on pouvait le supposer précambrien, infra-paléozoïque ou paléozoïque supérieur. Il y a ensuite les terrains paléozoïques, où nous distinguerons d'une part les *schistes infra-paléozoïques* jusqu'au Gothlandien exclu, et d'autre part le *Paléozoïque moyen et supérieur* à partir du Gothlandien. Enfin les *granites carbonifères* constituent une quatrième unité géologique.

La répartition spatiale de ces quatre formations géologiques ressort sur la carte (Pl. I). Les *gneiss* sont développés dans le massif de l'Agly ; dans le grand massif s'étendant d'Ax-les-Thermes au Montcalm, et dans le massif de l'Hospitalet qui le flanque au S au delà de la zone disloquée de Mérens ; enfin dans les trois massifs nord-pyrénéens du Saint-Barthélemy, de l'Arize et des Trois-Seigneurs. Les *granites* forment plusieurs grands massifs indépendants : ceux de Quérigut-Millas, de Mont-Louis, de Foix, de Bassiès. Ils apparaissent aussi en massifs accolés aux gneiss dans l'Agly, à Ax-les-Thermes, au Pic des Trois-Seigneurs, au S de Saint-Girons. Les *schistes infra-paléozoïques*, sauf dans le cas de dislocations tectoniques, sont disposés en enveloppes autour ou au-dessus des massifs de gneiss. A l'E ils ont un grand développement en l'absence de gneiss dans le domaine où se sont individualisés les vastes massifs granitiques de Mont-Louis et Quérigut-Millas. Le *Paléozoïque moyen et supérieur* cerne à son tour ou recouvre les schistes précédents. Aussi bien qu'eux, il a été envahi par les grands massifs de granite. Il comprend des schistes noirs carburés du Gothlandien, un Dévonien constitué par une forte épaisseur de calcschistes et se terminant par une assise de calcaire massif, et un Carbonifère schisteux comportant des lits détritiques et à la base un niveau de lydiennes et de nodules phosphatés.

La longue zone synclinale broyée qui s'étend de Mérens à Villeneuve-de-Conflent, ainsi que les plis et fractures formant la limite nord de la zone axiale et bordant les massifs nord-pyrénéens, sont des dislocations d'âge crétacé ou cénozoïque. Les autres déformations et plissements relèvent du cycle orogénique hercynien. On peut dire que la tectonique de ces montagnes est essentiellement hercynienne.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les gneiss.

Les gneiss, dans l'ensemble très feldspathiques et très massifs, présentent des parties compactes granitoïdes et des parties schisteuses ou rubanées. « Le contraste des unes aux autres est souvent net et évoque l'idée d'enclaves de paragneiss dans de l'orthogneiss, ou bien l'injection lit par lit de gneiss granitoïde. Ces injections ont parfois les capricieux contournements connus sous le nom de plis ptygmatiques. Souvent la texture du gneiss s'oblitère, les traînées micacées se disséminent en se contournant de manière désordonnée, comme se fondant dans un magma. Ailleurs le gneiss passe sans limites précises à un faciès massif tout à fait semblable à un granite ordinaire, porphyroïde ou non. D'autre part les parties rubanées de grain fin, alternativement claires et foncées, sont souvent très semblables à des lits sédimentaires recristallisés[1] ». Il ressort de cette description que *le faciès de ces gneiss est typiquement celui des migmatites.*

Les aspects les plus expressifs à cet égard se trouvent dans les zones d'*anatexites*, constituant des étendues importantes, discontinues, à l'intérieur des massifs de gneiss. Leur structure en nébulite, leurs plis ptygmatiques sont bien accusés. On observe par exemple ces phénomènes dans le massif de l'Agly sur la route de Cassagne à Bélesta, dans le massif du Saint-Barthélemy aux environs d'Arnave et sur la route allant à Cazenave, dans le massif d'Ax-Montcalm sur une route entre le village de Mérens et la métairie de Sans située sur la pente du Cap-del-Camp, ou encore dans les vallons débouchant du S sur la vallée d'Orlu. Au-dessus et autour des anatexites, on peut distinguer suivant la terminologie de J. Jung de puissantes séries d'*embréchites*, qui sont des gneiss grenus hétérogènes, injectés lit-par-lit, ou imprégnés de feldspaths d'apport, et qui ont tantôt conservé une schistosité assez régulière, tantôt ont une structure désordonnée, contournée, et un grain grossièrement variable de place en place. Enfin les limites des massifs de gneiss au contact des schistes comportent parfois l'injection de gros filons-couches ou de filons discordants et ramifiés de granite à mica blanc ou de pegmatite, soit dans les gneiss soit dans les schistes. Ces injections représentent une zone de *diadysites*, qui est toutefois peu développée dans la région. Nous y reviendrons dans le paragraphe consacré aux « rapports entre les gneiss et les schistes infra-paléozoïques ».

1. E. Raguin. Révision des feuilles de Quillan et de Foix. *Loc. cit.*, 1933.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Comme il est normal, les anatexites du centre des massifs passent à des corps de *granite d'anatexie*, où la schistosité n'est pas apparente, ou pas plus apparente que dans un granite intrusif quelconque. Entre ces granites et la bordure des gneiss, l'épaisseur des migmatites est de l'ordre d'un millier de mètres ou davantage. Les amas de granite d'anatexie sont moins étendus qu'ils n'apparaissaient sur les cartes géologiques antérieures à mes recherches (Feuille de Foix, Feuille de Quillan, 1res éditions). Dans le massif de l'Agly, celui des Trois-Seigneurs, dans le grand massif d'Ax-Montcalm, il y a lieu de remplacer sur ces cartes beaucoup des espaces de granite par des anatexites ou des embréchites. Les granites d'anatexie subsistants sont à distinguer des granites carbonifères, d'abord par leur mode de gisement en coupoles sous des séries épaisses de gneiss, alors que les granites carbonifères sont intrusifs dans les schistes et les terrains paléozoïques supérieurs. Ils sont aussi moins homogènes que les granites intrusifs, car des traînées d'anatexites s'y mêlent çà et là. Quand ils deviennent porphyroïdes, leurs feldspaths sont plutôt œillés que régulièrement géométriques, tandis que c'est le contraire dans les granites intrusifs. Enfin dans certains cas (massif de l'Agly), ils présentent une richesse extraordinaire en grenats, dont sont dépourvus les granites intrusifs voisins.

Des amas de granite à mica blanc (granulite), généralement de grain assez fin et peu micacé, sont répandus comme au hasard dans les gneiss. Leur dimension varie de quelques mètres à quelques kilomètres. Ils passent à des pegmatites (Arize) et contiennent parfois des minéraux variés, andalousite, sillimanite, cordiérite, corindon, grenat, tourmaline, comme dans le Saint-Barthélemy, où ils ont été étudiés par M. Lacroix [1]. Souvent il n'est guère possible de distinguer s'ils sont liés directement aux gneiss et analogues aux filons de diadysites de bordure ou s'ils correspondent à des filons en rapport avec les intrusions granitiques carbonifères. Les deux catégories existent certainement. A l'extrémité ouest du massif de l'Agly, la granulite est largement développée près de Fenouillet, et dans le massif des Trois-Seigneurs elle l'est au S du col de Port. Le soubassement du Mont Fourcat (massif du Saint-Barthélemy) est constitué par un puissant laccolithe de cette roche de plusieurs cents mètres d'épaisseur. Dans le massif de l'Arize, qui prolonge celui du Saint-Barthélemy, les nombreux gisements de kaolin proviennent de l'alté-

1. A. Lacroix. Contribution à l'étude des roches métamorphiques et éruptives de l'Ariège. *Bull. Services Carte géol. France*, II, 1890-91, pp. 1-24.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ration de petits amas de granulite et pegmatite. Quant aux filons de granulite irradiant à faible distance dans l'auréole du granite intrusif d'Ax-les-Thermes et dans celle du granite, intrusif également, qui constitue le sommet des Trois-Seigneurs, ils dépendent manifestement de ces granites carbonifères.

Pour être complet, il faut citer de rares intrusions basiques formant de petits gisements de quelques mètres au sein des gneiss. Ce sont des péridotites et gabbros caractérisés par l'abondance d'une grande amphibole, brun verdâtre, relativement claire. M. Lacroix a cité des occurrences d'une péridotite à hypersthène dans la pente nord du Pic de Saint-Barthélemy. J'ai trouvé un gabbro à hypersthène, dans la même région, probablement au voisinage du premier gisement, et des gabbros sans pyroxènes au-dessus de Mérens dans les gneiss au NE du village, et sur la croupe dominant le hameau de Petches au S d'Ax. La signification de ces roches n'a pas été élucidée.

Dans les migmatites, on rencontre des bancs de *cipolins*, mêlés de lits de gneiss à pyroxène et d'amphibolites. Ils sont assez rares et généralement peu épais, mais ils s'alignent parfois en chapelet sur une distance considérable. Ils correspondent à des lits calcaires relativement exceptionnels dans la série schisto-gréseuse qui a été transformée en migmatites. Habituellement un banc de cipolin consiste en un grand nombre de minces lits de marbre à minéraux de quelques centimètres de puissance, alternant avec des paragneiss basiques à structure rubanée, le tout ayant quelques mètres.

L'alignement de cipolins le plus étendu linéairement est celui de Vivier dans le massif de l'Agly, que j'ai suivi sur près de 5 km. avec des interruptions. Le banc le plus épais d'une seule masse est celui de Mercus dans les gneiss de l'Arize au N de Tarascon-sur-Ariège. Il a plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Les autres gisements de cipolins que j'ai rencontrés sont les suivants. Massif de l'Agly : deux bancs situés dans la partie haute des gneiss au SW de Montner ; un banc quelques cents mètres à l'W de Caramany [1] ; quelques cents mètres au NW de Felluns ; 1 km. ESE de Saint-Martin. Massif Ax-Montcalm : 800 m. N du déversoir de l'étang de Naguille. Massif du Saint-Barthélemy : quelques cents mètres au N de l'étang d'Appi, et sur la route d'Arnave à Cazenave. Massif des Trois-Seigneurs : en contre-bas de Lapège et 1 km. W de ce village. Mais beaucoup d'affleurements de cipolins sont certainement demeurés inaperçus, car ils n'attirent l'at-

1. Il m'a été indiqué par M. Casteras.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tention à distance par aucun caractère morphologique et sont souvent minces et discontinus. Les gneiss à wernérite des environs de Vicdessos et à l'E du port de Massat (Massif des Trois-Seigneurs) appartiennent au même groupe de paragneiss calcaires, d'après la liaison générale mise en évidence par M. Lacroix entre ce type de gneiss et les cipolins.

Le caractère de migmatites des cipolins de la région est souligné par les filons de pegmatites qu'on y trouve souvent en abondance plus grande qu'au voisinage. Les lits calcaires sont souvent contournés de façon extraordinaire au milieu des gneiss plus tranquilles, comme s'ils avaient offerts non seulement une hétérogénéité chimique, mais aussi une hétérogénéité mécanique au cours du phénomène de migmatitisation. Ils contiennent des minéraux variés décrits par M. Lacroix qui cite, par exemple, à Mercus et Arignac : humites, pyroxènes, amphiboles, spinelles, scapolite, phlogopite, corindon, sphène, rutile, zircon, apatite, idocrase, blende, pyrite, pyrrhotine, galène, chalcopyrite, graphite, brucite, chrysotile, épidote, tourmaline, chlorite. Leurs propriétés pétrographiques les distinguent des calcaires métamorphisés au contact des granites intrusifs carbonifères. En effet dans ceux-ci ne se trouve pas de humite, ni en général de scapolite. Les paragneiss basiques associés aux cipolins ont une amphibole noire, tandis que les lits silicatés intercalés dans les calcaires des auréoles carbonifères ont une amphibole verte. Enfin le faciès des cornéennes aphanitiques et rubanées, banal dans ces auréoles, n'est pas habituel dans les cipolins.

Les schistes infra-paléozoïques

Je désigne ainsi la formation schisteuse, épaisse de plusieurs centaines de mètres ou même de plusieurs kilomètres (à l'W de Foix ou au S de Vicdessos), qui se trouve entre les gneiss à la base et le niveau des schistes carburés gothlandiens au sommet.

Cette formation comprend sans doute principalement de l'Ordovicien mais peut-être aussi du Cambrien. Sa base doit d'ailleurs représenter un niveau stratigraphique variable suivant les points, ainsi qu'on le verra ci-dessous. A ma connaissance ces roches n'ont pas fourni de fossiles dans la région.

Tandis que la partie supérieure consiste en schistes phylliteux non métamorphiques, la base est formée de *micaschistes inférieurs*, c'est-à-dire de micaschistes à deux micas. La transition est graduelle de haut en bas : le clivage des schistes, d'abord assez terne, laisse apparaître plus bas de très petites paillettes

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

brillantes de séricite, et finalement de biotite. Des amygdales de quartz se développent entre les feuillets schisteux. Au microscope on constate que cette partie inférieure est un micaschiste à deux micas, contenant souvent tourmaline et andalousite sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur loin de tout filon granitique. Du feldspath (oligoclase ou orthose) s'y développe parfois tout-à-fait à la base, ainsi que de la sillimanite et de la staurotide ou exceptionnellement de la cordiérite, mais la roche demeure très schisteuse et garde un faciès de phyllade. Il n'y a, sauf rares exceptions consistant en niveaux détritiques ou calcaires, aucune discontinuité, stratigraphique ou pétrographique, dans toute cette série.

Voici l'énumération de divers points où j'ai examiné les schistes inférieurs au microscope.

Biert (W de Massat, massif de l'Arize). Sur la route montant au Pech d'Arbiel par le vallon au N de Biert, on passe brusquement des gneiss massifs aux schistes 800 m. NW de Biert. Sur quelques centaines de mètres ces schistes sont en réalité des gneiss plagioclasiques, très fins et très micacés, à sillimanite et andalousite.

Route de la Tour-Lafont (massif de l'Arize). Au NE de Massat, la route de la Tour-Lafont montre le passage brusque des gneiss aux schistes quelques cents mètres au N de la route nationale Massat-col de Port. Ces schistes sont des micaschistes tourmalinifères à deux micas, avec de l'andalousite ou de la sillimanite dans certains bancs, jusqu'à la Tour-Lafont. Au delà au N, la cristallinité diminue, la biotite et même l'andalousite subsistant longtemps ; et l'on passe peu à peu, aux environs du Pic de Jouets, à des séricitoschistes encore tourmalinifères.

Lou Pla-de-Pèze (massif des Trois-Seigneurs). En descendant vers l'E du col de Lou Pla-de-Pèze, qui est situé près du Pic de Journalade et sépare le Cap de la Dosse du Cap de las Costes, on observe très bien le contact des schistes sur les gneiss, le long de la paroi sud-occidentale du ravin. Les gneiss sont surmontés par des amas de granite à mica blanc ou de pegmatite. Ils supportent quelques dizaines de mètres de schistes arkosiens, d'abord assez fins, puis contenant des nodules noirâtres. Des filons de pegmatite s'y retrouvent, contenant des prismes de staurotide altérée longs de plusieurs centimètres. Une quarantaine de mètres au-dessus de la base des schistes, est intercalé dans la série un gros banc d'un calcaire noirâtre ou roux, tantôt compact, tantôt alternant avec de fines zones siliceuses. Ce calcaire est parfois bitumineux. Au-dessus se trouve une grande épaisseur de phyllades monotones constituant le Cap de la Dosse. Le microscope montre que les arkoses basales possèdent un abondant développement de biotite et de tourmaline, les nodules sont des pseudomorphoses sériciteuses de cristaux, qui étaient sans doute de l'an-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dalousite au moins en partie, car certaines plaques minces montrent des résidus de ce minéral. Dans le calcaire on trouve aussi une légère formation de biotite. Cette coupe se conserve au N, en contre-bas du col, dans le cirque de Journalade.

De l'autre côté, vers le S, le niveau calcaréo-graphiteux se suit sur plusieurs kilomètres, affleurant avec une faible inclinaison sur la périphérie sud-orientale du Cap de la Dosse. On l'observe bien à la Jasse de Freychinet, malgré des étirements momentanés. Les schistes inférieurs s'épaississent toutefois entre ce niveau et les gneiss. Dans ces schistes, on constate également, au moins jusqu'au niveau calcaire, le développement très accusé de biotite, tourmaline et andalousite.

Pic d'Endron (massif Ax-Montcalm). Quand on gravit l'arête NW conduisant au signal 2210 qui précède le Pic d'Endron, on traverse à partir des phyllades paléozoïques plus de 1.500 m. d'épaisseur de micaschistes redressés, avant d'arriver aux gneiss sous-jacents, constituant le sommet du pic avec un pendage élevé vers le NW. Ce sont des micaschistes à biotite et andalousite. Les gneiss, de grain assez fin, contiennent, près des contacts, plusieurs filons-couches de pegmatite à tourmaline. En ce point, le contraste est moins tranché qu'habituellement entre les schistes et les gneiss.

Rocher de Miglos (même massif). Le contact schistes-gneiss se trouve juste au S du sommet ainsi nommé. Je n'ai recueilli au voisinage que des micaschistes à mica blanc.

Aston (même massif). Au S d'Aston, le contraste est net entre gneiss et schistes. Ces derniers sont des micaschistes à deux micas.

Ascou (même massif). A l'E d'Ascou, sur la route de la vallée de la Lauze, les micaschistes, durs et injectés d'amygdales quartzeuses, contiennent biotite, andalousite et tourmaline. De là, il y a encore plus de 1.000 m. d'épaisseur d'assises pour atteindre le contact des gneiss. Ainsi la zone des micaschistes à minéraux présente un épaississement comparable à ce qui existe près de Vicdessos (Pic d'Endron). J'y ai rencontré au Tapié une amphibolite à zoïzite. Plus à l'W, près d'Ascou, M. Lacroix [1] a signalé dans ces assises des lits de cipolins et pyroxénites à minéraux variés, grenat, idocrase, amphibole, pyroxène, zoïzite. Sans pouvoir retrouver les lits calcaires, j'ai noté des zonules d'amphibolites et de pyroxénites, finement rubanées et très compactes à la sortie ouest du village. Mais le granite intrusif d'Ax-les-Thermes, probablement carbonifère, est sans doute responsable d'une partie de cette minéralisation, car il émet des filons de pegmatites dans les schistes près d'Ascou.

Pic de la Lauzat (massif du Saint-Barthélemy). Immédiatement au N de ce sommet, les gneiss, chargés de pegmatites près du contact, supportent en concordance avec un grand pendage septentrional 300 ou 400 m. de micaschistes à deux micas, à tourmaline, andalousite, staurotide, et parfois plagioclase. Au delà, vers le N, on passe à des schistes et pélites non métamorphiques.

1. *Loc. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Mont Fourcat (massif du Saint-Barthélemy). A 1.300 m. environ ENE du sommet, les gneiss supportent les schistes, qui consistent en micaschistes à biotite, tourmalinifères et un peu feldspathiques dans les premières dizaines de mètres.

Montner (massif de l'Agly). A l'extrémité orientale de ce massif, de part et d'autre de la route d'Estagel à Millas, à l'W de Montner, on observe la superposition presque horizontale des schistes siluriens non métamorphiques, sur les gneiss d'anatexie. A la base de la série schisteuse, sur la route, on trouve des micaschistes à deux micas, avec tourmaline, sillimanite et faible développement de feldspath sous forme de petits nodules isolés. Des filonnets de quartz et pegmatite à tourmaline traversent ces roches. L'épaisseur de ces micaschistes ne dépasse pas quelques dizaines de mètres.

D'après ces exemples, qui paraissent traduire le cas général, *le métamorphisme de la base de cette série est analogue à celui d' « ectinites » de la zone des micaschistes, avec développement modéré et diffus de minéraux supplémentaires analogues à ceux des auréoles granitiques.*

Examinons la constitution des schistes infra-paléozoïques indépendamment du métamorphisme.

La série est principalement formée de *schistes argileux* comprenant des *assises gréseuses.*

De plus, *des bancs calcaires* peu épais et dépourvus de continuité s'y intercalent, ainsi que dans le Gothlandien. M. Dalloni [1] a montré que, dans les Pyrénées catalanes, il existe dans la partie supérieure de l'Ordovicien un niveau de calcaire zoogène, crinoïdique, en petits bancs roux, et, dans la partie supérieure du Gothlandien, plusieurs niveaux de calcaires à Brachiopodes et Mollusques, en rognons enrobés dans les schistes ou en bancs, parfois bitumineux. J. Durand [2] a cité des exemples de bancs calcaires intercalés normalement dans les micaschistes au S de Sentein (Feuille de Luchon) et à l'E de Llo (Feuille de Prades). Dans les régions que j'ai étudiées, j'en ai découvert deux gisements seulement. Le premier, situé dans des schistes carburés non métamorphiques et probablement gothlandiens, se trouve dans la zone synclinale de Mérens, 7 km. à l'W de ce village, à la traversée de la vallée du Nagear. On observe une assise de calcschistes sombres coincés entre les schistes carburés et les gneiss en contact anormal. Le second cas est celui de Lou Pla-de-Pèze déjà indiqué ci-dessus ; il est faiblement métamorphique avec un

1. M. Dalloni. Étude géologique des Pyrénées catalanes. *Annales Faculté Sciences Marseille*, XXVI, fasc. 3, 1930, 373 pp.

2. J. Durand. Remarques sur quelques formations de calcaires anciens dans les Pyrénées. *Bull. Soc. géol. France, C. R. sommaire*, 5e série, V, 1935, p. 222.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

léger développement de biotite. D'autre part un niveau de calcaire à minéraux a été signalé par M. Lacroix, près d'Ascou, dans les micaschistes. Enfin M. Dalloni m'a montré, au bord du granite de Quérigut-Millas, près de Roquefort-du-Sault, un banc de calcaire noirâtre probablement gothlandien.

Comme pour les cipolins des gneiss, la discontinuité des calcaires intercalés dans les schistes infra-paléozoïques et gothlandiens, leur faible épaisseur et leur absence d'influence dans la morphologie ne permettent pas de les repérer facilement, et ils sont sans doute moins rares qu'on ne l'imaginerait.

Les assises gréseuses ont été durcies par le métamorphisme et sont devenues de véritables quartzites, généralement chargés de phyllites et de couleur sombre. Parfois, ils sont plus massifs et plus blancs. Dans quelques cas on constate qu'ils sont en réalité des arkoses.

De ces arkoses, je citerai trois exemples, indépendamment du schiste arkosien de Lou Pla-de-Pèze. A l'E de Massat, auprès du hameau d'Eychenne, une telle arkose se trouve à proximité de la base de la série schisteuse ; des assises analogues s'observent à Couloubres plus à l'W, c'est-à-dire à plus de 1 km. de la base de la série. Ces roches renferment, en plus de leur quartz et de leur feldspath détritiques : biotite, chlorite, muscovite, grenat, tourmaline, sphène, sans qu'il soit possible de faire la part de ce qui est détritique ou néogène parmi ces minéraux. Un second exemple se trouve à l'W de Massat, au pont de l'Arac sous le hameau de Parès : des quartzites schisteux sombres contiennent feldspath et quartz détritiques et une fine biotite presque certainement néogène. Ce point est à 3 km. des gneiss mais à 1 km. du granite, probablement carbonifère, de Soulan-Erp. Enfin, à la traversée de la vallée d'Orgeix par la zone synclinale disloquée de Mérens (3 km. E de Mérens), les assises attribuées au Silurien renferment une arkose claire et massive, contenant notamment du microcline détritique et passant à un poudingue à galets de quartz. Ces roches ne présentent pas d'indice de métamorphisme.

Ces niveaux arkosiens ne sont pas systématiquement à la base de la série des schistes infra-paléozoïques sur les gneiss. Ils sont en partie *intraformationnels*, comme d'ailleurs les poudingues de l'Ordovicien supérieur.

O. Mengel a signalé, en effet, du Canigou à la Maladetta [1], *des*

1. O. Mengel. Le Canigou et la Maladetta, pôles de l'axe primitif des Pyrénées. *CR. Acad. Sciences*, t. 173, 1921, p. 990. (V. aussi notice de la Feuille de Prades.)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

poudingues à cailloux de quartz et de quartzite alternant avec les niveaux calcaires de l'Ordovicien supérieur (Caradoc). Il indique leur présence le long de deux bandes sensiblement E-W. Celle du N est jalonnée par Thuir, Villefranche-de-Conflent, Mérens. L'affleurement de la vallée d'Orgeix lui appartient par conséquent. Celle du S est jalonnée par Camprodon, Ribas, la Seo de Urgel, Rialp (au SE de la Maladetta). Dans cette région des Pyrénées Catalanes, les poudingues ordoviciens sont décrits également par M. Dalloni[1] qui les place aussi dans l'Ordovicien supérieur, mais plus bas stratigraphiquement (Llandeilo). J'ai observé cette formation au SW de Luchon, dans le soubassement du Cap de Hounts-Sec qui domine la vallée du Lys, c'est-à-dire dans le prolongement vers le NW de la zone méridionale de M. Mengel. Je n'en ai pas rencontré ailleurs dans la région que j'ai étudiée. Il est très significatif que cette assise grossièrement détritique ne se trouve pas à la base de la série schisteuse.

Les massifs de granites carbonifères et leur indépendance par rapport aux massifs de gneiss.

Les massifs de granite envisagés ici sont ceux de Quérigut-Millas, de Saint-Arnac (au N du massif de gneiss de l'Agly), d'Ax-les-Thermes, de Foix, du Pic des Trois-Seigneurs et d'Ercé (à l'W du massif des gneiss des Trois-Seigneurs), de Bassiès, d'Erp. Ils sont situés généralement dans les schistes infra-paléozoïques et dans les formations plus récentes jusqu'au Dinantien inclus. Quelques-uns se trouvent au voisinage du contact des schistes et des gneiss (Agly, Ax, Trois-Seigneurs).

Leur auréole de métamorphisme de contact est classique depuis les travaux de M. Lacroix. Dans les séries schisteuses, elle consiste en un développement de schistes micacés à biotite, noduleux ou tachetés, atteignant parfois plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Des leptynolites à feldspath néogène diffus s'observent dans ces schistes métamorphiques. Les séries de calcaires ou de calcschistes donnent lieu aux beaux marbres métamorphiques à minéraux variés et aux cornéennes rubanées constituées d'agrégats microscopiques d'épidote, zoïzite, grenat, amphibole, biotite, feldspath, etc. Les leptynolites ne passent à un véritable gneiss largement cristallin que tout à fait au contact du granite, et non d'une manière constante, sur quelques centimètres, ou au plus sur un ou deux mètres.

1. *Loc. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le caractère intrusif de ces granites dans le Paléozoïque non métamorphique est donc très accusé en beaucoup de points. Quand leur intrusion est en bordure des gneiss, il peut arriver localement que la distinction ne soit pas évidente entre le magma des migmatites et le magma granitique du massif intrusif : par exemple à l'W du massif granitique de Quérigut-Millas sur les pentes du Pic des Recantous. Mais une telle ambiguïté est locale. Auprès d'Ax-les-Thermes, où les circonstances sont cependant les mêmes, la limite du petit massif de granite au bord du massif de gneiss d'Ax-Montcalm est au contraire très facile à tracer.

Ces granites n'ont pas le faciès de migmatites. Ils sont compacts et homogènes, sauf l'existence d'enclaves abondantes en certaines zones et sauf la fissuration et la schistosité banales dans tout granite. Même quand cette schistosité s'accentue, ainsi qu'il arrive dans une grande partie du massif de Quérigut-Millas, l'homogénéité et la régularité de la roche se conservent. De toutes façons, ces granites ne contiennent pas systématiquement de trainées nébulitiques, et ils sont à bord net, tant vis-à-vis des formations encaissantes que vis-à-vis de la plupart des enclaves englobées dans le magma. Cette dernière remarque vaut même pour le granite de Quérigut-Millas, extraordinairement riche en enclaves à l'W et au S. Je n'ai remarqué qu'une exception locale dans le prolongement de ce massif à l'étang de Naguille, exactement dans le déversoir de l'étang : les filons de pegmatite au sein du granite sont affectés de plis ptygmatiques rappelant ceux des zones d'anatexie. De même c'est localement seulement et sur une épaisseur de quelques mètres que j'ai pu observer des filonnets injectés de pegmatite, aplite et quartz à allure de migmatites à la bordure du petit massif de granite du cirque du Lys au S de Luchon (Feuille de Bagnères). Mais, dans l'ensemble, il n'y a pas de migmatites ni dans l'intérieur, ni autour des granites de cette classe.

Le granite carbonifère présente d'abondants produits de différenciation acides, aplites, pegmatites, granulites à tourmaline, en amas ou filons à l'intérieur. Dans les massifs occidentaux (Lys, Cauterets), des filons d'andésite à faciès lamprophyrique [1] s'y observent en outre. Sur les bordures du granite, les filons, particulièrement les filons acides, irradient dans l'auréole. Ils se minéralisent parfois curieusement avec diopside, amphibole, sphène, grenat, par un effet d'endomorphisme et constituent

1. A. de Romeu. Les roches filoniennes paléozoïques non granitiques des Pyrénées. *Bull. Soc. française Minéralogie*, XXX, pp. 110-216.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

alors des roches nommées « dissogénites » par M. Lacroix. O en voit à la bordure occidentale du massif de Quérigut-Millas. Au bord du granite d'Ax, les filons de quartz mêlé d'un peu de feldspath, étudiés par M. Lacroix sur la route d'Ascou, comportent un beau développement d'andalousite et cordiérite. A quelques centaines de mètres de la bordure du granite formant le Pic des Trois-Seigneurs, il y a de nombreux gros filons de granite à mica blanc et de pegmatites.

Les conditions précédentes — *caractère intrusif* dans le Paléozoïque et *auréole de type classique* — paraissent générales dans les massifs granitiques pyrénéens. En dehors des granites indiqués en tête de ce paragraphe et que j'ai parcourus en détail, j'ai pu les constater également dans le granite du cirque du Lys au S de Luchon et dans celui de Cauterets. A la lumière des cartes géologiques existantes, elles paraissent valables pour les granites de Mont-Louis, de la Maladetta et les divers granites de la feuille de Luz.

L'âge de la mise en place de cette famille de granites est postdinantien et probablement anté-permien. Aussi les désigne-t-on généralement sous le nom de « granites carbonifères ». Dans le massif de Quérigut, le Carbonifère du Roc-de-Casteldos à l'E d'Escouloubre est métamorphisé par le granite. Autour de celui de Bassiès le même fait est fréquent. D'après A. Bresson [1], « le granite de Cauterets a traversé, digéré et modifié profondément les sédiments du Dévonien et ceux du Carbonifère inférieur. Il est postérieur au Carbonifère inférieur ». Il en est de même pour le granite de Néouvielle et celui de Bordères. D'autre part, les exemples d'une prétendue pénétration du granite dans le Mésozoïque pyrénéen, cités parfois, se sont toujours révélés inexacts après un examen approfondi. On trouve d'ailleurs, suivant le témoignage de Bresson et de Caralp, des galets granitiques dans le Permien surmontant le massif granitique de Bielsa et dans celui entourant le massif de Bordères [2].

Enfin *ces granites sont post-tectoniques* relativement aux plissements hercyniens. Dans le centre du massif de Quérigut-Millas, les plis hercyniens dirigés N-S sont coupés à angle droit près du col de Jau par l'intrusion granitique dirigée E-W. Les contacts du granite de Foix, de celui de Bassiès, tranchent obliquement les plis. A. Bresson constate, d'après l'allure des contacts et des

1. A Bresson. Études sur les formations anciennes des Hautes et Basses-Pyrénées. *Bull. Services Carte géol. Fr.*, n° 93, t. XIV, 1902-03, pp. 45-322.

2. J. Caralp. Le granite de Bordères (Hautes-Pyrénées). *B. S. G. F.*, 3e série, XXIV, 1896, pp. 528-532.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

enclaves, que les assises du Carbonifère inférieur autour du massif granitique de Cauterets « étaient déjà plissées et relevées, lorsque le granite a fait sa place par la digestion de celles-ci ». Le granite de Néouvielle et celui de Bordères lui ont fourni les mêmes conclusions. Les massifs granitiques se sont localisés indifféremment dans les zones synclinales et dans les zones anticlinales.

Isolés dans la série paléozoïque ou juxtaposés aux gneiss, *les massifs de granite carbonifère ne pénètrent pas au cœur des massifs de gneiss*. Les granites de Quérigut-Millas, Mont-Louis, Bassiès, Foix, Cauterets, Lys, Maladetta, etc., sont bien séparés des gneiss. Comme granites juxtaposés, je citerai ceux de Saint-Arnac (massif de l'Agly), Ax-les-Thermes, Pic des Trois-Seigneurs, Erp.

Il a déjà été question ci-dessus (p. 16) des zones de granite d'anatexie au milieu des migmatites et des raisons de les distinguer des granites carbonifères. J'ajouterai un caractère, peut-être accessoire, mais frappant en quelques cas. Le granite carbonifère est extraordinairement arénisé sur une forte épaisseur, quand il forme des plateaux ou des domaines déprimés dans la topographie. C'est frappant dans le granite de Foix, d'Ax et dans certaines parties du granite de Quérigut. Au contraire, les anatexites et les granites d'anatexie sont bien moins altérés, peut-être à cause des nombreux septa qui compartimentent la roche.

Quelquefois les divers critériums distinctifs sont moins nets et on peut hésiter à attribuer un granite à l'un ou l'autre type, notamment près de Lapège à l'extrémité orientale du massif des Trois-Seigneurs. Mais, dans la grande majorité des cas, il n'y a pas de difficultés pour le géologue cartographe à séparer sur le terrain le granite en grands massifs intrusifs et le granite englobé dans les complexes de migmatites.

Rapports entre les gneiss et les schistes infra-paléozoïques.

Les migmatites représentent un faciès profond de métamorphisme d'apport. Au contraire, les schistes infra-paléozoïques ont le faciès d' « ectinites » supérieures, affectées à la base d'un certain métamorphisme analogue à un métamorphisme de contact modéré et largement diffus. Entre ces deux complexes, il y a évidemment un hiatus, malgré la feldspathisation qu'on trouve parfois à la base des schistes. L'hiatus est généralement frappant sur le terrain dans la morphologie.

Il est impossible d'expliquer la discontinuité entre schistes et

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

gneiss par un laminage tectonique, car ce sont des conditions régionales et non accidentelles. D'ailleurs à Montner (E du massif de l'Agly), les couches voisines du contact sont superposées horizontalement sur une extension de plusieurs kilomètres sans bouleversements tectoniques. Au Pla-de-Pèze (massif des Trois-Seigneurs), il y a bien une dysharmonie, dans le cirque situé au pied du Pic de Journalade, entre les gneiss sous-jacents peu inclinés et les couches paléozoïques redressées, mais elle est locale. Car, sur plus de 2 km., un banc calcaréo-graphiteux est régulièrement intercalé dans les schistes près de leur base : en cas de décollement tectonique de grand style, il n'en serait pas ainsi.

Les cartes géologiques (Feuilles de l'Hospitalet et de Foix) indiquent des gneiss siluriens au Pic Redoun sur le passage de la zone disloquée de Mérens dans la haute vallée du ruisseau de Nagear (7 km. W de Mérens) ; elles en indiquent également à Trimouns à l'extrémité E du massif de Saint-Barthélemy ; au col d'Eret (S du massif des Trois-Seigneurs) ; enfin à l'extrémité du massif de l'Arize au S de Saint-Girons. Elles suggèrent ainsi une continuité entre les gneiss et les schistes. Mais c'est une vue de l'esprit, car rien ne prouve cette continuité : les gneiss en question sont des gneiss quelconques, aussi métamorphiques que les autres.

D'après les minéraux qu'ils contiennent [1], les micaschistes d'Ax peuvent sembler plus métamorphiques, et M. Lacroix compare à un cipolin le niveau calcaire qu'on y trouve. Mais une partie de cette minéralisation provient de l'auréole et des apophyses filoniennes du granite intrusif d'Ax. Si le faciès à biotite se trouve plus épais ici qu'ailleurs à la base des schistes, le contraste avec les embréchites et les anatexites du Pic de Brasseil est néanmoins très accusé.

Tels sont les faits : comment les interpréter ?

Première hypothèse. La première idée est celle de l'existence de deux séries séparées par une importante lacune sédimentaire : des gneiss anciens plissés, usés par l'érosion au cours d'une longue période continentale, auraient été recouverts en transgression par les schistes siluriens. L'ensemble aurait été repris par un léger métamorphisme. Les pegmatites de la base des schistes seraient seulement des émissaires lointains des granites hercyniens, émissaires localisés de préférence dans la zone faible du contact schistes-gneiss.

1. A. Lacroix, *loc. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Mais il n'a pas été possible de trouver quelque part une discordance angulaire nette entre les gneiss et les schistes. Il faudrait admettre que la discordance a été effacée par le métamorphisme et par le plissement hercynien. Il n'a pas été trouvé non plus de poudingues à la base des schistes. Comme on l'a vu plus haut, les rares poudingues siluriens sont intraformationnels, et leurs galets sont de quartz et non de gneiss ou granite. Il y a bien çà et là des arkoses vers la base de la série schisteuse, au Pla-de-Pèze et à l'E de Massat à Eychenne. Mais l'argument qu'on peut en tirer n'est pas décisif. Il suggère l'existence antérieure de roches granitiques ou gneissiques qui ne sont pas forcément les migmatites actuellement visibles sous les schistes. Une observation curieuse, étayant l'hypothèse de gneiss plus anciens que les migmatites en question, est la suivante. Le banc de cipolins de Naguille, dont il a été déjà question, situé au sein des migmatites, est accompagné de passées schisteuses peu métamorphiques consistant en une arkose à biotite parcourue de veines recristallisées riches en silicates. (On peut rapprocher de la situation au Pla-de-Pèze cette association entre niveau arkosien et niveau calcaire).

Finalement il n'y a pas d'argument positif pour expliquer l'hiatus gneiss-schistes par une lacune sédimentaire et une transgression ; et il y a une objection sérieuse à cette idée : la liaison pétrographique qui apparaît en dépit de la discontinuité, liaison sur laquelle je vais revenir.

Seconde hypothèse. La seconde idée est celle d'un « front de migmatites »[1] qui s'est élevé jusqu'à un certain niveau, au-dessus duquel le métamorphisme d'apport se réduit à un développement minéralogique presque insignifiant. C'est ce « front » qui marque la discontinuité entre les deux faciès métamorphiques.

Dans une excursion en Auvergne, en août 1936, avec MM. Jung, Longchambon et Roques, j'ai été vivement frappé par les observations qu'il m'a été donné de faire sur les migmatites et qui m'ont conduit à adopter comme extrêmement vraisemblable cette seconde hypothèse.

On a vu que la partie inférieure des schistes présente, généralement sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, un développement très diffus de tourmaline et d'andalousite, sans parler de la biotite constante également, ni de la feldspathisation et du développement de sillimanite et staurotide rencontrés tout

1. C. E. Wegmann. Zur Deutung der Migmatite. *Geol. Rundschau*, 26, 1935, pp. 305-350.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

à fait à la base. *Cette minéralisation paraît due à la proximité d'un front de migmatites* et représenterait un effet d'auréole. Il peut sembler étrange que la montée des granites profonds générateurs de migmatites donne lieu à une auréole beaucoup moins intense que la mise en place des granites intrusifs carbonifères, générateurs de leptynolites, cornéennes, marbres à minéraux. Par exemple le calcaire silurien du Pla-de-Pèze, avec sa très faible cristallisation de fine biotite, est bien peu métamorphique comparé aux marbres dévoniens, zonés de grenatites et cornéennes amphiboliques, du massif de Quérigut. Mais effectivement les migmatites paraissent généralement ne pas émettre de bouffées aussi denses de minéralisateurs que les intrusions batholitiques. Leur action est plus générale et plus diffuse.

Un autre indice de la présence d'un front de migmatites est fourni par les *diadysites* trouvées dans la base des schistes ou la partie supérieure des gneiss sous-jacents. Ce sont de gros filons de granite à mica blanc, tantôt fin, tantôt pegmatoïde, et des filons de quartz. Ils n'affectent pas une zone très épaisse et ne sont pas très ramifiés ni très constants. On les retrouve cependant souvent. Ils s'observent par exemple à deux ou trois niveaux séparés par quelques dizaines ou quelques centaines de mètres dans les schistes inférieurs.

Voici l'énumération des points où j'ai eu l'occasion de les voir. Ils sont choisis à dessein loin des massifs de granites intrusifs carbonifères, pour éviter la confusion avec le cortège filonien de l'auréole de ces granites. On retrouve des contacts schistes-gneiss déjà examinés p. 19 et 20.

Biert (O de Massat, massif de l'Arize). Sur la route remontant le vallon au N de Biert, on a un filon de granulite dans les schistes à environ 200 m. du contact. Un second recoupe la route à 800 m. environ.

Route de la Tour-Lafont (Arize). Entre la tour et les gneiss au S, la route recoupe plusieurs filons ou amas de pegmatite et aplite, intrusifs dans les schistes.

Forêt de Brassac (Arize). Un filon de granite à mica blanc se trouve dans les schistes, peu au N du contact des gneiss qui passe à la maison forestière de Roques, et un filon-couche de quartz est interstratifié quelques cents mètres plus loin.

Pla-de-Pèze (Trois-Seigneurs). Filons et amas de granite à mica blanc au contact, et filons ramifiés de pegmatite, une dizaine de mètres plus haut dans les schistes de la paroi au S du col.

Pic d'Endron (massif d'Ax-Montcalm). Plusieurs filons de pegmatite et d'aplite à tourmaline au N du pic, près du contact des schistes, et au S dans les gneiss.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Pic de la Lauzat (Saint-Barthélemy). Les gneiss du contact sont chargés de lits de pegmatite.

Terminaison E du massif de l'Agly. Des filons-couches de granite à mica blanc et de pegmatite se trouvent à l'W de la Tour-de-France : au contact schistes-gneiss 1 km. NE de Planèzes et dans les schistes juste au N de ce village. Même observation sur la grande route à l'W de Montner dans les schistes feldspathisés de la base. Enfin au château de Caladror dans les schistes à quelques dizaines de mètres du contact, et également près de la Bergerie située 1.200 m. au NE.

En cherchant on pourrait sans doute multiplier les exemples. Il faut éviter toutefois de confondre ces filons avec ceux qui irradient à partir des massifs de granite intrusifs, par exemple à Ax sur la route d'Ascou, ou au col de la Couillade près du granite constituant le sommet du Pic des Trois-Seigneurs, ou enfin à Trimouns à l'E du Pic de Saint-Barthélemy.

En conclusion, *l'hiatus apparent entre les gneiss et les schistes infra-paléozoïques dans les Pyrénées tiendrait à ce que le front de migmatites y est monté jusque dans les micaschistes, alors que dans d'autres contrées il reste dans les gneiss-ectinites*. Mais ce fait n'a rien de surprenant ; comme Wegmann l'a fait remarquer, les migmatites peuvent s'élever plus ou moins haut à l'une ou l'autre phase d'une évolution magmatique sans doute très longue et influencée par des causes multiples fort mal connues.

Le bord des gneiss a l'E du Saint-Barthélemy.

Au bord oriental du massif de gneiss du Saint-Barthélemy, il y a contact direct entre les gneiss et le Dévonien. C'est là un phénomène localisé, exceptionnel dans la région et méritant d'être étudié attentivement. Le Dévonien de cette région, parfois faiblement métamorphique avec développement de biotite dans les calcschistes, devient franchement métamorphique au voisinage des gîtes de talc de Trimouns et de la Porteille. La carte ci-jointe indique la disposition des formations géologiques ; elle modifie notablement les tracés de la Feuille de Foix, 1re édition.

Trois hypothèses sont possibles pour expliquer cette situation : transgression du Dévonien sur les gneiss, montée des migmatites jusqu'au Dévonien, laminage tectonique. Avant de les discuter, examinons la situation des gisements de talc au bord du Saint-Barthélemy.

A la Porteille, le talc forme des amas à la base du Dévonien reposant sur les phyllades du Paléozoïque inférieur, avec réduc-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tion à quelques mètres de l'épaisseur des calcschistes du Dévonien inférieur et suppression des schistes carburés du Gothlandien. Ce talc n'est donc pas en contact des gneiss. A Trimouns, il forme une masse de plusieurs dizaines de mètres de puissance, allongée sous le contact des calcschistes reposant directement sur les gneiss.

Indépendamment de ces deux gisements, on connaît, dans l'Ariège, de nombreux petits gîtes de talc qui ont été étudiés par M. Lacroix. Ainsi qu'il l'a montré, ces gîtes sont produits par le métamorphisme de contact des granites carbonifères sur les calcaires magnésiens dévoniens. Par contre, on n'en rencontre pas dans les cipolins des gneiss.

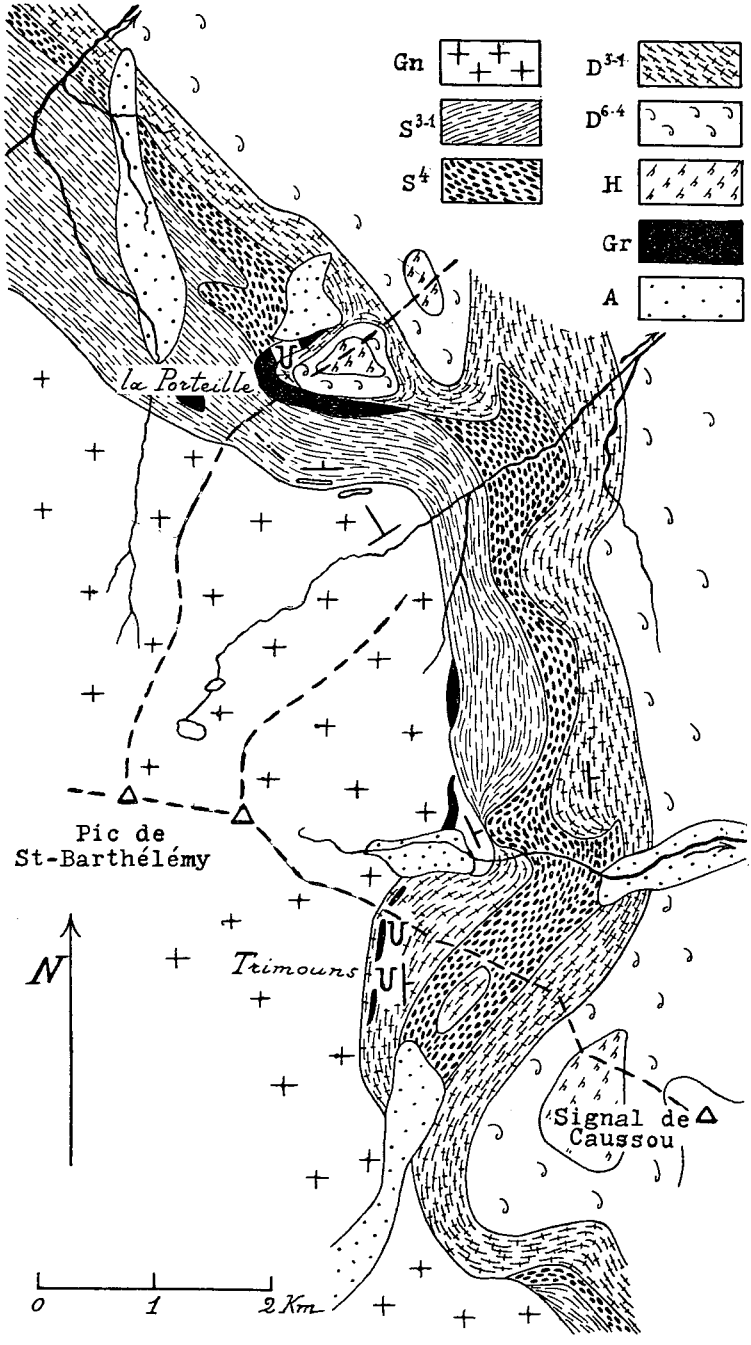
Les conditions sont les mêmes à Trimouns et à la Porteille. A Trimouns, des filons d'un granite pegmatoïde à mica blanc se trouvent englobés dans le talc. A la Porteille, un gros filon-couche d'une granulite remarquablement riche en tourmaline accompagne la zone des amas de talc dans la base du Dévonien. Rien n'indique que ces filons granitiques soient liés aux migmatites sous-jacentes. Ils peuvent être postérieurs aux gneiss et intrusifs dans leur contact ou au voisinage, tout comme le petit massif de granite d'Ax situé à peu de distance de là, au bord du massif de gneiss Ax-Montcalm. Par conséquent rien n'indique que le métamorphisme local du Dévonien, ayant produit le gisement de talc, soit le fait des migmatites.

Reprenons les trois hypothèses précédentes.

Les faciès sédimentaires ne se prêtent pas à la première hypothèse : transgression du Dévonien inférieur. Les faciès que l'on trouve au voisinage presque immédiat sont les calcschistes très épais du Dévonien inférieur faisant suite en concordance aux schistes carburés du Gothlandien. Ce sont là faciès profonds. D'ailleurs une dénudation anté-dévonienne poussée localement jusqu'aux gneiss et ayant supprimé plusieurs milliers de mètres de Silurien et de schistes infra-paléozoïques, ne se conçoit pas sans discordance stratigraphique, et on ne connaît rien de tel dans le Paléozoïque de la région.

La seconde hypothèse est celle de la montée des migmatites jusqu'au Dévonien. Elle a été admise par plusieurs auteurs et exprimée sur la feuille de Foix, 1re édition. Je ne vois aucun argument positif en sa faveur en dehors du fait du contact Dévonien-gneiss. La troisième est celle de suppressions d'assises entre gneiss et Dévonien par laminages tectoniques. Il s'agirait de phénomènes hercyniens. En effet, le Paléozoïque est fortement plissé en plis N-S, dans la région à l'E du Saint-Barthélemy ;

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Bord oriental du Saint-Barthélemy.

Gn : gneiss. S^{3-4} : ordovicien. S^{4} : gothlandien. D^{3-1} : dévonien inférieur. D^{6-4} : dévonien supérieur. H : carbonifère. Gr : granite. A : moraines et éboulis.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

le contact principal des gneiss et du Dévonien est également N-S à Trimouns ; au contraire, la couverture mésozoïque du massif est faiblement inclinée ou affectée d'accidents tectoniques E-W. Des laminages puissants d'assises paléozoïques sont incontestables au bord E du Saint-Barthélemy. Ainsi que le montre la carte géologique ci-jointe, on voit à la Porteille une suppression presque complète de la puissante assise des calcschistes du Dévonien inférieur sous le calcaire massif du Dévonien supérieur, alors que cette assise reparaît 2 km. à l'E dans la vallée de Montségur, avec 800 m. de puissance. Les schistes infrapaléozoïques sous-jacents au filon-couche de granite sont fortement plissés avec charnières répétées de sens divers sur quelques dizaines de mètres d'amplitude. A Trimouns, l'assise calcaire dévonienne superposée au talc s'écrase à 1 km. NE des carrières entre le gneiss sous-jacent et les couches gothlandiennes du pli suivant. Cet écrasement, avec brusque terminaison à zéro, d'une assise puissante de 200 à 300 m., avec broyage et mélange tectonique local, est bien visible en contre-bas du col de la Peyre.

L'existence de laminages hercyniens exceptionnels au bord oriental du Saint-Barthélemy est connexe de l'inflexion brutale des plis du Paléozoïque qui se moulent contre le massif de gneiss. Ayant habituellement une direction voisine de E-W, ils deviennent là brusquement N-S. Plus au S, au delà du synclinal alpin où s'allongent les calcaires crétacés de Caussou et de Prades, les plis hercyniens se raccordent par des axes WNW-ESE avec ceux de nouveau E-W des vastes massifs paléozoïques situés entre Ax-les-Thermes et Axat.

D'après les circonstances précédentes, je ne crois pas qu'à l'E du Saint-Barthélemy les migmatites soient montées dans le Paléozoïque plus haut qu'ailleurs : des laminages tectoniques expliqueraient le contact du Dévonien et des gneiss.

Hypothèse sur l'age du métamorphisme des gneiss pyrénéens.

Les gneiss de la Zone axiale pyrénéenne sont des migmatites dues au développement d'un magma granitique dans la base de la série paléozoïque. Peut-être le métamorphisme qui a transformé en micaschistes (ectinites) la partie inférieure du Paléozoïque au-dessus de ces gneiss, est-il antérieur à la constitution des migmatites? Quoi qu'il en soit, envisageons l'époque de la formation des migmatites, c'est-à-dire l'*âge des gneiss pyrénéens*.

Le phénomène est postérieur au dépôt des couches du Paléo-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

zoïque ancien. Si l'on admet, comme il est probable, que le niveau calcaire, intercalé dans les schistes à Ascou ou au N du Pic de la Journalade, représente de l'Ordovicien supérieur, on arrive à la conclusion que la montée du métamorphisme granitique, le développement des migmatites, est un événement post-ordovicien.

Ceci n'exclut pas l'existence de gneiss et granites présiluriens, attestée par les arkoses siluriennes intraformationnelles, mais ces roches ont probablement été effacées dans les migmatites plus récentes.

Plus difficile est la question de l'âge minimum des migmatites. Elles sont anté-tectoniques par rapport au cycle hercynien : les plissements hercyniens se sont adaptés aux massifs de gneiss qui se comportent comme le soubassement général de la série plissée. Si les gneiss étaient post-tectoniques, les plis devraient s'effacer en s'approchant d'eux. Au contraire, ils se serrent étroitement contre eux.

Les massifs de granite intrusifs sont d'âge carbonifère et post-tectoniques. Les migmatites sont donc plus anciennes. Mais le sont-elles de beaucoup ou de peu ? Elles n'ont pas adopté dans les plissements hercyniens un style souple et ne pénètrent pas dans les anses des plis ; mais elles forment des domaines extrêmement compacts et rigides, de vastes noyaux entre les plis. Pour cette raison, je penche vers l'opinion qu'elles étaient déjà consolidées depuis longtemps lors des plissements.

On a vu que les migmatites ne paraissent pas atteindre le Dévonien, malgré les apparences à l'E du Saint-Barthélemy. Elles pourraient être anté-gothlandiennes, compte tenu de ce qu'elles ne pénètrent pas dans le Gothlandien : ce n'est toutefois pas un argument certain.

Il est possible que le progrès des recherches dans la Montagne-Noire fournisse des arguments plus solides et applicables aux Pyrénées, vu la grande analogie de l'histoire paléozoïque des deux pays quant à la stratigraphie et à la tectonique, et l'identité de faciès entre les gneiss à migmatites dans les deux cas.

On peut noter la remarque suivante, à propos de la suggestion d'un âge anté-gothlandien des migmatites. A la fin de l'Ordovicien a eu lieu un vaste mouvement épirogénique ascendant valable dans toutes les Pyrénées orientales (O. Mengel, M. Dalloni) et dans la Montagne-Noire (M. Thoral), donnant lieu à des faciès néritiques, grès, calcaire zoogène, et à des émersions locales (poudingues). Ce phénomène est peut-être connexe de mouvements orogéniques contemporains plus au N comme

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

J. Jung me l'a fait observer. Ne serait-il pas naturel qu'une formation de migmatites, où l'apport matériel profond accroît nécessairement de façon importante le volume d'épaisses séries sédimentaires, se traduisit par un mouvement épirogénique ascendant fort étendu ? Dans cette hypothèse, la formation de migmatites pyrénéennes serait anté-gothlandienne. Toutefois je ne crois pas que l'anatexie soit liée étroitement dans l'espace et dans le temps à des mouvements épirogéniques ou orogéniques : il s'est probablement effectué des granitisations profondes au sein de compartiments immobiles de l'écorce terrestre. L'anatexie, comme le suggère Sederholm quelque part, est un phénomène *planétaire*, plus vaste qu'un phénomène géologique, plus vaste par conséquent qu'une orogénie, dans l'espace et dans le temps.

En définitive, il me paraît vraisemblable d'admettre que les gneiss des Pyrénées résultent de la montée d'un « front de migmatites » qui a envahi le Paléozoïque inférieur à une époque non encore bien précisée, mais antérieure à la phase orogénique hercynienne responsable des plissements principaux des massifs anciens pyrénéens. Ces migmatites auraient effacé par conséquent la base stratigraphique véritable de la série paléozoïque dans les Pyrénées.

M. **Léon Bertrand** est heureux d'enregistrer la concordance des conclusions émises par lui, il y a une trentaine d'années, avec les opinions auxquelles aboutit maintenant M. Raguin au sujet de deux questions importantes de la géologie pyrénéenne, à savoir : 1° l'âge paléozoïque du processus de métamorphisme (aujourd'hui éclairé par les études récentes) qui a donné naissance aux gneiss formant la base d'une série *continue*, ne prenant habituellement un faciès sédimentaire normal qu'à partir d'un niveau déjà élevé de l'Ordovicien et dans laquelle ne se peuvent distinguer, *sans aucune discordance*, que des degrés décroissants du métamorphisme, lequel ne se serait ainsi produit, habituellement au moins, qu'au cours du Silurien et même aurait pu être plus tardif en certaines régions (peut-être, en particulier, dans le massif du Canigou) ; 2° l'âge postérieur au plissement hercynien de la plupart des montées granitiques, qui ont pu métamorphiser — et même digérer — jusqu'aux couches carbonifères dans des régions très plissées antérieurement.

M. **A. Demay** dit qu'un âge précambrien ou même seulement anté-ordovicien des gneiss pyrénéens, l'aurait conduit à modifier sensiblement l'interprétation qu'il a proposée en 1934 pour l'évolution paléozoïque de l'Europe méridionale. Mais les résultats très intéressants des dernières recherches de M. Raguin montrent que les Pyré-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

nées appartiennent bien, comme le Massif Central méridional et une partie de l'Espagne, à une zone où l'enfoncement a été suffisant pour que des gneiss précambriens soient absents (ou complètement oblitérés par un métamorphisme ultérieur) ou étroitement localisés et pour que l'on y observe, au contraire, *des gneiss paléozoïques*. D'après ses observations de 1929 à 1937, il en est tout autrement dans une partie importante du Massif Central au Nord de cette zone. En l'état actuel de nos connaissauces, des arguments en faveur de l'existence de Précambrien distinct ne subsistent plus dans la zone méridionale que pour certaines formations de la Montagne Noire (d'après MM. Alb. Michel-Lévy, Blayac et Thoral) et pour la barre précambrienne de Cordoue, comme il l'avait noté en 1934. D'une manière plus générale, il y a lieu de remarquer que le passage brusque de gneiss largement cristallisés (souvent gneiss d'injection ou orthogneiss) à des micaschistes ou à des phyllades, *ne prouve pas l'ancienneté des gneiss par rapport à ceux-ci*. Il a attiré l'attention sur ce point, en 1930, à propos des gneiss du Lyonnais et des schistes chloriteux de la Brévenne (ceux-ci d'âge incertain), puis en 1931, à propos des gneiss et des schistes sériciteux du Rouergue, très probablement paléozoïques. Il est intéressant de noter qu'un fait analogue est maintenant admis dans les Pyrénées.

M. **P. Lamare** croit intéressant de rapprocher des faits mis en lumière par M. Raguin dans les Pyrénées ariégeoises les quelques observations qu'il a pu réaliser sur le bord méridional du massif gneissique du Labourd, dans les Pyrénées occidentales. Ce dernier ne comporte pas, jusqu'à plus ample informé, d'anatexites, mais s'avère traversé d'innombrables filons de pegmatite, avec ou sans injection lit par lit : c'est donc, pour employer les termes proposés par J. Jung, un massif où prédominent des diadysites, probablement associées à des embréchites. La sillimanite, caractéristique des zones profondes, y a été signalée à Cambo par M. A. Lacroix et retrouvée depuis par moi en de nombreux endroits. Aux gneiss et aux micaschistes, truffés de cipolins se superposent, sans discordance ni intercalation de conglomérats, des quartzophyllades attribuables à l'Ordovicien, où le mica accuse une structure lépidoblastique très nette. On peut donc admettre que le métamorphisme a atteint l'Ordovicien. Le Gothlandien, lui, est formé de schistes noirs injectés de nombreuses veinules de quartz et de quelques filons de minerai de fer. Le Dévonien, qui débute par des quartzites à ciment dolomitique, ne semble, lui, avoir subi aucun métamorphisme.

Ces couches ne montrent que des plis assez lâches. Les mouvements hercyniens semblent avoir été peu intenses dans cette région.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les causes possibles de l'aspect bréchoïde de certaines roches

par **Louis Royer**[1].

Dans une note récente, M. Gignoux et M. Avnimelech[2] ont attiré l'attention sur toute une série de roches bréchoïdes qui ne peuvent être ni des brèches sédimentaires, ni des brèches tectoniques. Ils proposent alors d'expliquer leur structure par des phénomènes de métasomatose et de leur appliquer la dénomination *brèches par intrusion et éclatement*. Les exemples cités se rapportent d'abord aux « zones de silex bréchoïdes » du Crétacé palestinien, puis à d'autres roches bréchoïdes non siliceuses, des calcaires dolomitiques du Trias alpin, en particulier.

Examinons successivement ces deux cas, en montrant comment l'analyse de certains processus minéralogiques peut permettre de préciser encore davantage cette tentative d'explication.

I. Pour les zones de silex bréchoïdes, la structure peut être due à l'évolution minéralogique de la silice qui constitue en majeure partie le silex.

Je rappellerai que pour expliquer certaines particularités de divers minéraux, on est conduit à admettre qu'ils se sont formés par coagulation à partir d'une solution colloïdale. Ils ont donc constitué à un certain moment un gel amorphe ou cryptocristallin. Le vieillissement de ce gel s'est accompagné d'une perte d'eau plus ou moins grande ; les particules submicroscopiques du début ont augmenté de taille, elles se sont agglomérées les unes aux autres pour donner la masse à surface arrondie, mamelonnée, réniforme et à texture écailleuse ou fibreuse que nous observons actuellement.

C'est là entre autres l'aspect de certaines variétés de silice (calcédoine), d'oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse (hématites rouges et brunes, psilomélane et wad), de carbonate de calcium et magnésium (vatérite, oolithes et pisolithes de calcite, stalactites et stalagmites de calcite et d'aragonite, certaines variétés de magnésite et de dolomie).

L'existence de silice gélatineuse dans la nature est hors de

1. Note présentée à la séance du 17 janvier 1938.
2. M. Gignoux et M. Avnimelech. *B. S. G. F.*, (5), VII, 1937, pp. 27-33.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

doute ; on en a trouvé à plusieurs reprises à différents endroits ; en particulier G. Spezia [1] signale que lors du percement du tunnel du Simplon, il a observé dans un gneiss une diaclase qui était remplie de silice gélatineuse.

Sans entrer dans des détails, je rappellerai que depuis longtemps de nombreux auteurs ont admis que l'immense majorité des agates ont pris naissance à partir d'un gel de silice et cet état physique particulier permet d'expliquer et de vérifier au laboratoire toute une série de propriétés observées dans cette variété de silice.

Les silex renferment la silice essentiellement sous forme d'opale et de calcédoine ; ici aussi certains faits font penser que cette silice a bien pu constituer à un moment donné une masse gélatineuse plus ou moins plastique, quelque chose comme un gel.

Dès lors, il semble possible d'expliquer l'aspect bréchoïde de certains silex en faisant appel aux propriétés des gels.

Lorsqu'on soumet un gel à une dessiccation, on voit apparaître dans sa masse un système de fentes plus ou moins compliqué qui est fonction entre autres de la nature du gel, de son épaisseur et de la vitesse de dessiccation. Il est donc fort probable que dans la nature un gel minéral en voie d'évolution peut se craqueler quand sa masse se contracte. Les causes de cette contraction peuvent être variées ; ce peut être une dessiccation, une coagulation, une précipitation, une adsorption d'un autre gel ou d'électrolytes, le passage de la structure amorphe à la structure cristallisée.

Des fentes plus ou moins béantes apparaissent ainsi dans le gel et si l'épaisseur n'est pas trop considérable quelques-unes de ces fentes peuvent traverser la masse de part en part et donner lieu ainsi à une fragmentation du gel. Au lieu de l'échantillon unique du début on a plusieurs morceaux. Qu'un ciment vienne ensuite colmater les vides entre ces fragments et il en résulte un ensemble d'aspect bréchoïde.

On conçoit fort bien, dans ces conditions, que les divers débris de ces brèches puissent en quelque sorte être recollés les uns aux autres comme les fragments d'un jeu de puzzle. Ce caractère peut être particulièrement net dans les brèches formées dans un milieu tranquille et dans lesquelles la cimentation a été contemporaine de la fragmentation ou tout au moins a suivi celle-ci de près.

1. G. Spezia, *Accad. Torino*, t. 34, 1899, p. 705.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'allure des brèches ainsi formées n'est pas nécessairement toujours identique dans tous les cas ; elle dépend en effet de plusieurs facteurs. Les deux plus importants sont vraisemblablement d'une part l'état physique de la matière des différents morceaux au moment de la cimentation et d'autre part les réactions d'ordre physico-chimique qui ont pu se produire entre le ciment et les fragments de la brèche.

Le ciment en général se dépose à partir d'une solution aqueuse.

Si la matière des divers fragments de la roche se trouve encore à l'état colloïdal, sous forme d'un gel en voie de durcissement, de très nombreuses réactions peuvent intervenir lorsque la solution qui renferme le ciment vient baigner cette masse.

Ne retenant de ces réactions que celles qui influent sur l'aspect ultérieur de la brèche consolidée, il se peut en particulier que la solution aqueuse contenant en solution le ciment provoque une nouvelle hydratation plus ou moins profonde de la zone superficielle des morceaux de gel. Cette hydratation peut d'ailleurs être accompagnée d'une peptisation du gel dans la zone affectée ou, au contraire, d'une précipitation de composés nouveaux. Dans ces cas, on pourra observer dans la brèche, telle qu'elle se présente actuellement à nos investigations, une zone intermédiaire, floue et mal définie, passant d'une manière insensible d'une part au ciment franc et d'autre part aux fragments de la brèche.

Si par contre la matière gélatineuse qui a composé à l'origine les fragments de la brèche a terminé son évolution et se trouve à l'état cristallisé au moment de la cimentation, la solution contenant le ciment peut, ou bien n'avoir aucune action sur les fragments, ou au contraire dissoudre une quantité plus ou moins grande de leur masse.

Dans le premier cas, la brèche est constituée par des fragments anguleux à arêtes vives ; c'est une brèche au sens étroit du mot. Dans le second cas, par contre, les fragments sont arrondis ; on a une brèche à aspect conglomératique.

Il paraît difficile d'admettre que ces « fentes de retrait » puissent fragmenter une masse d'une épaisseur un peu notable. L'expérience en effet montre qu'elles se font surtout dans une zone superficielle et ne pénètrent qu'avec une extrême lenteur en profondeur ou cessent même totalement. Mais, sans traverser toute l'épaisseur du gel, elles créent des zones de moindre résistance et peuvent ainsi provoquer une cassure de la masse sous l'influence d'actions mécaniques minimes qui, dans d'autres conditions, seraient sans aucun effet.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

C'est à un mécanisme de ce genre que l'on a rapporté l'aspect bréchoïde de certaines variétés d'agates désignées par les auteurs de langue allemande sous le nom de « Trümmerachate ». C'est lui également qui, à mon avis, peut faire comprendre la genèse des brèches de silex signalées par M. Gignoux et M. Avnimelech [1].

Cette interprétation s'appuie de plus sur les très nombreuses observations faites par M. Storz [2] se rapportant aux phénomènes de silicification dans la région désertique de Namib en Afrique du Sud. Cet auteur insiste d'une part sur la fréquence de dépôts de silice gélatineuse et d'autre part sur la formation ultérieure de texture bréchoïde (« interne Breccienbildung ») dans ces masses de silice déposées ; MM. Gignoux et Avnimelech [3] signalent d'ailleurs de pareils phénomènes dans les « croûtes siliceuses » formées à la surface des régions désertiques de la Palestine.

Ainsi la dénomination de *brèches par intrusion et éclatement* suggérée par ces géologues pour désigner ces roches se trouve bien justifiée, mais à condition de renverser ces termes : il y a eu d'abord *éclatement*, dû à une contraction consécutive au changement de structure d'un minéral (gel de silice), puis *intrusion* d'une solution qui a apporté le ciment ; ces deux phénomènes ont d'ailleurs pu être presque contemporains. C'est également cette *intrusion* qui a pu causer l'augmentation de volume constatée dans les cas décrits par M. Gignoux et M. Avnimelech [4].

II. Des phénomènes analogues de métasomatose ont de même pu intervenir dans la formation d'autres roches bréchoïdes, non forcément siliceuses. De telles roches sont connues depuis longtemps ; parmi elles se placent les brèches dites *de filons* [5] qui consistent en fragments anguleux souvent arrachés aux parois du filon et englobés dans un dépôt minéral. Les *brèches de dolomitisation* signalées par J. de Lapparent [6] rentrent également dans cette catégorie de sédiments bréchiques.

Dans un massif rocheux, les phénomènes de métasomatose n'affectent le plus souvent que certaines zones assez étroites et sont sans actions sur les autres parties ; ainsi s'explique l'allure filonienne des dépôts qui en résultent. Aussi peut-on, dans le cas d'une texture bréchique de ces dépôts, parler de *brèches de filons*.

1. M. Gignoux et M. Avnimelech, *loc. cit.*
2. M. Storz, Die sekundäre authigene Kieselsäure in ihrer petrogenetisch geologischen Bedeutung. Berlin, 1928.
3. M. Gignoux et M. Avnimelech, *loc. cit.*
4. M. Gignoux et M. Avnimelech, *loc. cit.*
5. Rinne. La Science des Roches, IIIe éd. franç., p. 445 et fig. 296.
6. J. de Lapparent. Leçons de Pétrographie, 1923, p. 373.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Mais il se peut aussi que la solution minéralisée imprègne d'une manière diffuse tout le massif qui subit une transformation partielle ou totale par métasomatose. De grandes masses de roches peuvent ainsi être transformées en une brèche que l'on ne pourra plus dire « de filons ».

Dans ces cas je propose de remplacer ce terme par celui de *brèches de substition.*

C'est sous cette désignation que je classerai entre autres certains calcaires dolomitiques bréchoïdes du Trias [1].

1. M Gignoux et M. Avnimelech, *loc. cit*, pl. I, fig. 4.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur quelques espèces oxfordiennes rares ou nouvelles

par **Victor Maire** [1].

Planches II et III.

Les quelques espèces décrites ci-dessous sont, pour la plupart, excessivement rares. Elles appartiennent aux embranchements des Mollusques et des Annélides. Elles proviennent surtout des « Marnes à *Creniceras Renggeri* » de Franche-Comté, depuis la zone à *Lamberti* jusque dans celle à *cordatum*. L'une d'elle appartient à l'Argovien II (couches d'Effingen) de Champagnole (Jura); d'autres à l'Oxfordien siliceux de Charcenne (Haute-Saône); une dernière à l'oolithe ferrugineuse oxfordienne de Talant (Côte-d'Or).

Quelques-unes, déjà connues, ont été rappelées parce que leurs spécimens sont particulièrement bien conservés, ou rares ; onze d'entre elles m'ont apparu, à la suite de recherches longues et répétées, comme inédites, et demandent à la fois une description et une figuration.

Toutes ont été recueillies en place par moi-même et font partie de ma collection.

Belemnites aff. (*Pachyteuthis*) *russiensis* d'Orbigny.

Pl. II, fig. 1, 1 *a*, 1 *b*.

1844.	*Belemnites russiensis* d'Orbigny.	—	—	Géologie de la Russie, p. 122, pl. XXIX, fig. 10-16.
1845.	—	—	—	Paléontologie universelle des Coquilles et des Mollusques p. 314 pl. 62, fig. 1,3-7, non 2.
1884.	—	—	—	S. Nikitin. — Die Cephalop. de Jurabild. d. Gouv. Kostroma, p. 65, pl. VII *a*, fig. 32-33.
1892.	—	—	—	A. Paulow. — Belemnites de Speeton, p. 236, pl. VI, fig.7-9.
1905.	—	—	—	C. G. Damfort. — Notes on the Belemn. of the Speeton Clays, p. 5, pl. 2, fig. 10.
1925.	— (*Pachyteuthis*)	—	—	M. Lissajous. — Répertoire alphab. des Bel. jurassiques p. 130 (œuvre posthume).

1. Note présentée à la séance du 17 janvier 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Rostre, assez court, vaguement subhexagonal sur le corps, ovoïdo-cylindrique dans sa partie alvéolaire, à angles arrondis dans la région moyenne et jusqu'à une assez courte distance de l'extrémité de la pointe ; celle-ci est conique, excentrique vers la région dorsale. Sillon ventral court n'occupant que la partie postérieure du corps du rostre, sans s'avancer sur la pointe ; sa longueur est sensiblement égale à la portion conique de la pointe ; il est peu profond, à bord arrondi, atténué aux extrémités et présente l'aspect d'une dépression longitudinale ; sa longueur totale n'est égale qu'au tiers environ de la partie du rostre comprise entre l'extrémité de l'alvéole et l'extrémité de la pointe.

Sur les flancs, surtout sur le flanc droit, lorsqu'on a le sillon devant soi, une ligne saillante court longitudinalement de la naissance de la pointe à la région alvéolaire ; elle est bordée du côté ventral, d'un étroit sillon, à peine perceptible même à la loupe, à peine dévié vers la pointe et prolongé jusqu'à son extrémité.

La cavité alvéolaire est conique, sa paroi ventrale est moins épaisse que sur le reste du tour. La partie antérieure du rostre est inconnue.

En somme, notre unique spécimen possède tous les caractères de l'espèce donnés par d'Orbigny, puis par Nikitin ; il ne s'en distingue que par son sillon longitudinal latéral accompagné d'une ligne saillante, caractères qui ne sont que secondaires.

Gisement. — Andelot en Montagne (Jura). Base pyriteuse de la zone à *Phol. exaltata* = Z. à *Card. cordatum*.

Cosmoceras authoisonense *nov. sp.*

Pl. II, fig. 5.

Coquille discoïde, large, peu épaisse, non connue à l'âge adulte. Tours non embrassants, contigus et presque cylindriques, à croissance lente, dont la largeur, inférieure à l'épaisseur dans les premiers tours, lui devient égale au diamètre de 15 mm., puis supérieure à une taille plus grande ; ornementation composée de costules internes nombreuses, proverses, aboutissant toutes dans le jeune âge à un tubercule latéral situé aux deux tiers de la largeur à partir de l'ombilic, puis devenant parfois confluentes par deux à ce tubercule, avec, dans l'intervalle, un côté libre passant directement sur la région externe ; les tubercules et parfois les côtes simples donnent naissance à deux côtes secondaires dorsales : celles issues d'un tubercule latéral, où l'une d'elles et le rameau suivant de la côte simple se rejoignent pour aboutir, à la limite des flancs, à un tubercule dorsal très rapproché de la ligne siphonale. Région siphonale lisse, bordée de chaque côté d'une ligne spirale de tubercules situés en face l'un de l'autre dans le jeune âge, pouvant devenir alternes avec la croissance. Ombilic large, peu profond.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Certains spécimens ne diffèrent des types que par un ombilic un peu plus étroit : *C.* aff. *jurense* V. M.

Dimensions. — Diam. : 24 mm. ; larg. du dern. tour : 8 mm. = 0,33 ; épaisseur : 7 = 0,29 ; ombilic : 10,5 = 0,43.

Rapports et différences. — Cette forme se rattache au groupe de *Cosmoc. ornatum* Schlot. ; elle en diffère par ce caractère constant que le tubercule latéral est beaucoup plus rapproché du bord dorsal que de l'ombilic, par la confluence très fréquente des côtes primaires avec les tubercules latéraux, caractère plus rare chez *C. ornatum*, enfin par son ombilic large et ses tours plus étroits avec l'âge.

Gisements. — Authoison (Haute-Saône), Baume-les-Dames, Rahon (Doubs), Rimaucourt (Haute-Marne). — Couche à *Quenst. intermissum* et C. à *Q. Lamberti.*

Distichoceras nodulosum *nom. mut.*

Pl. II, fig. 2 et pl. III, fig. 20.

1887. *Amm. bipartitus nodulosus* Quenst. — Die Am. Schwäb. Jura, p. 735, pl. 85, fig. 9-10 et 28.
1895. *Distichoceras n. f.* Parona et Bonarelli. — Sur la faune du Callov. inf. de Savoie, p. 108.

Coquille discoïdale, comprimée. Flancs convexes sur la moitié interne, plans sur presque toute l'autre moitié, ornés de côtes naissant dans l'ombilic, vers la suture du tour, proverses sur leur tiers interne, puis atténuées sur une très faible longueur et alors relevées en une saillie noduleuse à partir de laquelle elles se bifurquent en deux rameaux très récurrents, arqués, aboutissant le plus souvent par deux, côte à côte, à des saillies marginales de la région dorsale, pincées dans le sens de la spire. Ces saillies sont alternantes sur les deux bords. Région siphonale tronquée carrément, presque plane, parcourue en son milieu par une faible carène bordée de deux sillons limités extérieurement, de chaque côté, par une nouvelle ligne cariniforme donnant à l'ensemble un aspect tricaréné entre les rangées externes tuberculées du bord.

La ligne de suture, peu distincte sur nos deux échantillons, a une grande analogie avec celle du type fig. 9 de Quenstedt.

Dimensions. — Diam. : 15 mm. Largeur du dern. tour 6 mm. 75 ; épaisseur : 5 mm. 5 ; omb. : 4 mm. 5.

Rapports et différences. — Plus épaisse que *D. bipartitum* Ziet., que *Horioceras Baugieri* d'Orb., cette forme diffère également de toutes deux par ses côtes primaires et par sa ligne spirale de tubercules sur les flancs.

Gisement. — Authoison (Haute-Saône). — C. à *Pelt. athleta.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Distichoceras subornatum Spath [1].

Pl. III, fig. 19, 19 a

1887. *Amm. bipartitus* (pars) Quenst. — Die Amm. d. Schwäb. Jura, p. 735, pl. 85, fig. 11.
1895. *8° Distichoceras n. f.* Parona et Bonarelli. — Sur la faune du Call. Savoie, p. 108.
1928. *Bonarellia subornata* Spath.
1932. — *Paronai* V. Maire. — Note complémentaire sur le gisement d'Oxfordien inf. d'Authoison.

Coquille discoïdale comprimée ; flancs entièrement convexes, ornés de deux séries de côtes occupant chacune une moitié des flancs, séparées par un cordon médian, en spirale : la série interne composée de côtes assez fortes, larges, arrondies, proverses, arquées, séparées par des intervalles plus larges qu'elles-mêmes ; la série externe composée de côtes plus faibles à leur extrémité, environ trois fois plus nombreuses, rétroverses, arquées, rarement épaissies en saillie noduleuse à leur extrémité — on n'en observe que deux situées à un quart de tour chacune, — mais parfois bifurquées au voisinage du bord dorsal. Région siphonale relativement étroite, ornée d'une faible carène médiane bordée de chaque côté par un sillon limité extérieurement par une saillie marginale continue donnant à la région un aspect tricaréné.

Cette forme peut être considérée comme une variété de *B. bipartita* Ziet., à région siphonale presque complètement inerme sur ses bords dès un âge peu avancé.

Rapports et différences. — La présence d'un cordon médian sur les flancs se constate sur de rares individus de *B. bipartita* Ziet, mais l'absence de lignes tuberculées au bord dorsal est spéciale à notre unique spécimen.

Gisement. — Authoison (Haute-Saône). — C. à *Pelt. athleta.*

Macrocephalites dubiensis nov. sp.

Pl. II fig. 6.

Coquille discoïdale, renflée. Tours plus épais que larges, arrondis sur toute leur partie externe, depuis le pourtour ombilical, où est la plus forte épaisseur, se recouvrant sur la moitié de leur largeur, ornés de côtes naissant dans l'ombilic, au nombre de dix-huit, en

1. *Remarque.* — En 1932, ne connaissant pas l'ouvrage de M. Spath, paru en 1928, j'avais désigné l'espèce sous le nom de *B. Paronai* nom. mut. Je remercie M. Erni de Soleure, de m'avoir fait remarquer, depuis, l'insuffisance encore actuelle, de ma documentation. A l'encontre de Cossmann, M. Erni, se basant sur Kodex, Art. 36, Ratschläge, maintient le nom de genre *Distichoceras*, dans son étude *Zur Stratigraphie und Palaeontologie des Callovien und Oxfordien in Weissensteingebil* (Kf. Solothurn) in *H.X. d. Mitt. d. Naturf. Ges. Solothurm* 1934.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

direction proverse, droites, élevées, saillantes, très rarement simples, le plus souvent bifurquées ou trifurquées en branches secondaires plus faibles, à peine réfléchies en arrière sur la région siphonale qu'elles traversent normalement en se raccordant régulièrement avec celles du flanc opposé : les côtes secondaires isolées sont l'exception. De distance en distance, l'intervalle qui les sépare dans l'ombilic est plus élargi, il forme une sorte de constriction et il est occupé par une côte peu marquée sur les flancs, mais épaissie sur la région siphonale en nœud parabolique élargi, aplati, pouvant affecter les côtes voisines d'avant et d'arrière. Ce nœud est relié à celui de la face opposée par une commissure limitant en avant, sur le milieu de la région, un espace triangulaire à sommet arrondi, à base appuyée sur la côte précédente. On compte quatre constrictions sur le dernier tour. Ombilic large, à bord arrondi, à paroi verticale, laissant bien voir les tours intérieurs. Coupe des tours semi-lunaire, haute, peu échancrée par le tour précédent.

Lobe siphonal long, assez large, terminé par deux branches presque parallèles; lobe latéral supérieur long, terminé par trois branches courtes dont la médiane ne dépasse pas le lobe siphonal ; lobe latéral inférieur étroit, à trois branches. Selle latérale inférieure moins large que la supérieure.

Dimensions. — Diamètre : 20 mm. ; largeur du dern. tour : 9 mm. ; épaisseur : 10 mm. ; ombilic : 7 millimètres.

Rapports et différences. — Se rapproche de *M. Greppini* DE LOR. par sa forme générale, mais en diffère par ses constrictions, par ses côtes épaissies en nœuds paraboliques, par ses tours moins renflés et par son ombilic qui est plus large.

Gisement. — Tarcenay, Villers-sous-Montrond (Doubs). — Base des Couches à *Cardioceras praecordatum*.

Oppelia subcostaria OPPEL.

Pl. II, fig. 4, 4 a.

1858. *Ammonites flexuosus macrocephali* QUENSTEDT. — Der Jura, p. 482, tab. 64, fig. 7,8.
1862. — *subcostarius* OPPEL. — Palaeont. Mitth., p. 149, tab. 48, fig. 20,26.

Coquille discoïde, évolute. Tours peu épais, très embrassants, très nauts, à flancs plans, devenant peu convexes ; à section triangulaire, avec plus forte épaisseur au pourtour ombilical, à région siphonale faiblement carénée, puis arrondie à mesure de la croissance, ornementation formée de côtes primaires épaisses, peu élevées, proverses en direction tangentielle à la cavité ombilicale, de moins en moins coudées en arrière sur les trois premiers quarts du dernier tour, très atténuées au point de disparaître au delà du milieu des flancs, puis prolongées,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sensiblement droites, très atténuées, et légèrement incurvées en avant à la limite des flancs. On ne peut distinguer si elle bifurquent, mais cela paraît probable ; entre elles, à la limite des flancs, il existe des côtes secondaires intercalaires dont le nombre passe de cinq à sept, entre deux côtes principales sur l'ensemble du dernier tour conservé. La région siphonale est étroite, arrondie, lisse ; elle porte une carène siphonale à peine saillante au début du dernier tour, de plus en plus atténuée à mesure de la croissance.

Rapports et différences. — Par son épaisseur, son dos arrondi, notre spécimen se rapprocherait mieux du type de Quenstedt ; ses côtes primaires sont cependant moins nombreuses, de force inégale dans toute leur longueur, et son ombilic est plus étroit, caractères plus propres du spécimen d'Oppel. Il ne saurait être confondu avec *Oppelia praeradiata* H. Douvillé, ni avec *Am. subradiatus* Sow. ni avec les différentes formes de l'*Am. fuscus* Quenst ou de l'*Am. flexuosus* (Münst.) Zieten et de ses diverses variétés.

Dimensions. — 34,5 ; 19,8 = 0,57 ; 9,2 = 0,26 ; 3,6 = 0,10.

Gisement. — Authoison. Z. à *Pelt. athleta*, sommet.

Oppelia aff. *subcostaria* Oppel.

Trois autres individus se rapprochent beaucoup de l'espèce ; ils sont un peu plus épais ; la partie épaisse, ombilicale des côtes est plus courte, et n'atteint pas le milieu des flancs. Ils ne diffèrent de *Oppelia Richei* de Loriol, spécialement : 1898, Jura bernois, pl. IV, fig 14,15, que par l'absence de tubercules siphonaux.

Dimensions. — 27 ; 14,5 = 0, 548 ; 8 = 0,296 ; 3,5 = 0,13.

Gisement. — Authoison. Z à *Pelt. athleta.*

Taramelliceras montrondensis nov. sp.

Pl. II, fig. 3, 3 a.

Coquille discoïde, évolute. Tours à section ovalaire, médiocrement épais, moyennement convexes, possédant leur plus forte épaisseur vers le milieu de leur hauteur ; région externe arrondie, ligne siphonale ornée de tubercules mousses, d'abord arrondis, puis devenant allongés dans le sens de la spire. Huit à neuf côtes primaires assez fortes, arrondies, espacées, proverses, sur un peu plus du tiers de leur longueur, puis incurvées en arrière et bifurquées, sur le milieu du tour, en rameaux moins forts, mais toujours arrondis, réfléchis en avant sur la partie externe et aboutissant aux tubercules siphonaux. On compte en outre quatre côtes secondaires intercalaires entre les rameaux de deux côtes primaires consécutives, et, même, vers la

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

fin du dernier tour conservé, il existe une côte tertiaire entre les rameaux de bifurcation de la dernière côte primaire. Avec l'âge, les tubercules siphonaux allongés correspondent à deux côtes secondaires. Ombilic relativement large, à paroi abrupte, à bord anguleux. Ligne siphonale insuffisamment distincte.

Rapports et différences. — De toutes les nombreuses formes de *Taramelliceras* de l'Oxfordien inférieur, je n'en vois aucune qui puisse correspondre à celle-ci. La plus voisine serait *l'Oppelia Richei* DE LORIOL [1] ; notre spécimen s'en sépare par ses côtes plus fortes, moins proverses, à sinuosités plus accentuées et par son ombilic plus large.

Dimensions. — 21 ; 11 = 0, 50 ; 6 = 0,29 ; 4 = 0,19.

Gisement. — Montrond (Doubs)

Perisphinctes* (*Lithacoceras*) *champagnolensis* *nov. sp.

Pl. II, fig. 7.

Coquille discoïde, peu renflée ; tours élevés, ne se recouvrant qu'au tiers de la hauteur, à flancs plans, parallèles entre eux, à section rectangulaire jusqu'au diamètre de 85 mm. ; puis à flancs déclives vers l'extérieur, à section trapézoïdale jusqu'au diamètre de 120 mm., enfin à flancs convexes, à région externe arrondie, et à section tendant à devenir ovoïde à l'âge adulte. Ornementation composée de côtes très nombreuses — au moins 140 — très fines dans le jeune âge, s'épaississant à mesure de la croissance, sans devenir fortes, arrondies, mêmes aplaties avec l'âge, séparées par des intervalles égaux ou même inférieurs à leur largeur ; elles naissent sur la paroi ombilicale, en direction rétroverse, s'incurvent en avant au pourtour ombilical, sont radiales sur les flancs, à peine infléchies en avant et bifurquées régulièrement vers les trois quarts de la hauteur ; elles passent sur la région externe sans s'incurver davantage en avant, se raccordent à l'âge adulte, avec celles du flanc opposé sans se correspondre : la branche antérieure née de la bifurcation sur l'un des flancs étant la branche postérieure du flanc opposé. Quelques rares côtes se bifurquent peu après leur sortie de l'ombilic ; d'autres, rares également, à la moitié de la hauteur : chaque branche donnant naissance à deux autres sur la région siphonale. On n'observe que rarement des côtes primaires restant simples. Notre unique spécimen est un peu fruste ; il porte deux constrictions visibles, parallèles aux côtes : la première, assez faible, à la première moitié du tour ; la seconde, au début du dernier quart, assez large, assez profonde ; il est bien possible qu'il y en ait davantage, mais elles seraient de moins en moins distinctes de l'extérieur vers l'intérieur de la spire. On ne distingue pas de nœuds paraboliques. Ombilic large, à bord arrondi. Ligne suturale des cloisons totalement invisible.

1. DE LORIOL. Oxfordien inférieur du Jura bernois, pl. IV, fig. 14 et 15, 1898.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Rapports et différences. — *P. champagnolensis* nov. sp. est comparable à *P. Castroi* CHOFFAT, à *Richei* DE RIAZ, assimilés et réunis par Siemiradzki sous le nom de *P. lusitanicus* SIEM. Il en diffère, surtout de *P. Richei*, par ses tours plus concentriques, moins hauts, ne se recouvrant que sur le tiers de la hauteur, par son ombilic beaucoup plus ouvert, ses côtes plus fines, près de deux fois plus nombreuses, ses côtes simples beaucoup plus rares ; ses constrictions ont l'allure des côtes ; elles sont moins obliques et la côte arrière n'est pas trifurquée. Il diffère de *P. mazuricus* BUK. par ses tours plus concentriques à l'âge adulte, ses flancs plus plans dans les tours intérieurs, ses côtes plus nombreuses. Il diffère de *P. Mindove* SIEM. = *P. lucingensis* (*E. Favre*), CHOFFAT, qui a ses tours plus hauts, ses côtes moins fines, moins nombreuses, son ombilic moins large. Comparé à *P. virgulatus* QUENST (Schawb. Jura, pl. 100, fig. 5), son épaisseur est moins forte, son ombilic plus évasé ; comparé à *P. trichoplocus* GEMM. = *Am. virgulatus* (QU.) RŒMER, ses tours sont beaucoup plus élevés. Comparé à *P. Dunikowski* SIEM., il est moins trapu, moins épais ; il ne saurait être confondu avec *P. Yelski* SIEM. ni avec *P. Kreutzi* SIEM.

Dimensions :

Diamètre de la coquille	: 136 mm.	
Hauteur du dernier tour	: 45 mm. = 0,33	du diamètre.
Épaisseur —	: 32 mm. = 0,28	—
Largeur de l'ombilic	: 58 mm. = 0,42	—

Rapport d'excentricité = rapp. de deux diamètres perpendiculaires : $\frac{136}{110} = 1{,}236$.

Gisement. — Champagnole (Jura). — Argovien II = Couches d'Effingen. à *Rhabdocidaris*.

? *Sutneria burgundica* *nov. sp.*

Pl. II, fig. 8.

Coquille plutôt petite, discoïde. Tours à section subcirculaire, de hauteur à peine supérieure à l'épaisseur, ne se recouvrant que sur la région dorsale, peu échancrés par le retour de spire, ornés d'environ 40 côtes principales, peu rétroverses, arrondies, peu épaissies et surélevées au milieu des flancs, où elles se bifurquent en rameaux un peu moins forts ; le rameau postérieur, issu de bifurcation, est plus incliné en arrière ; les côtes simples sont assez fréquentes ; les côtes secondaires traversent normalement la région dorsale. Pas de constrictions. L'ombilic est large, à paroi et à bords arrondis. La ligne suturale est invisible.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

A la limite des flancs, sur la première moitié du dernier tour conservé, il existe, sur chacun des flancs, quatre nœuds paraboliques, à égale distance les uns des autres ; mais sur l'un des flancs, les côtes principales qui leur correspondent sont ou déviées en arrière contre la paroi ombilicale, ou totalement absentes et remplacées par un méplat affectant le flanc tout entier : ces dernières particularités sont à considérer comme des anomalies.

Dimensions. — 30 ; 9,5 = 0,316 ; 9,3 = 0,311 ; 13 = 0,43.

Rapports et différences. — Comparé à l'*Amm. platinotus* Reineck, notre unique spécimen a une section différente, à dos plus arrondi ; l'ornementation est plus abondante, moins robuste. L'*Am. Galar* Oppel a des côtes secondairee intercalaires nombreuses, bifurquées plus près de l'ombilic ; l'*Am. cyclodorsatus* Mœsch a une forme plus trapue, et des côtes secondaires trois à quatre fois plus nombreuses. Notre espèce ne saurait être confondue avec le *Perisphinctes Bukowskii* Choffat en raison de la section de ses tours, de la largeur de son ombilic et de ses nœuds paraboliques, ni avec l'*Am. Frickensis* Mœsch, ni avec *Perisph. Mairei* de Lor., principalement avec le type de l'auteur figuré sur sa planche V, fig. 1 ; elle ne pourrait être confondue avec *Sutneria ledonica* de Lor. qui est plus massif, à tours moins arrondis, à ombilic moins évasé, qui a bien une costulation à peu près identique, mais sans porter de nœuds paraboliques. Enfin, comparée à *Peltoceras dubium* Nœtling, si elle en possède le galbe, l'ornementation et les dimensions, elle en diffère par ses nœuds paraboliques.

J'éprouve une grande incertitude à faire rentrer cette espèce dans l'un ou l'autre des genres *Perisphinctes*, *Peltoceras*, ou *Sutneria*. Je me range avec doute à l'opinion de de Loriol [1] qui a décrit son *Sutneria ledonica*, d'ornementation analogue, mais surtout en raison du fait qu'elle présente en outre des nœuds paraboliques, caractère partiel indiqué par Zittel comme appartenant parfois à son genre *Sutneria*.

Gisement. — Talant (Côte-d'Or). Oolithe ferrugineuse oxfordienne.

Serpula polyphema Dumortier.

1871. *Serpula polyphema* Dum. — Sur quelq. gisem. de l'Oxf. inf. de l'Ardèche, p. 29, pl. VI, fig. 30-32.

Forme de taille au-dessus de la moyenne, à croissance lente, plus ou moins longuement fixée et peu étalée, plus généralement, sim-

1. 1900. De Loriol. Et. sur les Moll. et Brach. de l'Oxf. inf. du Jura lédonien.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plement adhérente par des sortes de crampons très espacés ; annelée, crêtée dans ses parties fixées ; ronde et sans crête dans ses parties libres ; portant par endroits, surtout à la hauteur des portions fixées ou cramponnées, des sillons longitudinaux, latéraux, irréguliers, de longueur variable ; ornée de stries d'accroissement très fines, parfois lamelleuses, et de plis annulaires en bourrelets, rugueux, plus ou moins épais, d'allure très variable : tantôt circulaires, tantôt ondulés, tantôt entrecoupés ou même entrelacés dans les sillons, de même d'ailleurs que les stries. Sur les crêtes, stries et bourrelets sont infléchis en chevrons, en avant. Bouche ronde, très régulière.

Rapports et différences. — Ce sont ces individus que nous avions désignés avec doute, en 1908, sous le nom de *Serpula grandis* ? Goldf. Ils diffèrent de cette dernière en ce qu'ils sont moins longuement fixés en général, et qu'à dimensions égales, ils sont ornés de bourrelets, alors que *S. grandis* n'en possède encore pas. En outre, *S. grandis* appartient au Bathonien. Nous préférons aujourd'hui les rapporter à l'espèce de Dumortier, bien que les types de cet auteur ne soient que des fragments à peine suffisants pour baser une affirmation. Ils sont cependant de taille plus faible, leur crête est moins fantastique, et ils n'ont pas de canal à la base.

Gisement. — Authoison (Haute-Saône). — C. à *Pelt. athleta* et C. à *Qu. Lamberti.*

Serpula pustulosa nov. sp.

Pl. III, fig. 7, 7 a.

Taille moyenne, croissance rapide. Forme pentagonale, fixée sur la plus grande partie de sa longueur ; deux sillons latéraux, profonds, sur la partie fixée, trois sur l'ensemble, dont un basal médian sur la partie libre, s'arrêtant tous trois à l'arrière de l'anneau apertural. Les deux sillons latéraux partagent le tour en deux segments inégaux, le dorsal moins haut que le ventral. Région dorsale parcourue longitudinalement par deux cordons latéraux arrondis et par une crête médiane dans le jeune âge, partagée par un sillon, avec la croissance, en deux moitiés qui s'épaississent progressivement en cordons. Région ventrale ne comprenant que deux forts cordons. Tube orné de fines stries d'accroissement, de bourrelets circulaires peu élevés, de largeur variable, de plus en plus marqués vers la partie antérieure, dirigés en avant sur la crête médiane., et, en outre, de pustules arrondies, creuses, percées à l'arrière, rares et irrégulièrement disposées sur le segment basal, beaucoup plus nombreuses sur le segment supérieur, surtout sur les deux moitiés de la crête médiane où elles sont alignées et assez rapprochées. Bouche circulaire, anneau buccal à bords festonnés portant également des pustules irrégulièrement disposées.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Dimensions. — Notre unique individu, manquant de sa partie postérieure, ne devait atteindre que 35 à 40 mm.

Il se différencie de toutes les formes pentagonales par sa crête médiane bigéminée avec l'âge et par ses pustules. Comparé à *Serpula tricristata* GOLDF. lequel, d'ailleurs, appartient au Lias, il a un galbe bien voisin ; il se distingue par sa crête médiane, par sa section transversale, par son mode de fixation longitudinale.

Gisement. — Authoison (Haute-Saône). — C. à *Quenst. Lamberti.*

Serpula subpustulosa nov. sp.

Pl. III, fig. 10 et 11.

Taille moyenne, croissance assez lente. Forme trigone, ondulée ou repliée parallèlement sur elle-même, fixée, peu étalée à la base, portant une crête médiane, peu élevée d'abord, ondulée ; flancs plans d'abord, puis peu à peu convexes avec la croissance, portant un sillon médian et un cordon dorso-latéral plus rapproché de la crête médiane, et s'atténuant insensiblement ; stries d'accroissement assez fortes, irrégulières, d'abord droites, puis arquées, réfléchies en avant, sur la crête médiane ; avec l'âge, à intervalles irréguliers, ces stries s'épaississent en bourrelets transverses de même allure, en accent circonflexes sur la crête.

La crête, les stries, même les portions libres portent des pustules arrondies, creuses, ouvertes en arrière, mais cependant plus généralement disposées en séries longitudinales sur le bourrelet médian et sur la crête. Ouverture arrondie, à bords irréguliers.

Rapports et différences. — Cette forme est voisine de *S. limata* GOLDF., à ce point que lorsque ses ornements sont usés, elle pourrait être confondue avec elle ; elle en diffère par ses stries d'accroissement plus fortes, par ses bourrelets transverses également plus forts et moins régulièrement espacés, par son sillon latéral et surtout par ses pustules. Elle diffère de *S. pustulosa* n. sp. décrite plus haut, par sa plus grande longueur, par sa forme trigone, sa crête non divisée, ses sillons moins profonds, ses cordons latéraux très peu sensibles, et par ses bourrelets transverses.

Notre spécimen enroulé, comparé à *Serpula* (*Spirorbis* ?) *granulata* (Sow.) offre une ornementation punctiforme à peu près semblable ; il diffère par sa crête médiane, par sa section, par son mode de fixation.

Gisements. — Authoison (Haute-Saône). — C. à *Quenst. Lamberti.* Villers-sous-Montrond. — C. à *Card. praecordatum.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Serpula muraenina Etallon.

Pl. III, fig. 13, 14.

1862. *Serpula muraenina* Etallon. — Lethea bruntrutana, p. 441, pl. LX, fig. 21.
189 . — — cf. *nodulosum*. (Goldf.). L. A. Girardot. *in* de Loriol et Abel Girardot. Étude sur les Mollusques et Brach. de l'Oxf. inf. du Jura lédonien.

Petite espèce trigone, droite ou plus ou moins flexueuse, ou même contournée, fixée, peu ou pas étalée à la base, portant une carène crétée, médiane, peu élevée, faiblement dentée; flancs plans, devenant convexes, présentant une dépression plus ou moins profonde de chaque côté de la carène; stries d'accroissement transversales, régulières, fines, subégales, arquées en arrière sur les flancs, proverses, anguleuses sur la carène, rarement visibles. Bouche circulaire.

Rapports et différences. — Ne saurait être confondue avec *S. nodulosa* Goldf., en raison de l'absence d'écailles sur les flancs.

Gisements. — Se rencontre partout dans les « Marnes à *Cr. Renggeri* », plus rarement dans l'Oxfordien supérieur.

Serpula bossellata nov. sp.

Pl. III, fig. 15.

Petite espèce, étroite, aussi haute que large, sinueuse, fixée, non étalée à sa base, à tube rond, renflé transversalement, bosselé de distance en distance. Bouche ronde

Comparée à *S. intercepta* Goldf., n'est que bosselée, non annelée.

Gisement. — Authoison. — Z. à *Lamberti*.

Serpula tricruciata nov. sp.

Pl. III, fig. 16.

Petite espèce, fixée sur térébratule, recourbée, ornée de deux crêtes médianes linéaires, peu élevées, de force inégale, rapprochées, bien visibles, à la loupe, sur la partie antérieure, où elles sont croisées par trois bourrelets plus épais, plus saillants, également rapprochés, n'entourant le tube que sur les deux tiers environ. L'orifice operculaire, arrondi, est aussi bordé d'un bourrelet un peu différent des précédents.

Gisement. — Le Crouzet. — Sous-zone à *Card. cardia*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Serpula trilobata nov. sp.

Pl. III, fig. 8, 8 a.

Forme trigone connue seulement par sa partie antérieure qui est libre, peu ondulée, droite dans l'ensemble. Tube orné de trois cordons longitudinaux, égaux, séparés par des sillons profonds; le supérieur portant une crête médiane mince, peu élevée, les deux inférieurs convexes; chez le jeune, les trois cordons sont pincés et quelque peu crêtés, dentés en scie. De distance en distance, dans le jeune âge surtout, on observe des constrictions transversales séparant l'ensemble en segments présentant parfois une torsion dans le sens longitudinal. Toute la surface est couverte de stries d'accroissement inégales, continues, ondulées en avant sur les cordons, en arrière dans les sillons. Ouverture circulaire, entourée de trois lobes égaux, saillants, presque épineux en avant chez le jeune, diminuant progressivement avec l'âge pour ne dépasser qu'à peine le plan de l'ouverture. Cette espèce devait atteindre certainement plus d'un décimètre de longueur, et elle paraît libre

Rapports et différences. — *Serp. trilobata* a quelque analogie avec certaines figures de *Serp. prolifera* GOLDF., notamment la fig. 11, pl. XLVIII, 1re part., p. 231, dont elle n'est peut-être qu'une forme ancestrale, caractérisée par la constance des trois cordons, par leurs étranglements et par les crêtes plus élevées, irrégulièrement dentées chez le jeune.

Gisement. — Authoison (Haute-Saône). — C. à *Quenst. Lamberti.*

Serpula subulata ETALLON.

Pl. III, fig. 18.

1863. *Serpula subulata* ETALLON. — Études paléontologiques sur le Jura graylois (*M. S. Émul. du Doubs*, p. 292).

Diagnose d'Etallon :

Petite espèce quadrangulaire, sub-carrée, faiblement bordée, droite ou à peine courbée; test assez épais, paraissant marqué seulement de stries d'accroissement; vivant peut-être en société, mais sans se souder à ses voisines.

Longueur = 12 à 15 mm.; diamètre = 1 1/2 mm., et sur les bordures = 2 mm.

Pholadomyen à chailles. — Charcenne. — rr.

Cette espèce a la forme de la *S. Thurmanni* CONTEJ.; si elle en a les habitudes, elle est beaucoup moins abondante.

Elle est, en effet, très rare. Deux spécimens seulement. — Oxfordien à chailles, Charcenne.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Serpula trapezoidalis nov. sp.

Pl. III, fig. 12.

Petite espèce tétragone, lisse, sinueuse, fixée sur toute sa longueur, peu étalée. Coupe transversale trapézoïdale : la hauteur surpassant la moitié de la grande base, qui, elle-même est égale à deux fois et demie la petite. Flancs à peine convexes, ornés de bourrelets peu sensibles. Bouche mutilée sur notre unique individu, ainsi d'ailleurs que les deux tiers au moins de la partie postérieure. Ouverture ronde.

Rapports et différences. Peut se comparer à S. *planorbiformis* MÜNST. *in* Goldf. — *Petref. Germaniae*, pl. 231, p. 68, fig. 12, mais en diffère en ce qu'elle n'est pas spiralée et que sa coupe transversale est trapézoïdale et non carrée.

Gisement. — Zone à *Card. praecordatum.* — Andelot (Jura).

Spirorbis Thirriai ÉTALLON.

Pl. III, fig. 17.

1862. *Spirorbis Thirriai* ETALLON. — Lethea brunteutana, p. 447, pl. LX, fig. 35.
1864. — — — Études paléontologiques sur le Jura graylois (*M. Soc. Emul. du Doubs*, p. 293).

Diagnose et observations d'Etallon :

Assez grande espèce, régulièrement enroulée, à tours non recouvrants dans le même plan, un peu large cependant dans le sens du diamètre, non complètement fermée au centre, ne paraissant pas avoir été attachée en ce point qui est large de 1 à 2 mm., et libre dans toutes les autres parties; les carènes quelquefois bordées et épaissies ou granulées en chapelet irrégulier à l'intérieur, souvent presque effacées, surtout à l'extérieur. Test assez épais, marqué de fines stries d'accroissement. Tube ordinairement détaché sur une faible longueur à l'âge adulte; 2 à 3 tours.

Diam. du disque = 8 à 9 mm.; épaisseur = 2 1/2 mm.

Hypocorallien. — Mont-Terrible. — Assez commun.

Cette espèce se rencontre toujours à l'état siliceux; il serait possible que les modifications éprouvées par les carènes fussent un effet de la fossilisation. Elle nous paraît appartenir aux dernières couches réellement oxfordiennes, et c'est une des espèces que, dans la Haute-Saône où elle est très abondante, nous avons prise comme point de repère.

Oxfordien à chailles. — Virey, Charcenne (Haute-Saône).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Neritopsis montrivelensis *nov. sp.*

Pl. III, fig 1, 1 *a*.

? 1899. *Neritopsis* sp. DE LORIOL. — Et. sur les Moll. et Brach. de l'Oxf. inf. du Jura bernois. Fin, p. 137, pl. IX, fig. 26.

Dimensions. — Diamètre : 23 mm. 5 ; hauteur : 20 mm. 5.

Coquille turbinée, à spirale très élargie, de hauteur un peu moindre que le diamètre. Dernier tour très dilaté formant la plus grande partie de la coquille, la spire n'ayant que 6 mm. de diamètre sur l'avant-dernier tour. Ornementation formée de filets spiraux assez élevés, tranchants, légèrement ondulés, distants de moins d'un millimètre ; sur la partie renflée du dernier tour et sur la plus grande partie de la rampe postérieure, dans les intervalles de ces filets, il existe un autre filet intermédiaire plus fin, et, même sur la partie renflée, ce dernier est accompagné de chaque côté d'un filet de troisième ordre plus fin encore que les précédents. Tout cet ensemble est croisé par d'autres filets longitudinaux, d'une grande finesse, donnant à l'ensemble un aspect treillisé, hérissés au passage des filets longitudinaux sur les filets spiraux. Bouche mal conservée, très évasée, aussi haute que large — 13 mm. 5 —, paraissant être quadrangulaire. L'ensemble du dernier tour est déformé par compression.

Serait-ce la coquille de *N. Deslongchampsi*, dont on ne connaît que le Peltarion ?

Gisement. — Champagnole (Mont Rivel). — Z. à *Card. praecordatum.*

Observation. — Il nous paraît bien probable que le spécimen figuré par de Loriol (*loc. cit.*) et qui n'est qu'à l'état de moule appartienne à la même espèce.

Avicula (*Oxytoma*) *Rœderi* ROLLIER.

Pl. III, fig. 4.

1882. *Avicula* (*Oxytoma*) *Munsteri* RŒDER (non Rœm). — Beit. z. Kenntn, Ter. à chailles von Pfirt, p. 58, tab. I, fig. 10.

1901. — — cf. *Munsteri* (BRONN) DE LORIOL. — Oxf. sup. et moy. Jura bern., p. 93, pl. IV, fig. 2, 3.

1914-1915. *Avicula* — *Rœderi* ROLLIER. — Foss. nouv. ou peu connus des terr. second. du Jura et des contrées env., p. 404.

Seize à dix-huit côtes principales entre lesquelles s'intercalent des côtes secondaires beaucoup plus faibles, généralement trois, issues du sommet, l'une au milieu de l'intervalle, les autres plus faibles encore de chaque côté de cette dernière. On observe en outre des stries d'accroissement très fines, régulièrement concentriques dans toute

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

leur longueur au voisinage du crochet, se prolongeant sur l'aile en devenant concaves, puis devenant progressivement concaves également sur le reste de la coquille entre les côtes principales qu'elles traversent. Toutes ces stries se relèvent sur les côtes principales et sur les côtes secondaires. Il en est de même sur l'aile et sur l'oreillette antérieure.

Gisement. — Le Crouzet (Doubs). — Partie sup. de la z. à *Card. praecordatum.*

Avicula peralata J. B. Greppin.

Pl. III. 5, 5 a.

1867. *Avicula peralata* J. B. Greppin. — Essai géologique sur le Jura suisse, p. 62.

1870. — — — Descr. géolog. du Jura bernois, p. 70 et 349, pl. V, fig. 3.

1899. — — — de Loriol. — Ét. sur les Moll. et et Brach. de l'Oxf. inf. du Jura bernois, p. 168, pl. X, fig. 34-35.

1900. — (*Oxytoma*) — — de Loriol. — Ét. sur les Moll. et Brach. de l'Oxf. Jura lédonien, p. 125, pl. VI, fig. 42.

Coquille bivalve, inéquilatérale, inéquivalve, moins longue que large. Connue seulement par sa valve droite qui est peu renflée ; possède sa plus forte épaisseur à plus du tiers de la longueur ; à région buccale peu convexe, à région anale largement arrondie, à région palléale continuant la courbure de l'anale, à crochet mince anguleux, saillant, à oreillette buccale peu distincte, oreillette anale plus visible, mais peu développée.

Ornementation comprenant 16 côtes peu saillantes, inégalement distantes, visibles seulement sur les deux tiers antérieurs de la coquille, rapprochées parfois par deux, droites sur la région antérieure, entre lesquelles quelques autres costules sur la région antérieure ; les côtes sont croisées par des stries concentriques plus rapprochées, mais moins accentuées, invisibles sur le tiers antérieur de la coquille.

A l'intérieur, la valve est bordée d'un méplat, à la fois sur la région antérieure et sur la région postérieure, ; sur la région antérieure, ce méplat est en contre-bas de celui de la région postérieure ; Il se relève en courbure régulière formant échancrure byssale contre l'oreillette.

La fossette d'impression musculaire est située plus près du bord antérieur que du bord postérieur et plus rapprochée du crochet que du bord palléal ; elle est piriforme, plus profonde à sa partie antérieure.

Dimensions. — Longueur : 13 ; largeur : 14,5 ; épaisseur : 2,5 approximativement.

Gisement. — Authoison. — Z. à *Lamberti.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Diceras authoisonense *nov. sp.*

Pl. III, fig. 2, 2 *a*, 2 *b*.

Petite coquille, à l'état de moule interne, épaisse, inéquivalve, inéquilatérale, adhérente par la valve gauche. Un seul spécimen. Valve droite, de section subcirculaire à sa base, graduellement diminuée jusqu'à son extrémité, courbée en arrière et un peu contournée; sa surface latérale interne est comprimée et bordée au sommet par une gibbosité. Valve gauche de section également subcirculaire, beaucoup moins haute que la droite, plus contournée, fixée, latéralement et obliquement, sur une large étendue, et assez profondément, de manière à paraître anguleuse sur ses bords de contact. La spirale d'enroulement est en partie visible à l'intérieur de la surface d'adhérence.

Bien que notre échantillon ne soit qu'à l'état de moule interne, je ne crois pas devoir le négliger, en raison du fait que le genre *Diceras* est très rare, sinon inconnu, dans l'Oxfordien jusqu'à ce jour.

Gisement. — Authoison. — Zone à *Lamberti.*

Plicatula (*Atreta*) *pateroïdes* Rollier.

1899. *Plicatula Quenstedti* (non Mœsch in Quenst.) de Lor. — Oxf. inf. Jura bern., p. 172, pl. 10, fig. 38-39.
1900. — — (non Mœsch in Quenst.) de Lor. — Oxf. inf. Jura lédonien, p. 129.
1917. — *pateroïdes* Rollier. — Foss. nouv. ou peu connus, terr. second. du Jura, p. 524.

Cette forme atteint des dimensions bien plus fortes que celles qui ont été données par de Loriol. Ainsi, la valve droite de l'un de nos individus mesure 14 mm. de longueur sur 20 de largeur, un deuxième a 16 mm. sur 22; un troisième, le plus long, à 20 sur 22; chez un quatrième, de 15 sur 21, l'épaisseur arrive à 9 mm. Chez tous ces individus, la région palléale est entièrement arquée.

Gisements. — Se rencontre partout.

Plicatula (*Atreta*) *pateroides* Rollier, var *Parisoti* nova.

Pl. III, fig. 6.

Mutation de la précédente dont elle possède les dimensions et la forme générale, mais particularisée par un bien plus grand nombre de côtes — 40 à 50 comptées au bord palléal, sur chacune des deux valves — alors que chez *Pl. pateroides*, on n'en

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

trouve que 30 au maximum. Sur la valve gauche, les côtes sont hérissées de granules très rapprochés. Cette variété est toujours plus rare.

Gisements. — Champagnole, Andelot (Jura) ; Arc-sous-Montenot, Le Crouzet, Deluz, Sancey, Rosières (Doubs) Quenoche (Haute-Saône).

Astarte sp.

Pl. III, fig. 3.

Petite espèce, à l'état de moule interne, peu épaisse, à région cardinale anguleuse, à région buccale à peine plus longue que la région anale, plus largement arrondie, toutes deux s'harmonisant bien avec la courbure palléale qui est plus longue, moins convexe que chacune d'elles. Crochets élevés, bien saillants. Lunule étroite, nettement séparée par un étroit sillon.

Surface ornée de stries concentriques arrondies, un peu inégales, parfois séparées par un sillon assez large.

Dimensions. — Longueur de l'apex au milieu de la région palléale : 5 mm.

Largeur du bord de la région buccale à celui de la région anale : 6 mm.

Épaisseur : 2 mm. 7.

Gisements. — Rosières (Doubs). Limite entre zone à *Lamberti* et zone à *C. praecordatum.*

Rapports et différences. — Par sa forme générale, pourrait être confondue avec *Nucula Oppeli* ; s'en distingue par sa région cardinale plus anguleuse, ses crochets plus saillants et par son ornementation.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DES PLANCHES II ET III

Planche II

Fig. 1. — *Belemnites* (*Pachyteuthis*) aff. *russiensis* d'Orb. face ventrale.
Fig. 1*a*. — — — face dorsale.
Fig. 1*b*. — — — flanc gauche.
Fig. 2. — *Distichoceras nodulosum* Quenst.
Fig. 3, 3*a*. — *Taramelliceras montrondensis* V. Maire.
Fig. 4, 4*a*. — *Oppelia subcostaria* Oppel.
Fig. 5. — *Cosmoceras authoisonense* V. Maire.
Fig. 6. — *Macrocephalites dubiensis* V. Maire.
Fig. 7. — *Perisphinctes* (*Lithacoceras*) *champagnolensis* V. Maire, fig. réduite au 118/156.
Fig. 8. — *Sutneria burgundica* V. Maire.

Planche III

Fig. 1, 1*a*. — *Nerilopsis montrivelensis* V. Maire.
Fig. 2, 2*a* 2*b*. — *Diceras authoisonense* V. Maire.
Fig. 3. — ? *Astarte* 3/1 V. Maire.
Fig. 4. — *Avicula Rœderi* de Loriol.
Fig. 5, 5*a*. — *peralata* J. B Greppin.
Fig. 6. — *Atreta pateroides* Rollier var. *Parisoti* V. Maire.
Fig. 7, 7*a*. — *Serpula pustulosa* V. Maire.
Fig. 8, 8*a*. — *trilobata* V. Maire.
Fig. 9, 9*a*. — *tricristata* V. Maire.
Fig. 10. — *subpustulosa* V. Maire.
Fig. 11. — — —
Fig. 12. — *trapezoidalis* 3/1 V. Maire.
Fig. 13. — *muraenina* Etallon.
Fig. 14. — — 2/1 Etallon.
Fig. 15. — *bossellata* 3/1 V. Maire.
Fig. 16. — *tricruciata* 3/1 V. Maire.
Fig. 17. — *Spirorbis Thirriai* Etallon.
Fig. 18. — *Serpula subulata* Etallon.
Fig. 19, 19*a* — *Distichoceras subornatum* Spath.
Fig. 20. — *nodulosum* nom. mut.

Nota. — A part les grossissements indiqués, toutes les espèces sont figurées en grandeur naturelle.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

NOTE SUR LES DÉPOTS QUATERNAIRES ET LES RÉCIFS SOULEVÉS DES NOUVELLES-HÉBRIDES.

PAR **R. Abrard** ET **E. Aubert de La Rüe**[1].

La présente Note est consacrée à l'étude de fossiles recueillis par l'un de nous[2] au cours de deux voyages de recherches aux Nouvelles-Hébrides. Elle a, en ce qui concerne les Mollusques, été effectuée au Laboratoire de Malacologie du Muséum, et nous remercions bien vivement MM. Ed. Lamy et E. Fischer-Piette de l'amabilité avec laquelle ils nous y ont accueillis.

Efate. — Sur la côte ouest de l'île, en bordure de Port-Hawannah, au fond de la baie Essema, s'observe une plage soulevée qui forme une terrasse à 4 m. au-dessus du niveau de la mer. Elle est formée de coraux remaniés et de nombreux Mollusques ayant perdu tout vestige de coloration :

Spondylus ducalis CHEMN.
Arca antiquata LIN.
Circe pectinata L.
— *gibbia* LMK.
Chama limbata LMK.
Lucina divergens PHIL.
Natica mamillaris LMK.
Nerita filosa REEVE.
— *lineata* CHEMN.
Turbo spinosus GMELIN.
Melania sp.
Cerithium gemmulatum H. et J.
Cerithium petrosum WD.
Strombus gibberulus L.
— *floridus* LMK.
— *luhuanus* L.
Cypraea moneta L.
Peristernia sp.
Mitra plicaria L.
Conus sp.
Nassa monilis KIENER.
— *arcularia* L.
— *clathrata* KNR.
cf. *Melongena anceps* H. et A. Ap.

Cette faune est composée d'espèces vivant actuellement sur les rivages de l'île.

Sur le flanc ouest de cette même île Efate, un récif soulevé à la cote + 40 le long du sentier allant de Port-Hawannah à Undine-Bay a fourni un grand exemplaire de *Cypraea argus* L.

Sur les plateaux de l'Ouest de l'île, le long du sentier de Port-Hawannah, à Undine-Bay, à la cote + 180, un calcaire tufacé jaunâtre a fourni *Dallia vitilevensis* LADD, Brachiopode décrit des formations récentes de Viti Levu[3].

1. Note présentée à la séance du 7 février 1938.
2. E. AUBERT DE LA RÜE.
3. HARRY S. LADD. Geology of Viti Levu, Fiji. *Bernice P. Bishop Museum*, Bull. 119, Honolulu, Hawaï, 1934.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il est possible que le calcaire qui l'a fourni soit d'âge Pliocène supérieur plutôt que Quaternaire.

Eromanga. — Un galet constitué par une lumachelle à Operculines, a été trouvé à 10 km. de la mer vers la cote + 50, roulé dans le lit de la rivière de Cook, sur le versant oriental de l'île Eromanga, où les récifs soulevés ne semblent pas dépasser la cote 100, alors que sur le flanc opposé de l'île, ils s'élèvent à la cote 300.

L'Operculine paraît pouvoir être rapportée à *O. Bartschi* CUSHMAN. Il est assez vraisemblable que ce galet appartient à une formation plus ancienne que le Quaternaire, probablement au Pliocène récent.

Dans les falaises de la partie sud d'Élisabeth Bay (côte ouest d'Eromanga), des tufs volcaniques renferment de petites Operculines spécifiquement indéterminables. Ces tufs puissants de 10 m. surmontent des alternances de coulées basaltiques et de tufs et sont recouverts par une puissante série de calcaires récifaux soulevés.

Des récifs soulevés forment le plateau de Rawolel qui s'étend immédiatement au Sud de la profonde vallée de la rivière de William non loin de la baie Dillon (versant ouest de l'île d'Eromanga). On y recueille à la cote 250, des fossiles ayant subi une recristallisation complète ; ce sont des fragments de Coraux, des radioles d'Échinides, des opercules de Turbo et des Mollusques dont la détermination est rendue difficile par la recristallisation :

Arca antiquata LIN.
Trochus sp.
Cypraea cf. *moneta* L.
— *cylindrica* BORN.

Les mêmes récifs soulevés à fossiles recristallisés constituent les plateaux, immédiatement au Nord de la vallée de William, aux alentours d'Unapong ; les Mollusques suivants ont été recueillis entre les cotes 250 et 300 :

Arca antiquata L.
Corbis fimbriata L.
Hippopus maculatus LMK.
Chama limbula LMK.
Trochus calcaratus SOW.
— cf. *tubifer* KNR.
Natica mamillaris LMK.
Strombus sp.
Cypraea cf. *erosa*. L.
Cypraea cf. *moneta* L.
Mitra cf. *Grunneri* REEVE.
Conus cf. *arenatus* BRUG.
Conus sp.
Conus sp.
Latirus nodatus MART.
Solidula cf. *nitidula*.
Ricinula cf. *chaidea* DUC.
— cf. *rudis* DKR.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Malgré l'incertitude qui pèse sur la détermination d'un certain nombre d'espèces, incertitude due à la recristallisation, la présence de formes telles que *Arca antiquata*, *Hippopus maculatus*, *Cypraea cylindrica* permet d'affirmer que, bien que soulevées à des altitudes pouvant atteindre 300 m., les formations coralliennes étudiées sont très récentes, au plus quaternaires.

Dans des calcaires coralliens à Untanulure, dans la baie Dillon, à la cote 70 a été recueillie en nombre, *Operculina Bartschi* CUSHMAN, espèce actuelle des Philippines et du Pacifique équatorial. Yabe et Hanzawa en ont décrit la variété *punctata* provenant des récifs soulevés des îles Riukiu et de Taiwan, où le type se rencontre également [1].

Malekula. — Dans la falaise bordant le littoral de la côte est de l'île, à 500 m. environ au Sud de l'embouchure de la Pangkumu, à la cote 20, s'observe un calcaire tendre tufacé, jaune, à *Operculinella venosa* F. et M. représentée par des formes non granuleuses. Ces calcaires sableux reposent sur une brèche basaltique affleurant au niveau de la mer et sont surmontés par des tufs volcaniques jaunes, formés sans doute par les accumulations de cendres apportées par le vent du volcan d'Ambrym. Au milieu de ces calcaires sableux apparaissent quelques bancs de calcaires massifs correspondant à d'anciens récifs.

Mode de gisement des formations quaternaires des Nouvelles-Hébrides. — Dans la plupart des îles de l'archipel, sauf les très récentes, de formation volcanique, les dépôts quaternaires, représentés principalement par des récifs coralliens (plus rarement par des alluvions fluviatiles) ont été portés à des altitudes qui peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres. Le calcaire qui constitue ces récifs présente dans un grand nombre de cas des phénomènes de dissolution et de recristallisation qui rendent les organismes qu'ils contiennent à peu près indéterminables.

Les îles où ces récifs soulevés sont le plus largement représentés et portés aux altitudes les plus considérables, voisines de 400 m., sont du Nord au Sud : Santo, Malo, Aore, Maewo, Pentecôte, Epi, Malekula, Efate, Eromanga, et Tanna.

Le mouvement de surrection s'est effectué en plusieurs stades

1. H. YABE et S. HANZAWA. A Geological Problem concernings the Raised Coral-Reefs of the Riukiu Islands and Taiwan. A consideration based on the fossil Foraminifera Faunas contained in the Raised Coral-Reef Formation and the youngest deposits underlyng it. *The Science Reports of the Tohoku Imp. Univ. Sendai, Japan*, 2e série (Geol.), vol. VII, n° 2, 28p., 6 pl. 1925.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

très nets. On distingue en effet, sur le versant de la plupart des îles citées, des successions de gradins, en retrait les uns par rapport aux autres, au nombre de cinq, en général.

Ces soulèvements ont été accompagnés d'un mouvement de bascule ce qui fait que dans bien des cas, les récifs n'ont pas conservé leur horizontalité. Souvent, comme à Santo et Tanna, la partie nord de l'île est beaucoup plus soulevée que la partie sud et le pendage des couches dans cette direction est manifeste.

Ces récifs soulevés ont une extension considérable et cachent dans bien des régions plus ou moins complètement le substratum volcanique.

Ces mouvements de surrection se poursuivent à l'heure actuelle.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Archaeochelys Pougeti nov. gen., nov. sp. Tortue fossile du Permien de l'Aveyron

par **F.-M. Bergounioux** [1].

Planche IV.

M. l'abbé Pouget, alors professeur au Petit Séminaire de Belmont (Aveyron), a trouvé, en mai 1937, dans les grès rouges de Saint-Christophe, une Tortue fossile dont il a bien voulu me confier l'étude.

Le gisement.

Le hameau de Saint-Christophe est situé à 7 km. au Nord de la Route Nationale 99 d'Albi à Saint-Affrique, entre Saint-Sernin et la Trivalle. Le chemin d'intérêt commun 106 E', qui suit d'abord le plateau de grès rouges saxoniens, s'enfonce ensuite dans une sorte de cirque au fond duquel se trouve Saint-Christophe, dominé par la cote 653. C'est en procédant à l'élargissement de ce chemin, qu'à 200 m. environ avant l'entrée du village, des travaux récents ont mis à nu des bancs de grès compacts, légèrement rougeâtres, de 1 m. d'épaisseur, entre lesquels s'intercalent des marnes plus rouges, très friables et se délitant en fines écailles. L'ensemble du pays est extrêmement faillé et il est pratiquement impossible d'y découvrir un pendage de quelque importance. La légende de la carte géologique au 1/80.000e (feuille d'Albi n° 219) place ces terrains à la limite supérieure de l'Autunien : « Les assises supérieures de l'Autunien sont formées par des grès fins de couleur grise légèrement rougeâtres, passant aux grès rouges supérieurs ; par suite, et vu l'absence de fossiles, il est impossible de placer avec certitude la limite entre les étages autunien et saxonien ; celle adoptée est donc approximative, comme dans la région de Lodève. » Cette opinion n'a jamais, à ma connaissance, été infirmée. La vaste dépression qui sépare le flanc nord de la Montagne Noire du flanc Sud du massif de Rodez est remplie par des dépôts métamorphiques sur lesquels se placent de petits bassins stéphaniens et une large auréole permienne. Ces terrains viennent d'être revus pour une réédition de la feuille d'Albi, par M. l'Ingénieur en chef des mines Durand qui a bien voulu m'accompagner sur le gisement et me donner son avis sur l'âge

1. Note présentée par M. J. Pivetau, à la séance du 7 février 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de cette formation permienne. S'il est imprudent de dire que l'on est dans l'un ou l'autre des étages formant le Permien, étant donné l'aspect compréhensif de la série, il semble cependant légitime de penser que le hameau de Saint-Christophe se trouve relativement bas dans le Permien. De nouvelles recherches seront reprises incessamment sur ces terrains qui jusqu'à présent n'avaient fourni aucun fossile ; elles aboutiront peut-être à donner de plus grandes précisions sur l'âge de ces formations.

Quoi qu'il en soit, c'est dans un de ces bancs de grès compact, le plus inférieur, et pendant de 40° vers l'Ouest, presque au niveau de la route, qu'était prise la Tortue fossile.

Il est même vraisemblable que d'autres échantillons avaient été antérieurement trouvés sans qu'on y ait pris garde, les ouvriers se souvenant maintenant d'avoir autrefois rencontré des formes semblables. Étant donné son poids, le dégagement de la pièce a été difficile ; le plastron ventral est resté empâté dans le bloc qu'il a fallu transporter en entier malgré son poids et qu'il est impossible de débiter sans faire subir de très graves détériorations à la partie conservée de l'animal.

Description du Type

I. **Carapace dorsale** (Pl. IV ; fig. 1 et 2).

Le fossile de Saint-Christophe ne comprend donc que la carapace dorsale d'une Tortue terrestre. Encore cette pièce a-t-elle beaucoup souffert au cours de la fossilisation. Au niveau du 3e écusson vertébral manque une large portion de la carapace qui semble avoir été enlevée brusquement par un choc violent venu de l'arrière qui a fait sauter deux plaques costales, resserré les écussons vertébraux et mis en saillie une vertèbre dont on voit une partie du corps. De plus de nombreuses fractures se sont produites. Tout le sommet forme une calotte très fragile délimitant une région de densité beaucoup plus faible que le reste et qui paraît être l'endroit où se sont rassemblées les parties viscérales de l'animal. On a vainement essayé de traiter le fossile par les rayons X. Malgré les appareils extrêmement puissants employés, aucun résultat intéressant n'a pu être enregistré ; l'opacité de l'ensemble reste complète[1].

1. M. Bataller a le premier usé de ce procédé pour l'étude des Chéloniens fossiles. L'emploi des rayons X lui a permis de déceler d'importants détails anatomiques invisibles sur le fossile. Il est vrai qu'il opérait sur une plaque schisteuse de 3, 5 cm. d'épaisseur avec un appareil d'une puissance de 154 kilovolts (cf. Bataller (Dr. J. R.). Los rayos y las investigationes paleontológicas, *Revista Ibérica*, n° 1004, 23 dec. 1933).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La carapace offre cependant un certain nombre de détails qui permettent de l'étudier d'une facon satisfaisante.

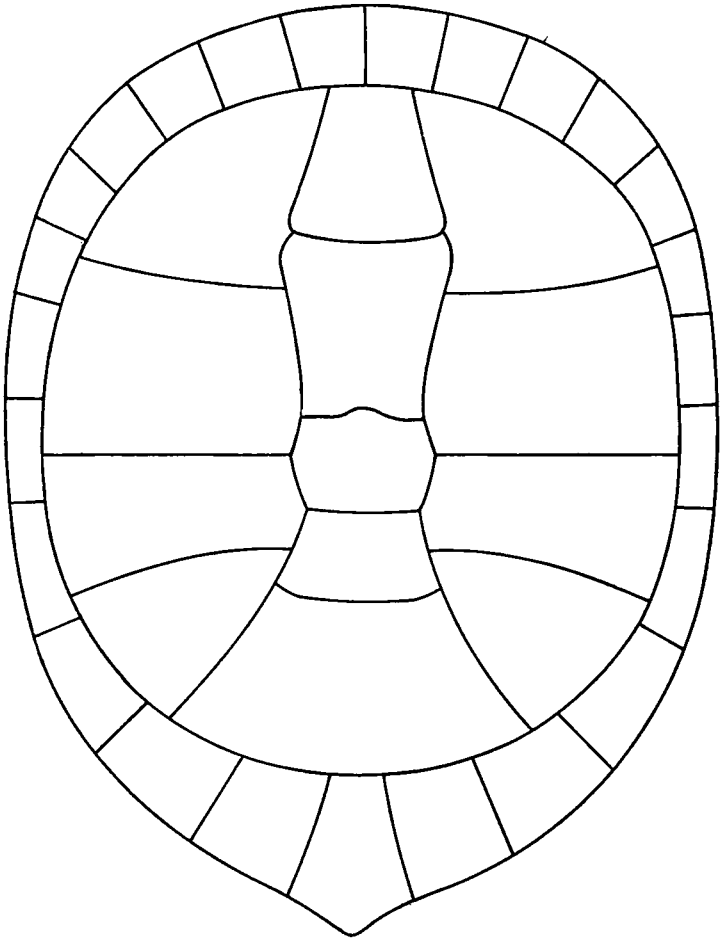


FIG. 1. — *Archaeochelys Pougeti*, nov. gen., nov. sp.
Reconstitution de la carapace.

L'allure générale de l'animal est subcordiforme et le bouclier dorsal présente une convexité très marquée. La longueur totale est de 53 cm. pour une largeur de 42 cm. à la partie médiane et une hauteur de 15 cm. Le rapport de la hauteur à la longueur qui est de l'ordre de 1/4 classe cette Tortue parmi les formes terrestres. C'est la bande marginale qui donne à l'ensemble son aspect caractéristique. Élargie et subhorizontale à l'avant où elle forme une avancée en toit de près de 5 cm. elle s'incorpore

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

très rapidement à la carapace dont elle continue la courbure générale au niveau dn 3e écusson costal. La bordure atteint son minimum de largeur au centre du pont sternal pour s'élargir ensuite considérablement à l'arrière, mais sans cesser d'appartenir au corps même du bouclier dorsal. A la partie postérieure, elle se termine en pointe avec une largeur de 6 cm. environ. L'allure générale de l'animal n'est pas sans rappeler celle du genre *Allaeochelys* qui peuplait à l'Éocène les lacs du Castrais (3) mais il faut noter qu'on a affaire ici à une forme terrestre et non paludine.

Plaques osseuses. — Étant donné le mauvais état de conservation de la pièce, les plaques osseuses sont peu visibles. Sur la partie gauche, on aperçoit nettement la suture d'une plaque costale, la 3e vraisemblablement. Sur la partie droite, on a pu dessiner une autre plaque costale à l'arrière du pont sternal : elle a une largeur moyenne de 7 cm. mais ses insertions sur la bordure marginale et la bande neurale ne sont pas visibles. Une plaque neurale est même marquée sur le sommet de la carapace : elle est fortement déviée de sa position normale, et affecte la forme habituelle d'un hexagone irrégulier avec les petits côtés latéro-antérieurs. Quelques plaques marginales de 2 cm. 5 de largeur moyenne peuvent être observées.

Écussons épidermiques a) *Écussons vertébraux.* — La bande d'écailles vertébrales impaires est encore entièrement marquée, seule la partie gauche a dû être reconstituée. Les écussons sont remarquables par leur irrégularité. Le premier est trapézoïdal et sa petite base s'appuie sur la bande marginale à la brusque rupture de pente de la carapace. Le deuxième est de très grande taille, irrégulièrement hexagonal, avec les petits côtés latéro-antérieurs et courbes. Le troisième est beaucoup plus petit et a la forme d'un hexagone régulier. Le quatrième très petit lui aussi est trapézoïdal avec sa grande base courbe à l'arrière. La cinquième de grandes dimensions a aussi la forme d'un trapèze à bases courbes.

Écussons vertébraux (Dimensions en centimètres)

	Longueur	Largeur de la base
Écusson n° 1	10,3	4,5
— 2	15,0	10,0
— 3	6,0	6,7
— 4	7,5	6,8
— 5	15,0	21,0

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

b) *Écussons costaux.* — Il a été relativement difficile de repérer sur la carapace, dont l'écaille superficielle a en grande partie disparu, les traces des sillons de séparation des écussons costaux. L'interprétation donnée ici paraît toutefois conforme à la réalité. On se rend compte que suivant la conformation normale des Chéloniens les écussons costaux s'intercalent entre les écussons vertébraux, les sillons de séparation se trouvant en contact avec le milieu des écailles impaires. De ce fait l'écusson 3 est beaucoup plus petit que les deux premiers, de même que le 4e qui a été diminué considérablement par le fait des dimensions inusitées de la dernière écaille vertébrale.

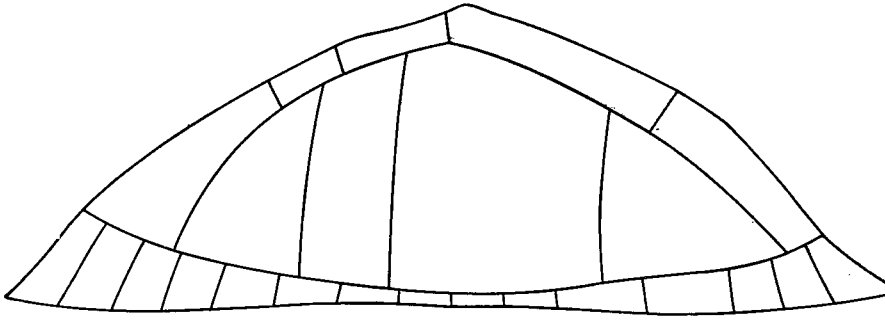


Fig. 2. — *Archaeochelys Pougeti*, nov. gen., nov. sp.
Profil de la carapace.

Écussons costaux (Dimensions en centimètres)

	Longueur	Largeur à la base
Écusson n° 1	19,0	38
— 2	26,0	14,5
— 3	23,0	9,0
— 4	20,5	8,5

c) *Bordure marginale.* — Caractérisée par son allure spéciale dont il a été question précédemment, la bordure marginale se trouve recouverte d'écussons écailleux d'une largeur moyenne de 3 cm. ; 5 sont même entièrement visibles. Il est certain qu'à l'avant n'existait pas d'écusson nuchal, caractère important pour la systématique du groupe.

II. Plastron ventral.

La fragilité de la pièce est telle qu'il a paru imprudent de chercher à dégager le plastron ventral qui est tout entier resté dans le bloc gréseux. Il faut noter cependant que sur le côté

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

gauche une portion de la roche engainante a du être arrachée au cours de l'extration du fossile. Il a été ainsi possible d'apercevoir au niveau du pont sternal subhorizontal quelques écussons infra-marginaux.

Rapports Paléontologiques

Aucune forme de Chéloniens n'ayant été signalée avant le Trias Supérieur, le fossile permien de Saint-Christophe présente un intérêt considérable.

Il s'agit tout d'abord et sans conteste d'une Tortue terrestre. La courbure générale de la carapace ne laisse aucun doute sur ce point, et à première vue on pourrait la classer dans le genre *Testudo* connu depuis l'Éocène. Quelques caractères secondaires l'en éloignent cependant. C'est ainsi que la forme des écussons vertébraux est ici très spéciale ; leur disproportion est un fait inusité dans le genre *Testudo* où ils sont à peu près semblables. La bande marginale présente aussi un aspect très particulier chez notre sujet. Alors que chez la plupart des Tortues terrestres elle ne forme jamais une bordure de direction différente de la courbure générale de la carapace, ici au contraire, elle présente à la partie antérieure comme un avant-toit horizontal en brusque rupture de pente.

Tous ces caractères et surtout l'âge permien du gisement d'origine incitent à créer pour la forme de Saint-Christophe un genre nouveau : *Archaeochelys* pour indiquer son ancienneté et une espèce nouvelle : *A. Pougeti* pour remercier M. l'abbé Pouget de la part importante qu'il a eue dans cette découverte.

Archaeochelys Pougeti nov. gen., nov. sp.

Tortue terrestre de grande taille, s'apparentant étroitement avec le genre *Testudo*, et connue seulement par sa carapace dorsale cordiforme. Pièces osseuses peu visibles. Pas d'écusson nuchal. Ecussons vertébraux remarquables par leur disproportion. Bordure marginale présentant à la partie antérieure une avancée subhorizontale.

Plastron ventral inconnu.

Gisement : Permien de l'Aveyron.

Sur l'origine du Groupe des CHELONIENS.

La présence d'*Archaeochelys Pougeti* dans un gisement permien pose la question de l'origine des Chéloniens sous un jour nouveau :

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1) Dans un travail antérieur (3), j'avais discuté l'opinion de Watson (8) qui paraissait considérer comme l'ancêtre probable des Chéloniens un petit Reptile du Permien moyen de l'Afrique du Sud : *Eunotosaurus africanus* SEELEY.

L'événement confirme ma manière de voir puisque, à l'époque où ce Reptile vivait en Gondwanie, une Tortue parfaitement caractérisée existait sur le continent nord-atlantique.

Mais *Eunotosaurus* n'en reste pas moins un fossile extrêmement intéressant. Il faut créer pour lui un ordre distinct des Eunotosauriens, dans lequel sont placés des animaux montrant les changements nécessaires pour arriver à la formation d'une carapace telle que celle des Chéloniens Thécophores. L'élargissement des plaques costales se fait chez ces derniers d'une façon très différente que chez *Eunotosaurus*, puisque chez eux la côte normale conserve son individualité et une couverture osseuse dermique lui est surimposée, ainsi qu'on peut le voir sur tous les squelettes. Mais il est malgré tout intéressant de noter une convergence de forme obtenue par des moyens différents (élargissement de la côte) dans un autre groupe. Il semble inutile de suivre l'opinion de Romer (7) qui pense qu'on est en présence d'un stade préliminaire des Tortues ; chronologiquement aussi bien que morphologiquement, il n'en est rien.

L'ancêtre réel des Chéloniens, s'il existe, doit être désormais recherché beaucoup plus loin dans le temps. Il est curieux de constater une fois de plus qu'un groupe aussi spécialisé que celui-ci possède depuis très longtemps son individualité, qui apparaît réalisée d'une manière parfaite dans les plus anciens représentants du groupe.

2) Il m'avait aussi semblé arbitraire de créer pour les Chéloniens du Keuper germanique et quelques autres formes du Crétacé la superfamille des Amphichelydés à caractères mixtes, au sein de laquelle se seraient individualisés au cours des temps les deux grands groupes des Thécophores Lepidodernes : Cryptodires et Pleurodires.

A plusieurs reprises (1,3) j'ai discuté cette opinion de Hay (6) qui me paraissait insoutenable, étant donné qu'un examen attentif des échantillons connus des Amphichelydés permet de les démembrer en deux sous-familles et les classer en Pleurodires et Cryptodires. Le seul caractère commun des espèces du Trias germanique était la présence d'écussons supplémentaires super-marginaux sur la carapace et infra-marginaux sur le plastron. Ce caractère m'avait paru insuffisant pour légitimer la création d'un groupe nouveau. Ce comportement que j'avais con-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sidéré comme ancestral ne l'est pas en réalité. *Archaeochelys Pougeti* n'offre aucune trace d'écussons supra-marginaux. La carapace est en tout semblable dans l'organisation de sa structure à celle des formes terrestres vivant actuellement et l'on peut sans hésitation la placer parmi les Cryptodires.

D'autre part, ayant eu à reviser récemment le gisement de *Platychelys Courrenti* Berg. (4) j'ai conclu que ce Pleurodire classique appartenait au Keuper des Corbières.

C'est dans l'état actuel de nos connaissances les plus anciens vestiges connus de l'apparition successive des Cryptodires et des Pleurodires.

Avant la découverte d'*Archaeochelys*, la plus ancienne tortue terrestre connue provenait de l'Éocène d'Irdin Manha (Mongolie). Mais l'étude que lui a consacrée récemment M. Gilmore (5) ne donne lieu à aucune observation de quelque intérêt, étant donné l'état fragmentaire des restes étudiés. Sensiblement de la même époque, on connaît dans le bassin bartonien du Castrais une forme de grande taille : *Testudo castrensis* Berg. (3) dont la diagnose est la suivante ; carapace très convexe dans le sens latéral, l'avant étant à peu près horizontal. Large bande marginale se retournant à l'arrière pour former une sorte de gouttière. Plastron ventral présentant une profonde concavité à sa partie médiane.

Malgré les différences notables provenant surtout de l'allure de la bande marginale à la partie arrière, on est frappé en regardant les carapaces d'*Archaeochelys Pougeti* et de *Testudo castrensis* de leur ressemblance d'ensemble. Malheureusement on manque de points de comparaison précis. C'est ainsi que chez l'animal du Castrais on ne connaît pas la forme des écussons épidermiques ; seules les plaques osseuses neurales sont très visibles ; le contraire se produit pour la Tortue de Saint-Christophe.

Il paraît donc prématuré d'établir des rapports certains entre ces deux formes. Il est bon cependant de marquer leurs caractères d'affinité, et la proximité de leurs gisements respectifs. De nouvelles recherches qui vont être effectuées dans la région permettront peut-être de répondre avec plus de précision à une question qui ne peut être aujourd'hui qu'amorcée.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BIBLIOGRAPHIE

1. Bergounioux (F. M.). Remarques sur les Chéloniens fossiles de la famille des Amphichélydés. *CR. Ac. Sc.*, t. 197, 1933, p. p. 1449-1451.
2. — Le groupe des Chéloniens pleurodires au cours des temps géologiques. *CR. Ac. Sc.*, t. 198, 1934, p. 597.
3. — Contribution à l'étude paléontologique des Chéloniens : Chéloniens fossiles du Bassin d'Aquitaine. *Mém. Soc. géol. de France.* N^lle^ Série, n° 25, Paris, 1935.
4. Bergounioux (F. M.) et Mengaud (L.). Sur le gisement à *Platychelys Courrenti* Berg. de Saint-Jean-de-Barrou (Aude) *C. R. som. Soc. Géol. France*, fasc. 16, 1937, p. p. 239-240.
5. Gilmore (Charles, W.). Fossil Turtles of Mongolia. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, New-York, vol. LIX, art. IV, 1931.
6. Hay (C. P.). The groupe of fossil Turtles known as the Amphichelydia. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, New-York., vol. XXI, 1905.
7. Romer (A. S.). Vertebrate Palaeontology. Chicago, 1933, p. 140.
8. Watson (D. M. S.). *Eunotosaurus africanus* Seeley and the ancestry of the Chelonia. *Proc. of Zool. Soc.*, t. LXIX, 1914, p. 1020.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IV

Fig. 1. — *Archaeochelys Pougeti*, nov. gen., nov. sp. carapace dorsale.

Fig. 2. — Le même : profil.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Échinides éocènes du Niger

par **Roger Lambert**[1].

Planches V et VI (fig. 1 à 8).

Genre *Linthia*.

Tous les *Linthia* provenant du Soudan et du Niger ont été rapportés à l'espèce *L. sudanensis*, créée par Bather en 1904.

En 1929, M. J. Lambert a distingué de l'espèce-type une variété pour laquelle le nombre de zygopores des pétales postérieurs, qui est normalement de 23, descend à 18 : la variété a été désignée en conséquence sous le nom de *brevipetala*.

J'ai moi-même recueilli, depuis 1932, un grand nombre de *Linthia* dans les couches calcaires de l'Éocène inférieur du Niger, et j'ai été frappé par de très fortes différences dans l'épaisseur des divers individus récoltés.

Il ne me paraissait pas possible de rapporter tous ces échantillons au seul type de l'espèce de Bather, et j'avais tout d'abord songé à créer deux variétés, sinon deux espèces nouvelles, pour les formes différant fortement de ce type par leur silhouette, trop aplatie, ou, au contraire, trop élevée.

Mais, après avoir communiqué ces formes extrêmes à M. Lambert[2], celui-ci m'a précisé que ces spécimens étaient bien des *Linthia sudanensis* typiques, plus typiques même que l'individu du Soudan qu'il avait figuré en 1929 dans sa note en collaboration avec M. V. Pérébaskine[3].

D'ailleurs, ainsi que me le fait remarquer M. J. Lambert (par lettre en date du 13 août 1937), l'épaisseur du *Linthia sudanensis* est variable, et Bather en a figuré un exemplaire (fig. 13) sensiblement moins renflé que le type des figures 6, 8 et 11 de sa planche[4]. La forme, plus ou moins renflée, est un caractère

1. Note présentée à la séance du 7 février 1938.

2. Je dois à l'obligeance de M. J. Lambert de précieuses indications sur divers Échinides dont il est question dans cette note et je tiens à lui exprimer ici mes bien vifs remerciements.

3. Note sur quelques Échinides du Soudan, *Bull. Soc. géol. de France* (4), t. XXIX, 1929, p. 476, pl. XXXVIII, fig. 12.

4. Eocene Echinoids from Sokoto, *Geological Magazine*, V, vol. I, n° 7, pl. XI.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

individuellement variable chez les *Linthia*, comme d'ailleurs chez les *Hemiaster*[1].

Linthia sudanensis Bather.

Planche VI, fig. 1 à 3.

1904. *Hemiaster sudanensis* Bather. Eocene Echinoids from Sokoto, *Geological Magazine*, V, vol. I, n° 7, p. 299, pl. XI, fig. 6 à 13.

1908. *Linthia sudanensis* J. Cottreau. Échinides du Soudan, *B.S.G.F.*, p. 553.

1929. *Linthia sudanensis* J. Lambert, *in* J. Lambert et V. Pérébaskine. Note sur quelques Échinides du Soudan, *B.S.G.F.*, p. 476.

1935. *Linthia sudanensis* R. Furon. Crétacé et Tertiaire du Sahara soudanais, *Archives du Muséum*, t. XIII, *Ext.*, p. 69, pl. VII, fig. 1.

Linthia sudanensis est l'espèce de beaucoup la plus abondante dans les assises calcaires inférieures (« *Couches à Oursins* ») de l'Adar-Doutchi.

Nombre d'individus, représentant la forme typique de l'espèce, montrent bien les deux fascioles caractéristiques. Le fasciole péripétale, complet, remonte très haut sur les flancs dans les zones interambulacraires et s'élargit sensiblement à l'extrémité des ambulacres pairs[2]. Le fasciole sous-anal se détache du premier à faible distance en arrière des pétales latéraux, au point où le péripétale décrit un angle brusque pour remonter le long du flanc postérieur de l'ambulacre (fig. 1).

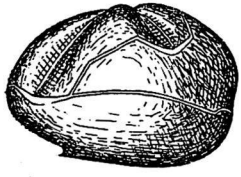


Fig. 1.

Ambulacres généralement droits, parfois légèrement subflexueux. Zones porifères égales, à pores égaux, conjugués, allongés transversalement, par paires que sépare une petite côte granuleuse.

Les pétales latéraux ont une trentaine de zygopores; les postérieurs n'en comptent que 21, 22, ou, le plus souvent, 23.

Le périprocte est ovale, non transverse ; le péristome, transverse, peu éloigné du bord antérieur, montre une lèvre sternale à bord ourlé.

Petits tubercules scrobiculés, finement crénelés, à tout petit mamelon perforé.

1. M. J. Lambert possède pour ces derniers une belle série algérienne du *H. Fourneli* qui, à son avis, et de ce point de vue, est très démonstrative.

2. La figure 13, pl. XI, donnée par Bather dans la diagnose originale de l'espèce ne reproduit pas fidèlement le tracé du fasciole péripétale : celui-ci passe juste à l'extrémité des pétales, qu'il semble ainsi limiter.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le tableau que l'on trouvera ci-dessous donne les dimensions d'un certain nombre d'exemplaires de *L. sudanensis*. Le rapprochement des chiffres donnés, et la comparaison des profils (planche VI) permettront de se rendre compte de la grande variabilité d'épaisseur présentée par cette espèce.

Il convient de remarquer que les ambulacres des formes aplaties sont sensiblement plus déprimés et que les formes élevées, subconiques, présentent une face supérieure fortement déclive en avant ; leurs pétales latéraux, sur l'échantillon vu de profil, sont en outre, et nécessairement, plus verticaux.

Tableau de comparaison
donnant les dimensions, en mm., d'un certain nombre de spécimens de *Linthia sudanensis* provenant de la Colonie du Niger.

Provenance des Échantillons	Forme normale			Forme renflée			Forme déprimée		
	Long.	Larg.	Haut.	Long.	Larg.	Haut.	Long.	Larg.	Haut.
Bather, pl. XI, fig. 11..	30	26,5	21,5						
Agoulou-n'Toudou.....	34	30,8	23,4						
Amander.....				33	30,6	26,5			
Oulet Aréris.....	28,5	26,4	21,2						
Agoulou-n'Toudou.....	29,8	28,8	21,1						
id.				29,8	27,8	23,5			
id.	28,7	26,9	20,5						
Garadoumé.....							28,4	26,3	18,2
id.							26.8	24,5	17,9
Agoulou-n'Toudou.....				25,7	24,3	20,5			
Mantass + ...	24,6	21,4	17,3						
Oulet Aréris + ...				25	23,8	19,5			
Mantass + ...							24,5	2,22	15,8

Nota. Les échantillons marqués d'une + appartiennent à la variété *brevipetala*.

Niveau : Éocène inférieur.

Gisements : Tamaské, Garadoumé, Doguéraoua, Arzarori, Dindi, Laba, Gounfara (vallée de la Majia), Agoulou-n'Toudou, Tabafat, Djiguina, Mont Tégolala, Mont Kaou, dans l'Adar-Doutchi ; Amander, Mantass, Oulet Aréris [1].

1. Les collections H. Hubert du Service des Mines de l'A. O. F. contiennent 2 individus de *L. sudanensis*, dont un atteignant 43 mm. de longueur, figurant comme récoltés à Agadem, à mi-chemin entre N'Guigmi et Bilma. Mais cette provenance ne peut être donnée que sous réserves, en raison des erreurs d'étiquettes possibles que les manipulations de ces collections ont pu entraîner.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Linthia sudanensis BATHER, var. ***brevipetala*** J. LAMBERT.

Planche VI, fig. 4-5.

1929. *Linthia sudanensis* BATHER var. *brevipetala* J. LAMBERT, *in* J. LAMBERT et V. PÉRÉBASKINE. Note sur quelques Échinides du Soudan, *B.S.G.F.*, p. 476, pl. XXXVIII, fig. 12.

1935. *Linthia sudanensis* BATHER var. *brevipetala*. R. FURON. Crétacé et Tertiaire du Sahara soudanais, *Archives du Muséum*, t. XIII, *Ext.*, p. 70.

Variété créée pour un échantillon de l'Oued Tarinkat (Adrar Tiguirirt, Soudan) différant du type de l'espèce par ses pétales postérieurs plus courts, ne présentant que 18 zygopores.

Niveau : Éocène inférieur.

Gisements : Agoulou-n'Toudou, Djiguina, Amander, Mantass, Oulet Aréris.

Plesiolampas Saharae BATHER.

Pl. V, fig. 3, 5 et 6.

Pl. VI, fig. 7 et 8.

1904. *Plesiolampas Saharae* BATHER. Eocene Echinoids from Sokoto, *Geological Magazine*, V, vol. I, n° 7, p. 293, fig. 1 à 4, pl. XI, fig. 1 à 5.

Plesiolamoas Saharae est une espèce caractéristique des « *Couches* à *Oursins* » du Niger, dans lesquelles il accompagne *Linthia sudanensis*. Le type de l'espèce provient précisément de Garadoumé, dans l'Adar-Doutchi.

Les échantillons dont disposait Bather, en médiocre état de conservation, n'ont pas permis une diagnose suffisamment précise et complète lors de la création de l'espèce ; aussi les auteurs ont-ils pu interpréter différemment la description et les dessins originaux. Comme l'a déjà remarqué R. Furon, c'est certainement cette raison qui a déterminé la création du *Plesiolampas Paquieri*, par M. J. Lambert, en 1906.

En 1908, M. J. Cottreau [1], étudiant divers échinides du Soudan, rapporte 5 individus bien conservés à l'espèce de Bather, mais en modifiant, semble-t-il, la diagnose originale en ce qui concerne le péristome. En effet, Bather a indiqué pour celui-ci une disposition transverse, « *transversely elongate, narrow antero-posteriorly* », en précisant que bien que le péristome de son spécimen A ne soit pas entièrement visible, il était cependant suffisamment dégagé pour permettre d'observer sa forme, allongée transversalement.

1. Échinides du Soudan, *B. S. G. F.*, p. 551.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Mais M. Cottreau, en présence d'échantillons tout à fait identiques à la forme décrite et figurée par Bather, mais à péristome pentagonal, a conclu qu'il s'agissait cependant bien de véritables *Plesiolampas Saharae*, et que le péristome de ces derniers, « *not fully exposed* » sur l'échantillon de Bather, était « *très nettement pentagonal* » (*loc. cit.*, p. 552), et non allongé transversalement en forme de fente.

A la vérité, il faut revenir à la description de Bather, car le péristome du *P. Saharae* est *transverse*, *non pentagonal*, sans toutefois être en forme de fente (v. pl. V, fig. 6).

Les échantillons à péristome pentagonal, beaucoup plus nombreux, doivent être distingués de l'espèce-type du *P. Saharae* (V. *infra*).

P. Saharae peut présenter deux formes bien distinctes : l'une à face supérieure bombée, correspondant à la diagnose et aux profils donnés par Bather; l'autre, à face supérieure aplatie. Quelques individus peuvent en outre être subconiques. L'apex est plus ou moins excentrique en avant. La face orale est plus ou moins déprimée au niveau du péristome. La forme générale est arrondie, ovale ou subpentagonale ; la taille n'est pas davantage un caractère distinctif ; le diamètre de plusieurs de mes échantillons est très voisin de 60 mm. ; l'un d'eux, malheureusement comprimé latéralement et un peu cassé, atteint 100 mm. de longueur.

La forme des pétales est essentiellement et individuellement variable : tel spécimen montre des pétales assez courts, larges, peu ouverts, à zones porifères arquées ; tel autre a ses pétales longs, larges, bien ouverts ; chez tel autre enfin, les pétales sont longs, étroits et ouverts.

Ces conclusions sont d'ailleurs celles auxquelles M. J. Lambert s'est récemment arrêté. L'envoi que je lui ai fait de *Plesiolampas* du Niger l'a conduit à reprendre l'examen de ces formes, et sa conclusion, pour les échantillons de l'A. O. F., comme pour ceux des Pyrénées, est « *qu'il n'est pas possible d'attacher à la forme générale, plus ou moins renflée, à l'excentricité de l'apex et même au développement des pétales plus ou moins longs, plus ou moins larges, plus ou moins ouverts, une valeur spécifique. Ce sont là des caractères variant individuellement* ». (lettre citée).

Dans ces conditions, il faut considérer la description de Bather comme exacte, et accorder à son *Plesiolampas Saharae* un péristome ovale, transverse, non pentagonal ; mais une forme générale variable, un apex plus ou moins excentrique, et des pétales essentiellement et individuellement variables.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le périprocte est infra-marginal, subcirculaire, ou, le plus souvent, ovale, assez large, allongé longitudinalement.

Au delà des pétales, les aires ambulacraires, qui s'élargissent au niveau de l'ambitus, puis se rétrécissent en se rapprochant du péristome, continuent à présenter régulièrement un seul pore arrondi, sur chaque plaquette de la zone (Cf. Bather, *loc. cit.*, pl. XI, fig. 5). Je n'ai pas observé de pores contigus, par paires espacées, disposition que M. J. Lambert a signalée chez son *P. Paquieri.*

Tubercules très petits, crénelés, perforés, mais à mamelon caduc très généralement disparu.

Un échantillon provenant de Maïouatane montre, sur une partie de sa face inférieure, des radioles adhérents au test. Ces radioles sont filiformes, très finement granuleux, assez courts, mais brisés, et présentent à leur base un renflement en tête d'épingle bien marqué (pl. VI, fig. 7 et 8).

Niveau : Éocène inférieur.

Gisements : Mont Kaou, Maïouatane, Doguéraoua.

Plesiolampas Saharae Bather, var. ***Paquieri*** R. Furon.

Pl. V, fig. 1, 2, 4.

1906, *Plesiolampas Paquieri* J. Lambert. Sur un Plesiolampas de l'Afrique Centrale, communiqué par M. Paquier, *B.S.G.F.*, p. 693, pl. XXIII, fig. 1 à 4.

1908. *Plesiolampas Paquieri* J. Lambert, J. Cottreau. Échinides du Soudan, *B.S.G.F.*, p. 552, pl. XII, fig. 7 et 8.

1908. *Plesiolampas Saharae* J. Cottreau, id., pl. XII, fig. 1 à 6.

1929. *Plesiolampas Paquieri* J. Lambert, *in* J. Lambert et V. Pérébaskine. Note sur quelques Échinides du Soudan, *B.S.G.F.*, p. 474, pl. XXXVIII, fig. 8 à 11.

1935. *Plesiolampas Saharae*, var. *Paquieri* R. Furon. Crétacé et Tertiaire du Sahara soudanais, *Archives du Muséum*, t. XIII, *Ext.*, p. 71.

1935. *Plesiolampas Saharae* R. Furon, id., p. 70, pl. VII, fig. 2.

1936. *Plesiolampas Paquieri* J. Lambert, *in* Lambert et F. Jacquet. Les Échinides fossiles du Sénégal, *B.S.G.F.*, p. 353, pl. XXI, fig. 10 et 11.

L'espèce *P. Paquieri* a été créée, en 1906, par M. J. Lambert, pour un échantillon de Guidam Bado (Adar-Doutchi), qui lui avait été communiqué par le professeur Paquier.

Cette espèce différait du *P. Saharae* par les caractères suivants : taille plus grande, face inférieure moins déprimée vers le péristome, périprocte moins marginal, pétales proportionnellement plus courts, plus étroits, plus ouverts ; apex plus excentrique en avant.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Mais en 1929, M. J. Lambert, remarquant la grande variabilité de l'espèce qu'il avait créée, retranchait de ces différences celles tirées de la forme générale et de la taille relative, individuellement variables ; de la position et de la forme du périprocte, semblable dans les deux espèces, pour ne conserver que les caractères relatifs à la dépression du péristome, à la position de l'apex, à la forme et à la longueur des pétales.

Il faisait remarquer que, si les figures données par Bather étaient exactes, il n'était pas possible de réunir son *P. Paquieri* au *P. Saharae*.

En 1935, M. R. Furon réunit les deux espèces et ne conserve le *P. Paquieri* qu'à titre de variété du *P. Saharae*, variété représentée par l'échantillon de forme *subpentagonale* figuré par Cottreau en 1908.

En 1936, M. J. Lambert reprend à nouveau la question du *P. Paquieri*, et constate que M. J. Cottreau n'avait pas compris comme lui le *P. Saharae* de Bather. « *Si l'on admet cette interprétation* (celle de Cottreau : face orale plane, pétales relativement étroits, longs et ouverts), dit-il, *il ne me paraît pas possible de distinguer les deux espèces.* » Cependant, M. J. Lambert conserve encore les deux espèces, après avoir limité le *P. Saharae* à la forme décrite et figurée par Bather, « *à face inférieure rétrécie et péristome dans une dépression de la face orale, ambulacres légèrement saillants, assez larges, ouverts, s'étendant presque jusqu'au bord.* »

Mais j'ai indiqué plus haut pour le *P. Saharae*, en accord avec M. J. Lambert, que tous les caractères tirés de ces différences variaient individuellement dans une large mesure, et n'avaient par suite aucune valeur spécifique[1]. Il n'est donc plus possible de séparer le *P. Paquieri* Lambert du *P. Saharae* Bather.

Toutefois, le *P. Paquieri* diffère théoriquement du *P. Saharae* par la forme de son péristome, qui est subpentagonal.

Ce caractère est cependant lui-même variable, et tous les individus n'ont pas leur péristome aussi nettement pentagonal que celui de la fig. 11, planche XXI, de la note de M. Lambert[2]. Le péristome, bien que pentagonal, s'élargit chez nombre d'individus, notamment sur ceux des fig. 4 et 7 de la planche XII de M. Cottreau [3].

1. Je considère également comme formes extrêmes du *P. Saharae* non seulement les individus subconiques à contour pentagonal mais encore un échantillon globuleux, à bords renflés, épais, très largement arrondis, à face supérieure franchement subhémisphérique, à ambulacres pétaloïdes assez étroits, courts, représenté par les fig. 5 et 5 a de ma planche V.

2. J. Lambert, *in* Lambert et F. Jacquet, *B.S.G.F.*, 1936.

3. J. Cottreau, *B.S.G.F.*, 1908.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le *Plesiolampas Paquieri* de M. J. Lambert est donc à rattacher au *P. Saharae*, comme variété à péristome moins transverse, subpentagonal, sans qu'il y ait lieu de tenir compte d'aucun autre caractère différentiel.

Floscelle parfois rudimentaire, mais parfois aussi bien marquée, avec bourrelets buccaux assez forts ; pétales à pores externes allongés, au nombre de 12 à 15, au maximum, et à pores internes arrondis, plus gros, mais moins nombreux (de 4 à 6).

Un spécimen de cette variété, appartenant à la forme bombée, et provenant de Mantass, possède une ornementation fort curieuse : les plaques des zones interambulacraires présentent, dans la région de l'ambitus et jusqu'à mi-hauteur environ sur les flancs, des portions de leur surface entièrement dépourvues de tubercules. Ces zones granuleuses affectent en gros, l'aspect d'un triangle dont la base est appuyée sur la zone ambulacraire. Ces triangles sont limités par des tubercules disposés en rangées subrectilignes. Quelques tubercules, sensiblement plus petits, peuvent parfois persister dans la zone granuleuse, près des aires ambulacraires. Une ornementation analogue, formée de triangles plus petits, s'observe également le long de la ligne médiane des interambulacres, soulignée par une fine zone lisse. La base des triangles dépourvus de tubercules repose alors sur la ligne de suture (Pl. V, fig. 2).

Tableau donnant les dimensions, en mm., de divers spécimens de *Plesiolampas Saharae* du Niger.

Provenance des Echantillons	Variété bombée			Variété déprimée		
	Long.	Larg.	Haut.	Long.	Larg.	Haut.
Bather, fig. 1 et 2.....	53	45	26			
Tillia + ...	63	56,8	33,6			
Mont Ammomad + ...				56,8	51,8	24
Mantass + ...	53,7	51,8	28			
id. + ...				49	44	22,2
Maïouatane.....	43	39,3	24			
Tillia + ...				39,5	36,6	17,8
id. (péristome non visible)	38,5	36	24,3			
Mont Kaou	37	31	20			
Tabafat + ...				32	29	14,5
Garadoumé (pér. non visible)	24	21,7	14			

Nota. Les échantillons marqués d'une + appartiennent à la variété *Paquieri*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Je ne me crois pas fondé à créer pour ce seul échantillon une variété semi-glabre.

Niveau : Éocène Inférieur.

Gisements : Garadoumé, Tamaské, Agoulou-n'Toudou, Tabafat, Arzarori, Gounfara, Doguéaroua (Carrière d'Ouakaye), Amander, Mont Adafour, Tillia, Mont Ammomad, Mantass.

Leiocidaris Cottreaui J. Lambert.

Pl. VI, fig. 6.

1903. *Rhabdocidaris* (*Leiocidaris*) sp. A. de Lapparent. Sur les traces de la mer lutécienne au Soudan, *C.R. Acad. Sc.*, t. 136, p. 1118.

1908. *Rhabdocidaris phyllacantus* sp. J. Cottreau. Échinides du Soudan, *B.S.G.F.*, p. 553.

1929. *Leiocidaris Cottreaui*. J. Lambert *in* J. Lambert, et V. Pérébaskine. Note sur quelques Échinides du Soudan. *B.S.G.F.*, p. 474, pl. XXXVIII. fig. 6-7.

1935. *Leiocidaris Cottreaui* R. Furon. Crétacé et Tertiaire du Sahara soudanais, *Archives du Muséum*, t. XIII, *Ext.*, p. 70.

Je rapporte à cette espèce déjà signalée dans l'Éocène inférieur du Soudan une série de radioles et un tubercule scrobiculé assez gros, bien mamelonné, perforé, à col lisse. Le scrobicule est circulaire, et les granules scrobiculaires, petits, peu contrastants, forment un cercle complet. Des granules fins, sériés, occupent la zone miliaire ; des granules semblables, mais non sériés, s'observent sur la zone adambulacraire. Le scrobicule occupe toute la largeur de la plaquette, en sorte que les scrobicules n'étaient séparés sur le test que par le cercle des granules scrobiculaires.

Radioles assez gros et longs, munis d'épines nombreuses, serrées, à pointe dirigée obliquement vers leur extrémité.

Niveau : Éocène inférieur.

Gisement : au Nord-Est de Garadoumé.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DES PLANCHES V et VI (fig. 1 à 8).

Planche V.

Fig. 1. — *Plesiolampas Saharae* Bather, var. *Paquieri* R. Furon, vu en dessus, de l'Éocène inférieur du Mont Adafour. (Forme à pétales courts, larges, peu ouverts).
Fig. 2. — *P. Saharae* Bather, var. *Paquieri* R. Furon, vu en dessus, de l'Éocène inférieur de Mantass. (Échantillon semi-glabre, forme bombée.)
Fig. 2 *a*. — Le même, vu en arrière.
Fig. 3. — *P. Saharae* Bather, vu en dessus, de l'Éocène inférieur d'Agoulou-n'Toudou. (Forme à pétales longs, larges et ouverts.)
Fig. 4. — *P. Saharae* Bather var *Paquieri* R. Furon, vu en dessus, de l'Éocène inférieur de Tillia. (Forme déprimée.)
Fig. 4 *a*. — Le même, vu en avant.
Fig. 5. — *P. Saharae* Bather (péristome non visible), vu en dessus, de l'Éocène inférieur de Tillia. (Forme globuleuse.)
Fig. 5 *a*. — Le même, vu en avant.
Fig. 6. — *Plesiolampas Saharae* Bather, typique, vu en dessous, et montrant le péristome ovale, transverse. De l'Éocène inférieur du Mont Kaou.

Planche VI, fig. 1 à 8.

Fig. 1. — *Linthia sudanensis* Bather, vu de profil, de l'Éocène inférieur d'Amander. (Forme renflée.)
Fig. 1 *a*. — Le même, vu en avant.
Fig. 2. — *L. sudanensis* Bather, vu de profil, de l'Éocène inférieur d'Oulet Aréris. (Forme normale.)
Fig. 2 a. — Le même, vu en avant.
Fig. 3. — *L. sudanensis* Bather, vu de profil, de l'Éocène inférieur de Garadoumé. (Forme déprimée.)
Fig. 3 *a*. — Le même, vu en avant.
Fig. 4. — *L. sudanensis* Bather, var. *brevipetala* J. Lambert, vu en dessus, de l'Éocène inférieur de Mantass. (Forme normale).
Fig. 4 *a*. — Le même, vu en avant.
Fig. 5. — *L. sudanensis* Bather, var. *brevipetala* J. Lambert, vu en avant, de l'Éocène inférieur de Mantass. (Forme déprimée.)
Fig. 6. — Tubercule et radioles de *Cidaris* (*Leiocidaris Cottreaui* ? J. Lambert), de l'Éocène inférieur de Garadoumé.
Fig. 7 et 8. — Portions grossies de la surface du test d'un *Plesiolampas Saharae* de Maïouatane, montrant des radioles adhérents (× 3).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

UNE NOUVELLE VARIÉTÉ DE L'*HETERODIADEMA LIBYCUM* DESOR, DU CÉNOMANIEN SUPÉRIEUR DE TAMAÏA (NIGER).

PAR **Roger Lambert** [1].

PLANCHE VI (fig. 9).

J'ai recueilli en 1934, dans le Nord-Ouest de la Colonie du Niger, vers la base de la petite falaise qui forme la berge du Kori In Tekzel sur sa rive droite, divers fossiles cénomaniens parmi lesquels un oursin, que j'avais cru pouvoir ranger dans le genre *Pygaster*, en prenant à tort pour cadre du péristome celui de l'appareil apical, mais dans lequel M. J. Lambert [2] a reconnu une variété nouvelle de l'*Heterodiadema libycum* DESOR.

Voici tout d'abord, de haut en bas, la coupe, relevée rapidement, de la berge du Kori In Tekzel :

11. Calcaires et grès calcaires.
10. Puissante formation marneuse.
9. Grès calcaires, passant dans le bas à des
8. Grès sableux tendres et friables.
7. Marnes grises.
6. Marnes rouges.
5. Marnes gris-verdâtres, gypsifères.
4. Grès sableux tendres.
3. Calcaires gréseux fossilifères : *Exogyra ollisiponensis* SHARPE, *Ex. columba* LMK., *Plicatula* cf. *auressencis* COQUAND, *Natica* sp., et *Heterodiadema libycum* DESOR., *nov. var.*
2. Argiles sableuses.
1. Argiles grises, à la base.

Heterodiadema libycum DESOR, var. ***nigeriense*** *nov. var.*

PLANCHE VI (fig. 9).

Test mince, à contour circulaire. Face supérieure convexe, médiocrement bombée ; face orale faiblement déprimée. Le seul

1. Note présentée à la séance du 21 février 1938.
2. J'exprime ici à M. J. Lambert mes vifs remerciements pour cette détermination.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

échantillon recueilli est légèrement dissymétrique, la moitié droite étant sensiblement moins développée que la moitié gauche.

Dimensions : longueur : 27,5 mm., largeur : 28 mm., hauteur : 14,7 millimètres.

Apex bien développé, avec saillie des génitales 1, 2, 3 et 4. Grand périprocte ovale, large, non transverse, occupant à peu près les 2/3 de l'intervalle qui sépare le centre du test du bord postérieur.

Péristome central, mais enrobé dans la gangue calcaire.

Ambulacres faiblement saillants, formés de majeures à trois éléments, semblables à celles des *Pseudodiadema* ; à zones porifères égales ; à peu près aussi larges que la moitié des aires interambulacraires ; l'ambulacre impair et les ambulacres latéraux sont droits ; les postérieurs, subflexueux, vont se rétrécissant plus rapidement vers l'apex, par suite de la position excentrique de l'appareil apical. Pores simples, arrondis, régulièrement superposés du péristome à l'apex.

L'axe méridien des ambulacres est souligné sur la face supérieure par une étroite zone déprimée, d'apparence lisse ; ce caractère est plus marqué dans les zones interambulacraires. Celles-ci portent deux rangées de tubercules principaux, au nombre de 18 environ, atteignant leur grosseur maximum à l'ambitus, et décroissant progressivement vers l'apex. Les ambulacres portent également deux rangées de tubercules, rapprochés des zones porifères ; mais au niveau de l'ambitus, ces tubercules voient leur taille s'atrophier brusquement, et, sur la face supérieure, ils sont plus petits et plus nombreux que dans les interambulacres.

Au niveau de l'appareil apical, l'espace compris entre les deux rangées de tubercules de l'interambulacre postérieur se dilate, et de part et d'autre du système apical on observe 4 ou 5 tubercules marginaux très rapprochés.

Tubercules scrobiculés, crénelés, à mamelon perforé, les tubercules principaux étant bien contrastants.

Cet *Heterodiadema* se rattache surtout à la variété *batnense* de l'*H. libycum* Desor [1] ; mais en raison de la largeur proportionnellement plus grande de l'échancrure postérieure, de ses tubercules interambulacraires un peu plus uniformes, il convient de distinguer cette forme comme une variété particulière

1. J. Lambert. Échinides fossiles du Maroc, *Notes et Mémoires du Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*, Mém. n° 27, 1933, p. 63.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de l'*H. libycum*, que je propose de nommer *H. libycum* DESOR, var. *nigeriense*.

Niveau : Cénomanien supérieur [1].

Gisement : Rive droite du Kori In Tekzel, à l'Ouest de Tamaïa.

1. Les diverses variétés connues de l'*H. libycum* sont également partout (Égypte, Tunisie, Provence, Algérie, Maroc) caractéristiques du Cénomanien supérieur.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI, FIG. 9

FIG. 9. — *Heterodiadema libycum* DESOR, var. *nigeriense* R. LAMBERT, vu en dessus, du Cénomanien supérieur de la région de Tamaïa.

FIG. 9*a*. — Le même, vu en arrière.

FIG. 9*b*. — Le même, vu de 3/4 arrière gauche.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur quelques Foraminifères nouveaux ou peu connus du Crétacé du Bassin de Paris

par **Pierre Marie** [1].

Planches VII et VIII.

L'étude des Foraminifères crétacés du Bassin de Paris m'a permis de distinguer un certain nombre de genres et d'espèces ayant une valeur stratigraphique indéniable.

Genre *Flourensina* nov. g.

Trimosina Cushman in P. Marie. *CR. Ac. Sc.*, t. 203, 1936, p. 97.
Type générique *Flourensina Douvillei* nov. sp.

Test libre, épineux, entièrement trisérial, formé de loges munies d'une forte épine, disposées les unes au-dessus des autres sur un axe droit et décalées chacune dans le même sens et l'une par rapport à l'autre, d'un angle voisin de 120°. Intérieur simple, non labyrinthique. Ouverture en forme de spatule située dans une dépression de la surface supérieure de la dernière loge et communiquant avec la suture du côté opposé à l'épine. Paroi rugueuse arénacée, formée de sable siliceux réuni par un peu de ciment.

Ce genre, trisérial par la position des loges décalées dans le même sens les unes par rapport aux autres d'un angle voisin de 120°, est unisérial par leur superposition le long d'un axe droit, et présente également un groupement spiralé dû à leur rotation autour du même axe.

Il peut être rapproché par sa forme des *Trimosina* Cushman 1927, mais il s'en distingue par la composition de son test arénacé. Il semblerait plus normal de le rattacher soit aux *Verneuilinidae* dont le jeune au moins est trisérial, soit plutôt aux *Valvulinidae*, qui présentent un groupement de loges le long d'une spire conique et une ouverture semblable.

Ces organismes ne paraissent pas avoir été adaptés à un mode de déplacement particulier, mais semblent plutôt avoir mené une vie sédentaire à même le fond ou accrochés au thalle des algues.

Je dédie ce genre, le premier que je crois devoir créer, à mon

1. Note présentée à la séance du 7 février 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

aïeul Pierre Flourens, ancien directeur du Muséum National d'Histoire Naturelle, membre de l'Académie Française et Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Les espèces qui suivent, proviennent des départements de l'Yonne, l'Aube et la Haute-Marne, où elles caractérisent les « Marnes infracrayeuses » de Leymerie, horizon supérieur riche en ostracées des Marnes dites de Brienne (= Vraconnien supérieur).

Flourensina Douvillei nov. sp.

Pl. VII, fig. 1 *a-e*.

Test épineux, entièrement trisérial à partie médiane élancée, formée de loges croissant en hauteur mais peu en largeur et munies d'une large épine régulièrement conique, égale sensiblement au diamètre de la loge. L'inclinaison des épines sur l'axe du test varie des loges jeunes aux adultes, presque nulle pour celle du proloculum qui est longitunale, elle devient progressivement perpendiculaire à l'axe dans les dernières loges. Sutures peu distinctes. Paroi finement rugueuse, formée de grains de sable siliceux de même grosseur, paraissant usés. Ouverture en forme de spatule.

Hauteur (H) = 1 mm., diamètre de la dernière loge (2R) = 0,36 mm., diamètre de la dernière loge avec son épine (l) = 0,7 mm., Rapport entre la diamètre de la dernière loge et la hauteur $\frac{2\,R}{H} = 0{,}36$.

Holotype (Coll. pers. n° 5000), Saint-Phal (Aube), prélèvement n° 56. Cette espèce se rencontre également à Saint-Florentin (Yonne), où elle est associée aux espèces suivantes dans les marnes infracrayeuses à *Ostrea vesiculosa* et *Ostrea carinata*.

Cette espèce est dédiée à mon très regretté maître et ami H. Douvillé.

Flourensina Lemoinei nov. sp.

Pl. VII, fig. 2 *a-e*.

Espèce voisine de la précédente, mais à loges plus croissantes en largeur, munies d'épines plus courtes, sensiblement égales au rayon de la loge et peu régulières ; sutures légèrement déprimées, parois légèrement rugueuses.

H. = 1 mm. ; 2R = 0,61 mm. ; l. = 0,85 mm. ; $\frac{2\,R}{H} = 0{,}60$.

Holotype (Coll. pers. n° 5001), Saint-Florentin (Yonne), prélèvement n° 91 ; au niveau du captage, route de Venisy. Argile

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

infracrayeuse à Ostracées. Se rencontre également à Saint-Phal (Aube).

Flourensina Jacobi n. sp.

Pl. VII, fig. 3 *a-c*.

Test trapu, loges bombées, très croissantes, à épines courtes et plus irrégulières, pouvant être comprimées à leur extrémité et s'y digiter légèrement. Sutures distinctes déprimées, parois finement rugueuses semblables à celles des *Flourensina Lemoinei*.

H. = 0,8 mm., 2R = 0,6 mm., l. = 0,8 mm., $\frac{2R}{H} = 0,8$.

Holotype (Coll. pers. n° 5002), Saint-Florentin (prélèvement n° 91, au niveau du captage de la route descendant sur Vénizy). Plus commune à Saint-Florentin qu'à Saint-Phal où elle est remplacée par l'espèce suivante :

Flourensina Cayeuxi n. sp.

Pl. VII, fig. 4 *a-c*.

Test trapu, loges croissantes très bombées, épines larges et courtes, sutures très profondes, parois très rugueuses, finement et irrégulièrement épineuses, formées de grains de sable pointus.

H. = 0,92 mm., 2R = 0,54 mm., l. = 0,7 mm., $\frac{2R}{H} =$ 0,58.

Holotype (Coll. pers. n° 5003), Saint-Phal (prélèvement n° 56, à la descente de la route de Chaource, dans les fossés du tournant à 150 m. avant le pont du chemin de fer), coexiste avec *Flourensina Douvillei* et *Flourensina Jacobi* (rares).

Genre *Citharina* d'Orbigny 1839.

1839. *Citharina* d'Orb. Foram. de l'Ile de Cuba in R. de la Sagra, p. xxxvii-xxxviii.

1843. *Citharina* d'Orb. Dic. univ. Hist. Nat., t. 3, p. 723. Modèle 113, livr. 5.

1845. *Citharina* d'Orb. in Reuss. Die Verstein. d. Böhmischen Kreide pt. II, p. 106.

1936. *Citharina* d'Orb. in P. Marie. *CR. Ac. Sc.*, t. 203, p. 97.

Planularia, Cornuel ; *Vaginulina* Roemer, Koch, Reuss, Chapman, Cushman ; *Frondicularia*, Beissel.

Type générique, *Vaginulina striatula* Roemer.

Test très comprimé latéralement, de forme généralement triangulaire à bord dorsal droit ou faiblement convexe et bord ventral nettement plus convexe, formé de nombreuses chambres longues et étroites

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

unisériales et jamais spiralées qui reviennent nettement en arrière d'un seul côté de l'axe du test. Loge initiale ovoïde, munie d'une épine à sa base. Sutures nettes pouvant être plus ou moins obscurcies par l'ornementation constituée de rides ou de stries longitudinales. Paroi calcaire finement perforée. Ouverture terminale rayonnée à l'angle dorsal supérieur.

Ce genre qui, par son ouverture, appartient aux *Lagenidae*, se rapproche par sa forme générale des *Vaginulina* et des *Planularia*, mais s'en distingue nettement par le groupement des loges jeunes qui n'est pas spiralé mais rectiligne (caractère utilisé pour la séparation des *Nodosaria* et des *Dentalina*, d'avec les *Marginulina*). Il se distingue de plus du premier par des loges beaucoup plus inclinées, plus étroites, plus allongées et non carénées sur leur pourtour, ainsi que par une compression latérale plus fortement accentuée ; du second, par un côté dorsal droit et une ouverture simple rayonnée, sans fente médiane.

Le type générique n'a pas été figuré et n'a pu être retrouvé dans les collections de d'Orbigny, conservées au Muséum d'Histoire Naturelle, mais l'examen des sables réunis par lui-même m'a permis d'y découvrir quelques-unes des espèces qui l'ont amené à établir ce genre. Les plus caractéristiques étaient renfermées dans un sable provenant du lavage d'une marne appartenant à l'horizon du « grès vert inférieur » de l'Aube et étiqueté Larivour.

La répartition de ce genre n'a guère changé depuis d'Orbigny, qui l'indiquait du Jurassique au Crétacé inférieur compris. En fait, dans le Bassin de Paris, il acquiert son plus grand développement à l'Albien et semble s'éteindre à la base du Cénomanien. Cependant quelques espèces réapparaissent dans la Craie à Bélemnitelles, que Beissel rattache soit à *Frondicularia strigillata* Reuss [(1), pl. VIII, fig. 39], soit à *Fr. inversa* Reuss [(1), pl. XVI, fig. 23, 27] et que j'ai moi-même retrouvées à Meudon.

Parmi les principaux représentants de ce genre, on peut encore citer :

Planularia reticulata Cornuel, [(4), pl. II, fig. 1-4].
— *longua* Cornuel, [(4), pl. I, fig. 38-39].
Vaginulina discors Koch, [(6), pl. XXIV, fig. 1-2]. — (7 *b*), pl. III, fig. 10-12. — (3), pt. VI, pl. VIII, fig. 13.]
— *Dunkeri* Koch, [(6), pl. XXIV, fig. 3-4].
— *acuminata* Reuss, [(7 *b*), pl. IV, fig. 1].
— *harpa* Roemer *in* Reuss, [(7 *b*), pl. IV, fig. 5-7].
— *incrassata* Reuss, [(7 *b*), pl. IV, fig. 9].

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Vaginulina intumescens Reuss, [(7 *b*) pl. IV, fig. 2. — (5), vol. 6, pl. I, fig. 11-16].
— *orthonota* Reuss, [(7 *b*), pl. IV, fig. 3].
— *paucicostata* Reuss, [(7 *b*), pl. IV, fig. 8].
— *sparcicostata* Reuss, [(7 *b*), pl. IV, fig. 4. — (3), pt. 6, pl. VIII, fig. 12].
— *striatula* Roemer, [(8), pl. VII B, fig. 1].
— *strigillata* Reuss, [(5), vol. 6, pl. I, fig. 33-35].
— *webbervillensis* Carsey, [(5), vol. 6, pl. I, fig. 40].
etc.

Citharina Laffittei nov. sp.

Pl. VIII, fig. 7 *a-b*.

Coquille comprimée, à côtés dorsal et ventral convexes ; loge initiale ovoïde, loges sériales bombées, séparées par des sutures déprimées. La base du test, constituée par la ligne reliant les extrémités inférieures des loges, a tendance à former, à hauteur du sommet du proloculum, une ligne perpendiculaire au côté dorsal ; flancs plats et parallèles, très ornés par de nombreuses petites stries longitudinales, recourbées à leur sommet, n'affectant que le dessus des loges et venant se perdre dans leur suture supérieure. Ces stries présentent une tendance nette à se relayer les unes les autres à la partie inférieure du test, tandis qu'elles restent indépendantes entre elles, à la surface des loges adultes.

Nombre de loges (N) : 20 pour longueur (L)= 3 mm., largeur (l.) = 1,3 mm., épaisseur (ép.) = 0, 21 mm.

Holotype (Coll. pers. n° 5010), Montieramey (Aube), marne argileuse noire à la base des marnes sablo-glauconieuse, sommet de l'Albien inférieur. Carrière abandonnée au N de la R. Nle de Paris a Mulhouse.

Cette espèce se distingue de *Citharina* (*Vaginulina*) *sparcicostata* Rss, par une ornementation plus généralisée, formant sur les premières loges des stries longitudinales, parallèles au côté dorsal et de *Vaginulina cristellarioides* Rss [(7 *b*) pl. III, fig. 17], par un côté dorsal droit dès la base.

Citharina d'Orbignyi nov. sp.

Pl. VIII, fig. 8 *a-b*.

Coquille en forme de triangle rectangle, bord dorsal droit, bord ventral très convexe et base inclinée munie d'appendices pointus prolongeant les sutures à l'extérieur. Loge initiale ovoïde terminée par une forte pointe à sa base, loges sériales bombées, sutures déprimées, ornementation généralisée comprenant deux réseaux. Réseau pri-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

maire, formé de stries fines traversant les loges parallèlement au côté dorsal, mais moins nombreuses, plus espacées et à relief très faible, bien que plus prononcé que pour l'espèce suivante.

Réseau secondaire constitué par un faisceau divergent, très ouvert, de côtes continues, issues du proloculum et parcourant entièrement les flancs, mais à relief d'autant plus faible qu'elles s'éloignent du côté dorsal. Le relief de la carène axiale, joignant la loge initiale à l'ouverture terminale est le plus prononcé ; il atteint et dépasse parfois l'épaisseur des loges. Celui des côtes suivantes décroît progressivement pour devenir insignifiant pour celles qui limitent le faisceau au voisinage du côté basal du test. Côté dorsal orné sur les trois quarts de sa longueur d'une côte médiane à relief moyen, remplacée ensuite jusqu'au voisinage de l'ouverture par deux carènes latérales.

N. = 20, L. = 3,43 mm., l. = 1,21 mm., ép. = 0,20 mm.

Holotype (Coll. pers. n° 5013). Albien moyen. Les Drillons (Yonne).

Cette espèce semble avoir la même répartition que l'espèce suivante. L'ornementation de son dos et sa forme générale ressemblent à *Cith.* cf. *discors*, mais elle s'en distingue nettement par son ornementation qui est très différente. Elle se rapproche un peu de la *Vag. discors*, figurée par Reuss [(7 *b*), pl. III, fig. 12], mais son ornementation, beaucoup plus développée, comprend des stries fines, non indiquées par Reuss. La forme générale est également différente.

Citharina cf. *discors* Koch.

Pl. VIII, fig. 10 *a-b*.

1848. *Vaginulina discors* Koch, in Dunker und Meyer Pal., H. 4, 1848-1851, p. 172, pl. XXIV, fig. 1-2.

Coquille triangulaire à côté dorsal droit, côté ventral convexe et base inclinée, loge initiale fusiforme, allongée. Loges sériales bombées, séparées dans leur partie cintrée par des sutures déprimées qui prennent un léger relief vers la base du test et s'y prolongent par de courtes épines. Ornementation très développée, réseau primaire généralisé, formé de stries nombreuses, très rapprochées, très fines et à relief faible et uniforme sur toute la surface du test, qui traversent entièrement les loges sans se relayer nettement les unes par les autres. Réseau secondaire formé par quelques rides continues et parallèles, à relief très prononcé, qui partent de l'origine inférieure des premières loges sériales et traversent le test parallèlement au côté dorsal pour venir mourir sur le ancfl de la dernière loge. La différence de relief entre les deux réseaux ornementaux est brusque. Côté dorsal orné dès le proloculum, d'une carène médiane à relief moyen qui parcourt sa moitié inférieure et se trouve remplacée ensuite par deux carènes latérales atteignant l'ouverture terminale.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

N. = 23. L. = 2,9 mm., l. = 1,1 mm., ép. = 0,25 mm.

Holotype (Coll. pers. n° 5012). Albien moyen. Les Drillons (Yonne).

Cette espèce, qui se rencontre dans un grand nombre de gisements du Sud-Est du Bassin de Paris : Pont-aux-Verriers, la Vendue-Mignot, Beaucaron, Courcelles, Le Plessis, Lusigny, correspond assez exactement à la description de Koch, par son ornementation secondaire, bien qu'il ne fasse pas mention de l'ornementation primaire, qui, par son faible relief a pu échapper à son observation. Elle s'en distingue cependant par une plus grande régularité et par son dos caréné et ne présente qu'une très vague ressemblance avec la figure de Koch qui est établie sur un spécimen atrophié, mais elle diffère totalement des individus rapportés par Reuss à cette espèce. Elle se rapprocherait beaucoup plus par sa forme, mais non par son ornementation, des spécimens figurés par Chapman.

Citharina cf. ***discors*** (Koch) var. ***gracilis*** nov. var.

Pl. VIII, fig. 9 *a-b*.

Coquille très élancée, en forme de triangle curviligne aigu à côtés convexes et à extrémités fortement étirées, bord dorsal presque droit, bord ventral convexe très incliné sur le précédent et à section arrondie, comme celle du bord basal. Loge initiale fusiforme, munie d'une pointe à sa partie inférieure. Loges sériales nombreuses, bombées, très étroites et très inclinées sur l'axe de la coquille et séparées par des sutures déprimées. Ornementation généralisée, composée sur chaque flanc de stries longitudinales très fines et très rapprochées sillonnant le dessus des loges et se perdant dans les sutures et d'un faisceau divergent, peu ouvert, partant du proloculum et constitué par 4 à 5 carènes droites à très fort relief, dont la plus longue, située au voisinage du côté dorsal, traverse sans interruption le test d'une extrémité à l'autre.

N. = 20, L. = 3,43 mm., l. = 0,64 mm., ép. = 0,25 mm.

Holotype (Coll. pers. n° 2041). Albien moyen ; Les Drillons (Yonne). Cette espèce se retrouve au même niveau dans l'Aube, à Pont-aux-Verriers et à Courcelles. Elle est remarquable par la différence de relief existant entre les carènes du faisceau et les stries. La hauteur des carènes atteint l'épaisseur des loges, tandis que celle des stries est à peine sensible ; cette variation de relief entre les deux parties de l'ornementation s'opère brusquement.

Cette espèce ne se rapproche par sa forme d'aucune espèce connue. Cependant, par son ornementation secondaire, formée de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

grandes stries longitudinales parallèles au côté dorsal, elle se rapproche de la description de *Citharina* (*Vaginulina*) *discors* Koch, mais s'en distingue par ses stries fines et par sa forme plus gracieuse. En attendant de pouvoir comparer mes échantillons à ceux du gisement allemand, je propose d'établir la variété *gracilis* sur ces individus.

Citharina Lemoinei n. sp.

Pl. VIII, fig. 11 *a-b*.

Test comprimé de forme triangulaire à flancs rigoureusement plats et parallèles, bord dorsal droit, bord ventral convexe et base concave tous régulièrement arrondis en section ; loges nombreuses à surface latérale plate, séparées par des sutures au ras du test. Ornementation très réduite, visible surtout par transparence et formée de stries assez larges, très courtes et très nombreuses, à relief à peine sensible, qui n'affectent guère que le dessus des sutures et se relaient les unes les autres, à proximité des loges initiales pour donner naissance à quelques costules longitudinales à relief également très faible.

N. = 17, L. = 3 mm., l. = 1,45 mm., ép. = 0,22 mm.

Holotype (Coll. pers., n° 5014). Sommet de l'Albien supérieur à *Epiaster Ricordeanus* (d'Orb.) de Saint-Florentin (sablière), prélèvement n° 77. Cette espèce se distingue facilement de toutes les autres par ses bords à sections cintrées et par son ornementation à peu près nulle.

Citharina Arambourgi nov. sp.

Pl. VIII, fig. 12-13.

Test très comprimé latéralement, de forme triangulaire, à flancs, plats et parallèles, rebords dorsal et basal droits, rebord ventral régulièrement convexe, à sections, plate sur le côté dorsal et cintrées sur les deux autres, côté basal nettement plus étiré que le côté ventral ; loges nombreuses, séparées par des sutures épaisses situées au même niveau que le dessus des loges qui est plat. Côté dorsal de forme elliptique, très allongée, rigoureusement plat, limité sur chaque flanc à partir de la loge initiale et sur les 3/4 de sa hauteur par une carène épaisse à fort relief, qui se relaie ensuite dans le quart supérieur par une autre carène semblable, visible sur l'échantillon le plus développé. Ornementation très réduite, n'affectant guère que les sutures des dernières loges, formée de stries larges se touchant presque et à très faible relief, qui ne passent que très rarement sur les loges où elles s'estompent.

N. = 22, L. = 3,43 mm , l. = 0,8 mm., ép = 0,21 mm.

Holotype (Coll. pers., n° 5015). Albien supérieur, sommet

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

des argiles à *Epiaster Ricordeanus* (D'ORB.) de Saint-Florentin (sablière), prélèvement n° 49.

Bien que présentant une ornementation assez semblable à *Cith. Lemoinei*, cette espèce s'en distingue par son dos plat bicaréné latéralement et par la forme générale de la coquille.

Citharinella nov. genre.

Flabellina BERTHELIN, *Frondicularia* CHAPMAN, *Flabellinella* MARIE [1].

Type générique : *Flabellina Karreri* BERTHELIN ; Mémoires sur les Foraminifères de l'étage Albien de Moncley (Doubs). *Mém. Soc. géol. Fr.*, sér. 3, vol. 1, n° 5, p. 62, pl. IV, fig. 1-3, Paris, 1880.

Coquille plane, lancéolée, étirée à ses deux extrémités, composée de loges disposées dans un même plan et dont les ouvertures sont groupées sur un axe droit, formée d'un stade jeune, comparable à une *Citharina*, avec sa loge initiale fusiforme ou ovoïde, prolongée à sa base par une épine et d'un stade adulte semblable à celui d'une *Frondicularia*. Ornementation souvent développée, masquant l'organisation interne ; paroi calcaire ; ouverture terminale, rayonnée au sommet de la dernière loge.

Ce genre qui dérive directement des *Citharina* par sa partie initiale à laquelle succèdent des loges adultes en chevron, appartient aux *Lagenidae* par son ouverture et se distingue des *Frondicularia*, par un stade jeune dissymétrique ; des *Flabellina*, par son début rectiligne, non spiralé ; et des *Flabellinella* (SCHUBERT 1900) [9] par :

1° une loge initiale ovoïde ou fusiforme, prolongée à sa base par une épine ;

2° des loges sériales, toutes groupées sur un axe droit et disposées dans un même plan.

Les espèces appartenant à ce genre apparaissent dans le Bassin de Paris (Aube, Yonne, Haute-Marne, Doubs) et en Angleterre (Folkestone), dès la fin de l'Albien, alors que les *Citharina* sont en voie de disparition, et acquiert son maximum de développement au Vraconnien inférieur (zone à *Mortoniceras inflatum* Sow.), puis disparaît momentanément du Vraconnien supérieur au Santonien compris. Il réapparaît alors en Europe et en Amérique du Nord au Sénonien supérieur. Les espèces qui me paraissent devoir être rapportées à ce genre sont, en plus du type générique :

1. *Flabellinella* cf. *Watersi* CUSHMAN in P. MARIE. Deux niveaux du Maestrichtien du Bassin de Paris. *B. S. G. F.*, p. 262, Paris, 1937.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Frondicularia pinaeformis CHAPMAN [(3), pt. 5, pl. III, fig. 9-11].
— *strigillata* REUSS [(3), pt. 5, pl. III, fig. 13-14. — (1), pl. VIII, fig. 33-38, 40-41, 43].
— *inversa* REUSS [(1), pl. VIII, fig. 44-45. — (5), vol. 12, pl. III, fig. 23-24].
— *Watersi* CUSHMAN [(5), vol. 12, pl. III, fig. 14-15].
— *Austinana* CUSHMAN [(5), vol. 12, pl. III, fig. 12-13].

Citharinella pinaeformis (CHAPMAN).

Pl. VII, fig. 7-9 et pl. VIII, fig. 4-6.

Frondicularia pinaeformis CHAPMAN, (3), 1894, pt. V, pl. III, fig. 9-11.

Coquille elliptique plus ou moins large, très étirée à son extrémité inférieure, surtout chez les spécimens microsphériques. Loge initiale ovoïde (macrosphère) ou fusiforme (microsphère) suivie d'une à quatre loges assymétriques, puis de loges en chevrons, flancs ornés de quelques petites stries longitudinales à faible relief, occupant tout le dessus des loges et de deux grandes rides larges, à fort relief, traversant entièrement le test au voisinage de sa zone axiale.

En général, les individus microsphériques possèdent un plus grand nombre de loges assymétriques entre le proloculum et les loges en chevrons.

Individus macrosphériques : N = 14, L. = 2,8 mm., l. = 1,45 mm.

Individus microsphériques : N = 19, L. = 3 mm., l. = 0,85 mm.

Se rencontre dans toute la zone à *Mortoniceras inflatum* Sow., qu'elle caractérise en France (Yonne, Aube, Haute-Marne) et en Angleterre (Folkestone).

Les échantillons figurés proviennent de Larivour (Aube).

La forme intérieure des loges, vue par transparence, est souvent plus ou moins troublée par l'ornementation extérieure.

Citharinella Chapmani nov. sp

Pl. VII, fig. 5-6 et pl. VIII, fig. 1.

Test oval, plus étiré à la partie inférieure des individus microsphériques, loge initiale fusiforme, prolongée à l'extérieur par une pointe forte, suivie de 4 loges assymétriques unisériales réduites à 1 ou 2 pour les individus macrosphériques, puis de loges en chevrons à périphérie convexe, séparées par des sutures au ras du test ; zone axiale des flancs légèrement déprimée. Ornementation à peine visible, formée de petites stries, divergeant du proloculum, épaisses, localisées sur les sutures et ne passant pas sur le dessus des loges, sauf au voi-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sinage des toutes premières loges où elles donnent naissance à quelques petites rides longitudinales, courtes, à faible relief.

Individus macrosphériques : N. = 23, L. = 3,5 mm., l. = 2,3 mm.

Individus microsphériques : N. = 16, L. = 2,7 mm., l. = 1,35 mm.

Holotypes (Coll. pers., n° 5091-92). Saint Florentin 77 (pl. VII, fig. 5-6) du sommet de l'Albien supérieur ; et pl. VIII, fig. 1 (Coll. pers., n° 5093), route de Saint-Florentin à Venisy, prélèvement n° 83 ; base de la zone à *Mortoniceras inflatum* Sow. Cette espèce se rapproche par sa forme générale des *Citharina pinaeformis* (Chapman), mais s'en distingue par l'absence de côtes médianes. Par contre, elle est très semblable à la *Frondicularia strigillata* Rss, figurée par Chapman, bien que les stries de nos échantillons soient plus estompées ; mais elle ne présente, en dehors de son ornementation, aucune analogie avec l'espèce figurée et décrite par Reuss qui est bien une *Frondicularia*, à loge initiale sphérique.

Citharinella Lemoinei nov. sp.

Pl. VIII, fig. 2 *a-b*.

1894. *Frondicularia lanceola* Rss. in Chapman [3], pt. V, pl. III, fig. 15.

Test elliptique allongé, très étiré à ses deux extrémités ; loge initiale fusiforme, prolongée par une pointe écourtée à l'extérieur, suivie d'une ou deux loges assymétriques, puis de loges en chevrons très allongées et étroites à côtés très inclinés sur l'axe et séparées par des sutures déprimées, ornées de quelques rares stries épaisses, à très faible relief.

N. = 12, L. = 2 mm., l. = 0,5 mm.

Holotype (Coll. pers., n° 5097). Marnes à *Mortoniceras inflatum*. Larivour (Aube) où elle est associée à *Citharinella pinaeformis*. Par sa forme elle rappelle l'espèce de Reuss, mais s'en distingue par sa loge initiale fusiforme et ses premières loges, qui sont assymétriques.

Citharinella Laffittei nov. sp.

Pl. VIII, fig. 3 *a-b*.

Test elliptique, à extrémité inférieure plus aiguë que la supérieure, loge initiale fusiforme terminée à sa base par une forte épine, suivie de deux loges dissymétriques, flancs déprimés dans leur zone axiale et ornés de petites stries longitudinales, à relief faible mais net, parallèles à l'axe et localisées sur les sutures. Ces stries en se relayant

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dans la région axiale donnent naissance à une ou deux rides, de même relief que l'ornementation voisine, qui vont du proloculum à l'ouverture de la dernière loge.

N. = 8, L. = 1,7 mm., l. = 0,625 mm.

Holotype (Coll. pers., n° 5098). Brevonnes (Aube), zone à *Mortoniceras inflatum* (base).

Cette espèce se distingue de *Citharinella Chapmani* par une ornementation plus prononcée, réduite aux sutures, et par l'absence de stries longitudinales, à la partie inférieure des sutures des loges et par une forme plus élancée.

En ce qui concerne la répartition mondiale de ces divers genres, les *Flourensina* ne sont actuellement reconnues qu'en France où elles se localisent dans les horizons supérieurs du Vraconnien. Les *Citharina* se rencontrent à la fois en Europe et en Amérique avec une répartition semblable dans tout le Crétacé inférieur et présentent un maximum de développement à l'Albien ; disparaissent ensuite pour ne plus reparaître qu'au Sénonien supérieur. Les *Citharinella* suivent une évolution semblable. Elles apparaissent une première fois en France et en Angleterre, au Vraconnien inférieur, puis s'éteignent momentanément presque aussitôt après pour ne se rencontrer à nouveau qu'au Sénonien supérieur, et cette fois, en Europe et en Amérique.

L'étude détaillée de ces divers genres, qui possèdent une dispersion à la fois étendue en surface et réduite dans le temps, semble permettre de grands espoirs pour faciliter l'établissement de parallélismes rigoureux entre les horizons crétacés des divers bassins sédimentaires mondiaux.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BIBLIOGRAPHIE

1. Beissel I. (Holtzapfel). — Die Foraminiferen der Aachenerkreide. *Abh. d. Preuss. Geol. Landesanst.*, Berlin, 1891.
2. Berthelin (G.). — Mémoire sur les Foraminifères de l'étage Albien de Moncley (Doubs). *Mém. Soc. Géol. Fr.*, sér. 3, vol. I, n° 5, Paris, 1880.
3. Chapman (F.). — The Foraminifera of the Gault of Folkestone. Pts. 1-10. *Journ. Roy. Micr. Soc.*, London, 1891-1898.
4. Cornuel (J.). — Description de nouveaux fossiles microscopiques du terrain crétacé inférieur du département de la Haute-Marne. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, sér. 2, vol. III, Paris, 1848.
5. Cushman (J.-A.). — *Contributions from the Cushman laboraty for Foraminiferal research*, vol-1-13, 1925-1937.
6. Koch (R.). — Ueber einige neue Versteinerungen und die Perna Mulleti Desh. aus dem Hilsthon vom Elligser Brink und von Holtensen im Braunschweigschen. *Dunker und Meyer Paleontographica*, Heft 4, p. 169-173, 1848.
7. Reuss (A.-E.) [7 *a*]. — Die Versteinerungen der Böhmischen Kreideformation, Stuttgart, 1845.
[7 *b*]. — Die Foraminiferen des norddeutschen Hils und Gault. *Sitz. Akad. Wiss. Wien*, vol. 46, 1862 (1863).
8. Roemer. — Neue kreide Foraminiferen. *Neues Jahrb. fur Min. Geog. Geol. Pal. v. Leonh. u. Bronn*, Stuttgart ; p. 272-273, pl. VII B, 1842.
9. Schubert. — *Zeitsch. Deutsch. Geol. Ges.*, vol. 52, 1900, p. 551.

EXPLICATION DES PLANCHES VII ET VIII [1]

Planche VII

Fig. 1 *a-e*. — *Flourensina Douvillei* nov. sp. × 26 ; *a* face, *b* et *c* profil, *d* base, *e* sommet.
Saint-Phal (Aube), n° 56. Vraconnien supérieur.

Fig. 2 *a-e*. — *Flourensina Lemoinei* nov. sp. × 26 ; *a* et *c* face, *b* profil, *d* base, *e* sommet.
Saint-Florentin (Yonne), n° 91. Vraconnien supérieur.

1. Les *Citharina* et *Citharinella* figurées, ont été photographiées à la fois par réflexion (fig. *a*) et par transparence (fig. *b*), afin de faire ressortir les divers aspects sous lesquels elles peuvent être observées et de montrer par la même occasion les caractères de leur organisation interne, qui peut être partiellement masquée chez les individus à ornementation développée.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Fig. 3 *a-c*. — *Flourensina Jacobi* nov. sp. × 26; *a* face, *b* profil, *c* sommet.
Saint-Florentin (Yonne), n° 91.
Fig. 4 *a-c*. — *Flourensina Cayeuxi* nov. sp. × 26; *a-c* comme pour fig. 3.
Saint-Phal (Aube), n° 56.
Fig. 5-6 *a-c*. — *Citharinella Chapmani* nov. sp., fig. 6 *a* × 26, fig. 5 et 6 *b-c* × 14,
5 spécimen macrosphérique, extérieur;
6 spéc. microsphérique, à jeune très développé, 6 *a* extérieur, 6 *b* intérieur × 14; 6 *c* intérieur × 26.
Saint-Florentin (Yonne), n° 77. Vraconnien inférieur (base).
Fig. 7-9. — *Citharinella pinaeformis* (Chapman).
7 individu très jeune × 26; *a* extérieur, *b* intérieur.
Larivour (Aube), n° 7. Vraconnien inférieur.
8 sp. microsphérique à jeune très développé × 14, *a* extérieur, *b* intérieur × 26.
Larivour, n° 57. Vraconnien inférieur.
9 Spécimen macrosphérique × 14.
Larivour, n° 57. Vraconnien inférieur.

Planche VIII

Fig. 1 *a-b*. — *Citharinella Chapmani* (macrosphérique) × 26; *a* extérieur, *b* intérieur.
Saint-Florentin (Yonne), route de Venisy, n° 83. Vraconnien inférieur.
Fig. 2 *a-b*. — *Citharinella Lemoinei* nov. sp. × 26.
Larivour (Aube). n° . Vraconnien inférieur.
Fig. 3 *a-b*. — *Citharinella Laffitei* nov. sp. × 26.
Brevonnes (Aube). Vraconnien inférieur.
Fig. 4 *a-b*. — *Citharinella pinaeformis* (Chapman) × 26.
4 spécimen macrosphérique × 26.
Larivour (Aube), n° 57. Vraconnien inférieur.
5 × 8.
Larivour (Aube), n° 57. Vraconnien inférieur.
6 × 8.
Larivour (Aube), n° 57. Vraconnien inférieur.
Fig. 7. *a-b*. — *Citharina Laffitei* nov. sp. × 14; *a* structure interne vue dans l'eau, *b* extérieur.
Montyéramey (Aube). Albien inférieur.
Fig. 8 *a-b*. *Citharina Orbignyi* nov. sp. × 14; *a* et *b* comme pour fig. 7.
Les Drillons (Yonne). Albien moyen.
Fig. 9 *a-b*. — *Citharina* cf. *discors* var. *gracilis* nov. var. × 14.
Les Drillons (Yonne). Albien moyen.
Fig. 10 *a-b*. — *Citharina* cf. *discors* (Koch) × 14.
Les Drillons (Yonne). Albien moyen.
Fig. 11 *a-b*. — *Citharina Lemoinei* nov. sp. × 14.
Saint-Florentin (Yonne), n° 77. Sommet de l'Albien supérieur.
Fig. 12-13 *a-b*. — *Citharina Arambourgi* nov. sp. × 14.
Saint-Florentin (Yonne), n° 49. Sommet de l'Albien supérieur.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'encéphale d'un Cheiroptère fossile[1]

par **Colette Dechaseaux**[2].

Planche IX

Les encéphales de Cheiroptères fossiles constituent un matériel d'étude d'autant plus précieux qu'il est très rare. T. Edinger[3] décrit et figure deux échantillons respectivement conservés au Senckenberg-Museum et au Musée de l'Université de Berlin : ce sont les seules pièces connues jusqu'à présent.

Dans les Collections de l'École nationale supérieure des Mines, plusieurs cerveaux de chauves-souris proviennent, comme les pièces analysées par T. Edinger, des phosphorites de Bouzigues (Hérault). Il s'agit de dépôts désignés sur la feuille de Montpellier au 1/80.000e sous le nom d'alluvions anciennes comprenant « des dépôts caillouteux quaternaires, à éléments anguleux souvent englobés dans un ciment rouge équivalent de la brèche de Cette et des dépôts de la caverne de Lunelviel à *Ursus spelœus* Blumb., *Felis spelœa* Goldf., etc. ». La roche, très calcaire, est pétrie de phalanges de Cheiroptères ; les cerveaux sont la plupart du temps fossilisés avec le crâne, l'intérieur est entièrement recristallisé ; en les dégageant avec précaution, j'ai pu en obtenir deux dont les faces dorsale et latérale sont presque intactes. Un troisième spécimen adhère à la gangue de telle sorte que la face inférieure ne peut être étudiée dans la région de la moelle. Enfin, deux autres fragments montrent la partie antérieure de l'encéphale. Ces divers échantillons se complètent ; ils permettent de fixer objectivement et de préciser les données établies par T. Edinger d'après un matériel de moins belle conservation.

Les cerveaux fossiles ont été comparés à plusieurs encéphales conservés dans l'alcool appartenant aux genres *Myotis*, *Rhinolophus*, *Vesperugo* ; ces pièces m'ont été obligeamment communiquées par M. Rode, du Laboratoire de Mammalogie du Muséum.

1. Travail fait au Laboratoire de Paléontologie de l'École nationale des Mines.
2. Note présentée à la séance du 21 février 1938.
3. T. Edinger. Fossile Fledermausgehirne. *Senckenbergiana*, Bd. VIII, Heft I, 1926.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Forme générale.

Le cerveau est allongé ; très étroit en avant, il a le maximum de largeur dans la région médiane. Les hémisphères cérébraux sont à peine plus développés que le cervelet ; entre ces deux régions, les tubercules quadrijumeaux sont bien visibles. La forme générale de l'encéphale place le Cheiroptère de Bouzigues au voisinage des *Myotis* actuels.

Hémisphères cérébraux

La scissure rhinale, visible du côté gauche sur l'échantillon fig. 3*c*, apparaît latéralement sous forme d'un très léger sillon horizontal situé au 1/3 inférieur du cerveau. Le rhinencéphale est donc assez réduit : il s'agit d'un Mammifère microsmatique. Les lobes olfactifs se présentent sous la forme de deux petites masses ovoïdes, serrées l'une contre l'autre, très courtes par rapport à l'ensemble du cerveau. Elles sont séparées des hémisphères cérébraux par un sillon annulaire interrompu dans la région médiane de la face inférieure. Cette partie est occupée par deux lobes allongés, s'étendant assez loin en arrière : les lobes parolfactifs (fig. 3*b*). Les lobes piriformes sont saillants de chaque côté de l'encéphale, de telle sorte que c'est à leur niveau qu'il offre la plus grande largeur. Sur chacun d'eux, de part et d'autre de la ligne médiane, la section de la branche mandibulaire du nerf V^3 est très nette (fig. 3*b*).

Le neopallium est extrêmement simple : il n'y a pas de circonvolutions ; les Cheiroptères sont des lissencéphales. Le sillon sylvien est bien marqué, il naît au voisinage des lobes olfactifs et se dirige en arrière vers un deuxième sillon qui sépare les deux hémisphères (chez *Myotis*, il est presque transversal). Un vaisseau méningé est conservé à la surface du neopallium.

Tubercules quadrijumeaux

En arrière des hémisphères, dans un espace triangulaire légèrement en dépression, se trouvent les quatre tubercules quadrijumeaux. La paire antérieure est petite, très rapprochée de la ligne médiane ; les deux tubercules dé la paire postérieure sont beaucoup plus gros, de forme ovoïde et écartés. Ils sont horizontaux comme dans *Myotis* (fig. 1) ou obliques comme dans *Rhinolophus* (fig. 3*a*).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

CERVELET

Le cervelet offre un développement considérable ; il est constitué par trois lobes extrêmement nets : le vermis médian et les hémisphères cérébelleux. Le vermis médian est large ; triangulaire en avant, il s'insinue entre les deux tubercules quadrijumeaux de la paire postérieure. Il est lisse ; en arrière, il se recourbe légèrement et montre deux sillons transversaux très rapprochés.

Les hémisphères cérébelleux sont faits de deux parties inégales, séparées par un sillon vertical et munies à leur surface d'un sillon médian subhorizontal.

De part et d'autre des hémisphères cérébelleux, et en position inférieure, deux masses correspondent aux bulles tympaniques. Leur séparation incomplète du cerveau par une membrane explique comment leur fossilisation accompagne celle de l'encéphale. Le limaçon est remarquablement bien conservé du côté gauche de l'échantillon fig. 3*b* ; son enroulement est très net.

Un tel cerveau est extrêmement voisin de celui des *Myotis* actuels ; il semble bien que le développement du rhinencéphale soit comparable chez les deux formes : lobes olfactifs et lobes piriformes sont identiques. Le cervelet, très important, comprend un large vermis médian et des hémisphères cérébelleux présentant le même sillon. Les deux encéphales se distinguent uniquement par le moindre rétrécissement de la région antérieure chez *Myotis* et par la disposition horizontale de la paire postérieure des tubercules quadrijumeaux, qui est oblique chez un échantillon de Bouzigues (fig. 3*a*). Les os du crâne sont très minces, une forte crête sagittale correspond au sillon longitudinal qui sépare les deux hémisphères : sillon qui se traduit par un fort repli de la dure-mère correspondant sans doute au sinus veineux médian. Cette arête se prolonge sur la région médiane du cervelet comme chez les formes actuelles (fig. 2).

Le cervelet, et plus spécialement le vermis médian, ayant un rôle de régulation des coordinations, y a-t-il un point de rapprochement possible entre les encéphales de formes telles que les Reptiles volants et les Cheiroptères dont l'adaptation au vol constitue une exception parmi l'ensemble des Reptiles et des Mammifères ?

Les cerveaux de *Rhamphorhynchus*, *Scaphognatus*, *Pterano-*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

don ont été étudiés par T. Edinger[1]. Dans l'ensemble, ils sont différents de ceux des autres Reptiles (exception faite des Reptiles thériodontes dont le cervelet très spécial a déjà des caractères mammaliens) : leur aspect les rapproche beaucoup des cerveaux des Oiseaux. En réalité, l'encéphale est construit sur le type reptilien avec la succession : bulbe olfactif, hémisphères cérébraux, lobes optiques, cervelet très développé comprenant une seule partie. De même, le cerveau des Cheiroptères est avant tout un cerveau de Mammifères, mais le cervelet, et plus spécialement le vermis médian, est très important. Bien qu'au premier abord les cerveaux de Reptiles et de Mammifères volants semblent présenter des caractères très spéciaux, il faut, pour les interpréter, se reporter au type reptilien d'une part, au type mammalien d'autre part. Un fait du même ordre s'observe dans le problème de l'adaption des membres au vol. Le membre antérieur d'un Cheiroptère est construit sur le plan commun à tous les Mammifères : il garde, en dépit de son rôle très particulier, les caractères de la classe à laquelle il appartient.

Il n'y a ainsi aucun point de rapprochement possible entre les cerveaux de Reptiles volants et de Cheiroptères, pas plus d'ailleurs qu'entre le membre antérieur d'une chauve-souris et celui d'un oiseau. Les adaptions en vue d'un mode de vie spécial, qu'il s'agisse de l'encéphale ou des membres, pour ne citer que ces deux exemples, se produisent toujours à l'intérieur du type structural originel et lui restent fidèles quel que soit le degré d'importance atteint par les modifications.

Les Cheiroptères sont classés au voisinage des Insectivores. Les affinités qui existent entre ces deux ordres s'étendent-elles aux caractères du cerveau ? Il s'agit dans l'un ou l'autre cas de lissencéphales. W.-E. Le Gros Clark, dans une étude récente[2], décrit et figure un certain nombre d'encéphales que l'on peut utiliser comme terme de comparaison. Trois différences essentielles séparent un cerveau d'Insectivore d'un cerveau de Cheiroptère :

1° Le cervelet, particulièrement le vermis médian, est proportionnellement plus développé chez les chauves-souris. Sa surface est lisse alors que chez les Insectivores elle a plusieurs sillons transverses.

1. T. Edinger. Die fossilen Gehirne. *Zeitschrift für die gesamte Anatomie*. Abt. III, Bd. 28, 1929.

2. W.-E. Le Gros Clark. The brain of the Insectivora. *Proceedings of the zoological Society of London*, Part. 4, 1932.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2° La flexure de l'encéphale, moins marquée chez les Cheiroptères, laisse à découvert les tubercules quadrijumeaux.

3° La plus grande différence réside dans le développement relatif du rhinencéphale et du neopallium. Chez tous les Insectivores : *Centetes*, *Solenodon*, *Erinaceus*, *Gymnura*, *Blarina*, *Sorex*, *Scalops*, *Talpa*, *Chrysochloris*, à l'exception des Tupaidés, le développement considérable du rhinencéphale fait de ces Mammifères des formes macrosmatiques, donc à caractères primitifs. Les Cheiroptères au contraire, du moins les Microcheiroptères, ont un rhinencéphale réduit ; ce sont des Mammifères microsmatiques, beaucoup plus évolués à ce point de vue que les Insectivores. La position de la scissure rhinale qui constitue l'un des arguments en faveur d'un rapprochement Tupaidés-Primates, semble, de ce fait, perdre quelque peu de sa valeur.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX

FIG. 1. — Encéphale de Cheiroptère fossile. Vue supérieure (× 4).

FIG. 2. — *Id.* Vue supérieure ; la région postérieure de l'encéphale est masquée par les os du crâne (× 4).

FIG. 3. — *Id.* 3*a* vue supérieure, 3*b* vue inférieure, 3*c* vue latérale (× 4).

Tous les échantillons proviennent des phosphorites de Bouzigues (Hérault), Collections de l'École nationale des Mines.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

OBSERVATIONS SUR LES FORMATIONS DINANTIENNES ET LEUR SUBSTRATUM GNEISSIQUE DANS LES MONTS DU BEAUJOLAIS IMPORTANCE DU MÉTAMORPHISME PAR LES GRANITES POST-VISÉENS

PAR **Albert Michel-Lévy** [1].

PLANCHES X ET XI

La région dont il sera question s'étend du Sud au Nord, entre Affoux, sur la feuille au 80.000e de Lyon, et Cluny, sur la feuille de Mâcon, en passant par Tarare, Ternand, Rivolet, Beaujeu, sur la feuille de Bourg.

Elle comprend, dans l'ensemble, à l'Est, une zone gneissique de direction NNE qui va de Tarare à Salles, sur le quart sud-ouest de la feuille de Bourg, et disparaît dans le granite plus au Nord; une large zone de formations sédimentaires et surtout volcaniques, principalement viséennes, qui s'étend du SSW au NNE, à l'Ouest de la précédente et bien plus au Nord, jusqu'au delà de Cluny sur les feuilles de Mâcon et de Chalon-sur-Saône; enfin d'importants massifs de granites mis en place postérieurement au Viséen, granites des Olmes et de Saint-Vérand, granites d'Odenas et de Chiroubles, granites de Monsols et de Saint-Jacques-des-Arrêts, et vers l'Ouest, granites de Saint-Igny-de-Vers et de Matour.

L'intérêt de cette région réside principalement dans ce fait que l'on y observe le contact des formations de la fin des temps primaires reposant en transgression, avec un faciès littoral, sur un socle gneissique qui se développe largement au Sud, sur la feuille de Lyon.

En quelques points d'élection, les conglomérats du Viséen s'étendent quasi horizontalement sur les formations cristallophylliennes, les premiers occupant les crêtes et les flancs de coteau, les secondes le fond des vallées; c'est le cas dans la vallée qui remonte au NNW de Tarare, dans celle du Souman entre Valsonne et Saint-Clément, enfin dans la vallée de l'Azergue (le Pont, Létra, Chapelle de Larrat); des failles accidentent d'ailleurs l'allure des couches dans ces quelques points exceptionnels où la base du Viséen est horizontale.

1. Note présentée à la séance du 28 février 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'occasion de telles observations est rare dans le Massif Central où les formations sont très plissées et morcelées en un damier compliqué et où les contacts des terrains primaires avec les gneiss ou les granites entourants sont souvent des contacts anormaux, ou des contacts de métamorphisme par le granite.

Trois phases tectoniques successives y ont superposé leurs effets. Une phase tectonique calédonienne ou du début des plis hercyniens, qu'une étude structurale détaillée des gneiss éclairera peut-être un jour, une phase tectonique hercynienne majeure, post-viséenne, dont les lignes directrices sont dirigées du SSW au NNE, avec probabilité de mouvements tangentiels et production de mylonites, enfin une phase tectonique alpine ayant, par action à distance, donné naissance à des voûtes anticlinales à grand rayon de courbure, suivies de fractures verticales ; la formation dans les pieds droits de failles en marches d'escalier avec abaissement vers la clé de voûte effondrée est bien visible dans la région de Solutré où la couverture secondaire n'a pas encore été érodée sur le soubassement primaire.

Au morcellement résultant de ces phases tectoniques successives, se sont ajoutés un extraordinaire bouleversement par le volcanisme de la fin des temps primaires puis l'intervention des granites post-dinantiens et de leur puissant métamorphisme de contact.

SUCCESSION DES FORMATIONS VOLCANIQUES ET DES SÉDIMENTS DE LA FIN DES TEMPS PRIMAIRES

Il ne faut donc pas espérer pouvoir suivre avec continuité, sur de longues distances, les limites des formations successives. C'est par une étude comparative de nombreux lambeaux plus ou moins déchiquetés et leur étude lithologique approfondie que pourront être établies des successions.

Les plus sûrs fondements d'une esquisse stratigraphique ont été fournis par

1° de petites lentilles de calcaires fossilifères,

2° la série des roches volcaniques,

3° les cordons de poudingues et l'étude de leurs galets.

Lentilles calcaires.

Les lentilles de calcaire viséen avec restes de fossiles et surtout de microfossiles, antérieurement étudiées (1, 2) sont celles de la Béruda et du Goujet près d'Affoux, de Saint-Bonnet-le-Troncy

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

et de Saint-Nizier-d'Azergues, celle de Bridet au Nord de Propières et d'Azolette. Difficiles à retrouver parce que très restreintes, elles n'apparaissent que dans des carrières abandonnées, envahies par les buissons, au droit d'anciens fours à chaux abandonnés depuis de longues années et actuellement en ruines. Aux gisements précités, il faut en ajouter un autre, apparaissant sur la bordure orientale du Viséen, sur la feuille de Bourg, celui de la Triche, au SW de Marchampt ; c'est un petit lambeau accompagné de bancs de poudingues, partiellement métamorphisés par le granite, limité par des failles au milieu de cornes amphiboliques. J'y ai trouvé des restes de Polypiers, de Brachiopodes et, en plaque mince, de nombreux Foraminifères parmi lesquels des *Endothyra*.

A environ 4 km. plus au Sud, on rencontre au Jean-Thomas, à l'Ouest de Vaux, une lentille de marbre avec petits grenats au milieu de cornes amphiboliques, qui représente vraisemblablement un calcaire de même âge, métamorphisé.

Par contre, le cipolin de Ternand qui apparaît au milieu de séricitoschistes, appartient vraisemblablement à la série cristallophyllienne du substratum et ne doit pas être assimilé aux calcaires précédents.

Dans l'ensemble, le gisement de ces lambeaux de calcaires a un caractère franchement littoral. Ils voisinent avec des bancs de poudingues, des grès calcaires à grains de quartz très arrondis rappelant ceux de sables éoliens (100 m. Nord du Col de la Cassette, près Tarare), des tufs volcaniques avec parfois des scories vitreuses et ponceuses (carrière du Grand-Saint-Pierre, la Béruda).

Ils sont à relier avec certitude au niveau des calcaires de Régny et de Néronde.

Successions probables des éruptions volcaniques.

Andésites.

Les roches microlitiques, à caractères de laves, les plus inférieures de la série semblent être celles que l'on rencontre dans la carrière au SW de la cote 517, sur la route de Rivollet à Saint-Cyr, ou au S de la cote 872, Est de la Cantinière, sur *a* de Granges, ou encore entre le Col de Pierreplate et le Rosier.

Le premier temps de cristallisation montre de l'andésine et de la hornblende, le deuxième temps des microlites d'andésine probable.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Oligoclasites.

Les venues suivantes sont données par un type de roches encore riches en fins microlites et fluidales, abondantes sur la route de Tarare à Saint-Clément (carrière de Bois-Robert), sur la route de Rivolet à Saint-Cyr (carrière de Serfavre), sur celle de Saint-Bonnet à Saint-Cyr (carrière sous « Col » de Saint-Bonnet), et également sur la route de Cluny à Igé (carrière des Places).

Au premier temps, de grands cristaux de plagioclases zonés, atteignant l'andésine à 44 % d'anorthite, au second temps de fins microlites d'oligoclase font de ces roches des oligoclasites ; la présence parfois d'éponges de quartz poecilitique nées par dévitrification de leur pâte vitreuse les rapproche des dacitoïdes. Les scories vitreuses au S du Grand-Saint-Pierre (Le Goujet) paraissent se rapporter à ces oligoclasites.

J'ai retrouvé un gisement de ces roches, à l'Ouest de Villars, près de Matour, sur la feuille de Mâcon ; elles sont, dans ce gisement, comme dans la carrière de Serfavre près de Saint-Cyr, métamorphisées par le granite.

Trachytes.

Viennent ensuite des roches encore placées au-dessous des premiers cordons de poudingues de la base des grandes masses d'éruptions rhyolitiques du Culm (au-dessous de la cote 774 le Parassoir Saint-Cyr, et cote 602 — W SW de Vaux).

Leur premier temps comporte des cristaux d'orthose, d'oligoclase et de mica noir ; la pâte du deuxième temps est riche en éponges de quartz poecilitique, baignant de la matière feldspathique fine, sans contours géométriques précis.

Des roches analogues provenant du Col de Bois-Clair sur la route de Cluny à Mâcon passent à des microsyénites quartziques. Ce seraient des trachytoïdes à excès de silice dissimulée.

Leucotéphrites.

C'est probablement à ce niveau qu'il faut placer les leucotéphrites des Cours et des Roches que l'on rencontre à la base des tufs du Culm, près de Clermain, sur la feuille de Bourg (7).

Rhyolites.

Au-dessus des roches précédentes s'étagent de très importantes accumulations de déjections rhyolitiques, caractérisées par l'abon-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dance des grands cristaux de quartz bipyramidés, d'orthose et d'oligoclase, de mica noir, avec pâte vitreuse le plus souvent dévitrifiée et riche en quartz poecilitique. Aux roches massives de cette nature se substituent souvent des projections pyroclastiques consolidées en tufs. Les principaux gisements forment des montagnes entières tout autour de Lamure-s.-Azergues et vers Chénelette, entre Saint-Christophe et Clermain, entre Ouroux Saint-Antoine et les Bois de Cluny.

La présence de sphérolites d'orthose, de micropegmatite palmée, donne des termes de passage des rhyolites aux pyromérides (Sainte-Paule, le Cocon).

Cordons de poudingues — leurs galets.

Les poudingues accompagnés de schistes constituent un jalon stratigraphique précieux à la base des tufs rhyolitiques. Ils sont bien développés sur les crêtes entre Tarare et Saint-Clément (Croix-Paquier), autour de Létra (vallée de l'Azergue), à La Cantinière, au Nord du Parassoir (Saint-Cyr); ils réapparaissent à l'Est de la Vallossière, à la Triche, au Col de la Croix-Nicelle et à la cote 802 au Sud de Renard, enfin le long de la base des tufs, au Nord d'Azolette, de Propières, de Chénelette.

Ils atteignent environ 200 m. d'épaisseur en alternance avec des schistes, au-dessus de la vallée de l'Azergue, à la Combe Anglaise, à l'Ouest de Létra.

En cet endroit, leur base, qui repose sur le substratum gneissique, contient de fins galets de roches de ce substratum (*gneiss* et *séricitoschistes*) (9).

A la ferme du Pont, au Nord du Goujet, on trouve un conglomérat assez fin contenant des débris d'un séricitoschiste qui est une véritable *mylonite* à *épaves de quartz et de feldspath* et des débris de gneiss et de micaschistes (8).

Dans la carrière des Caberthaux, à l'Ouest de Vaux, les tufs rhyolitiques contiennent des débris de séricitoschistes et de gneiss.

Des galets de *granite*, de *granulite*, de *syénite*, ont été trouvés dans les poudingues du Parassoir, de la Croix-Nicelle. Des galets d'*oligoclasite* existent également à la Croix-Nicelle, des galets de *trachyte* sont abondants à Bon-Air (la Cantinière) et sous le Parassoir, enfin des galets de *rhyolites* sont particulièrement nombreux vers le haut des poudingues de la Chapelle-de-Larrat — la Combe Anglaise où la ligne de rivage paraît avoir subsisté longtemps.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les galets de *calcaire viséen*, à Foraminifères, sont très fréquents et parfois abondants (Col de la Croix-Paquier au Nord de Tarare, la Chapelle-de-Larrat et Létra, Nord d'Azolette).

De nombreux galets de *quartz*, de *quartzites*, de *lydiennes* riches en Radiolaires (la Croix-Nicelle), de *grès arkosiens*, accompagnent les précédents.

Ainsi l'on peut affirmer, en se basant sur l'étude des galets, que le dépôt des poudingues s'est fait au voisinage de gneiss, de micaschistes, de certains granites et de mylonites partiellement émergées ; il a débuté postérieurement à de premiers événements volcaniques avec sorties d'andésites, d'oligoclasites, de trachytes, il s'est poursuivi postérieurement au dépôt des formations calcaires fossilifères du Viséen et pendant les éruptions qui se sont développées au Viséen (leucotéphrites et surtout rhyolites).

LE SOCLE CRISTALLOPHYLLIEN

Ce socle a compris des gneiss à microcline et mica blanc (le Breuil, Pont-Tarret), des gneiss à biotite et à grenat (Rivolet), des gneiss amphiboliques à plagioclases, des amphibolites un peu feldspathiques (Belleroche, près Villefranche).

Mais ces formations sont restées rarement intactes — deux causes importantes les ont souvent profondément modifiées ; d'importants efforts tectoniques les ont partiellement cataclasées et mylonitisées ; les granites carbonifères les ont par place métamorphisées.

Cataclase et mylonitisation des gneiss.

C'est aux abords de la bordure des formations primaires du Carbonifère marin que se manifestent le plus fortement les phénomènes de broyage du matériel cristallophyllien sous-jacent.

La route du fonds de la vallée du Souman, au départ de Valsonne vers Saint-Clément, traverse un matériel feldspathique écrasé montrant des épaves de plagioclases dans une monture où sont nées des zones et des taches d'épidote, de zoizite, de chlorite, avec passage à des chloritoschistes et à des schistes à épidote.

Plus à l'Est, au delà de Saint-Clément, à 3 km. avant le Pont-Tarret, on trouve un gneiss à microcline et albite, avec mica blanc, dans lequel existent de nombreuses zones de matériel brisé, grossièrement parallèles aux lits du gneiss, et où sont nés de fins quartz de néogenèse, des chlorites, du sphène.

Puis viennent des passages de gneiss à amphibole avec lits

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de véritables amphibolites; là encore se rencontrent des zones de matériel brisé, où sont nées secondairement des aiguilles d'actinote et des grains d'épidote et de zoizite.

Ainsi le laminage des gneiss est notoirement plus intense près de Valsonne, sous le revêtement viséen, que vers Pont-Tarret, à environ 12 km. plus à l'Est. Si l'on se porte plus au Nord dans la vallée de l'Azergue, près Le Pont (Létra), sous le revêtement de viséen, on trouve également un matériel très broyé avec glandules de plagioclases et d'amphiboles, et quartz à extinction roulante.

Enfin une grande carrière à la sortie ouest de Rivolet, sur la route de Villefranche à Saint-Cyr, est ouverte dans un gneiss à grenat très broyé. La planche X montre une épave de ce gneiss entourée de sa propre monture.

LE MÉTAMORPHISME PAR LES GRANITES CARBONIFÈRES POST-VISÉENS

Toutes les formations précédemment étudiées ont été partiellement métamorphisées par les granites carbonifères. Ces granites ont une ampleur considérable tant à l'Est (granites d'Odenas, de Saint-Vérand, de Fleurie) qu'à l'Ouest (granite de Monsols, granite de Matour).

Métamorphisme des schistes, des calcaires et des poudingues viséens.

Les points les plus intéressants pour observer ce métamorphisme sont à l'Est de Saint-Clément-sous-Valsonne (Col de la Croix-Paquier et carrière sous la Rotodière), le Col de la Cantinière (village de Bel-Air), à 100 m. au N de le Parassoir sur la route de Vaux (Saint-Cyr), les montagnes du Monet, du Saint-Rigaud et de Charuge, la région entre Villard et Matour.

Ce sont les poudingues qui apportent la plus curieuse diversité de néogenèses cristallines en milieu solide presque parfaitement respecté. Les galets de quartz et de quartzite restent en l'état, sauf des néogenèses de quartz, ceux de calcaire viséen se transforment soit en cipolin s'ils sont purs (Bel-Air), soit en cornes amphiboliques (Saint-Clément) s'ils sont marneux.

Le bord de certains galets de calcaire marmorisé montre au contact du ciment argilo-gréseux, des cristaux d'amphibole (au-dessus du Château de la Farge, Ouest du Monet). Les ciments se chargent soit d'amphibole, soit d'augite, soit de biotite en petits cristaux naissants extrêmement nombreux. Des bancs

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

alternants plus schisteux ou plus marneux ont donné, les premiers, des bancs de cornes micacées, les seconds, des bancs de cornes amphiboliques (carrière de Saint-Clément, ravin des Bas-Blanchons au Saint-Rigaud, Mussery). Des schistes tachetés et maclifères, à andalousite plus ou moins développée et parfois à cordiérite, s'observent sur le versant est du Monet, entre la Charbonnière et les Canards, entre Villard et Matour, etc...

La continuité des formations viséennes intactes, puis qui se métamorphisent en s'approchant du granite, est particulièrement frappante au Nord de Propières et d'Azolette, sur le versant ouest du Saint-Rigaud.

Aux lentilles de calcaires à *Endothyra* de Bridet et aux poudingues à galets de ces calcaires, font immédiatement suite vers l'Est, les poudingues métamorphisés à galets de cipolin et à pâte de cornes micacées et amphiboliques des Bois de la Farge.

Métamorphisme des formations volcaniques.

Toute la série des roches volcaniques et des roches pyroclastiques qui les accompagnent montre en certains endroits un beau métamorphisme granitique. Les andésites de la Cantinière (S. 872, sur a de Granges), celles de la carrière SW de 517 Rivolet, de la carrière au NW du col de Pierre-Plate montrent en plaques minces leur pâte enrichie en une infinité de cristaux naissants d'amphibole ; cette néogenèse a, par contre, respecté les feldspaths des deux temps de la roche volcanique qui n en contiennent presque pas.

Une partie des diorites, microdiorites et dolérites qui se développent si abondamment au Sud et au Nord de Beaujeu, le long et à la base des tufs du Culm (croix de Marchampt et crête 780-626, cote 608 NW Quincié, le Molard, Champagnon, Changis, Émeringe, Saint-Verand) représente peut-être des amas d'andésite métamorphisée.

Les oligoclasites de la carrière au Nord de Serfavre, sur la route de Rivolet à Saint-Cyr, sont pétries de mica noir naissant en très petites lamelles de trois à six microns, nées également dans la pâte et moins au sein des grands cristaux et des microlites de feldspath.

La fluidalité de la roche volcanique, bien marquée par l'écoulement des microlites en lignes parallèles, reste très nette ; les cristaux naissants de mica ne sont nullement pris dans cet écoulement et n'ont subi aucune orientation ; ils sont répartis en un saupoudrage général avec tendance à s'agglomérer en certains

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

points suivant des amas à contours nuageux (voir Pl. XI) ; ils occupent les fissures fines des grands feldspaths cassés ; leur naissance par un métamorphisme thermique, sans pression dirigée, est certaine.

Le même type d'oligoclasite métamorphisée se retrouve à l'Ouest de Villard, près de Matour. J'ai montré précédemment (7) que la leucotéphrite des Cours était métamorphisée, et j'ai signalé en 1913 (5) que le métamorphisme granitique avait largement intéressé les tufs rhyolitiques du Culm dans toute leur épaisseur. Les roches autrefois dénommées microgranulites brèchiformes de la Mère Boittier (cote 761 à l'Est de Tramayes) sont des types de microgranites résultant d'un métamorphisme très avancé des tufs rhyolitiques ; leur richesse en mica noir polysynthétique caractéristique des phénomènes de contact est considérable ; le développement de ce mica noir en fines lamelles sur l'emplacement des grands micas hexagonaux originels des tufs rhyolitiques, en d'autres lieux si souvent chloritisés, est instructif comme preuve de néogenèses cristallines en milieu solide. Il faut insister ici sur l'interprétation erronée donnée autrefois à de grandes masses de roches dénommées microgranulites et considérées comme formées en vastes et épaisses coulées ; ces roches qui constituent la ligne de faîtes allant du Mont Chétail (SW d'Ouroux) jusqu'aux Bois de Cluny, le long de la bande granitique de Saint-Jacques-des-Arrêts à Bourgvilain, sont des microgranites de digestion des tufs rhyolitiques du Culm. Il faut les comparer aux microgranites de voûtes des massifs de granite que j'ai décrits sur la feuille de Château-Chinon, dans le Morvan (6).

Métamorphisme des gneiss et de leurs broyages.

Les formations gneissiques du substratum sur lequel reposent les roches du Culm ont subi comme ces dernières le métamorphisme post-viséen qui a conduit à la genèse des granites de cette époque.

Les gneiss œillés à grenat que recoupe la route de Montmélas au col de Saint-Bonnet, montrent, en dehors des lits de quartz et de feldspaths restés intacts, des lits et des fissures où le mica noir polysynthétique en très petites lamelles est développé en abondance.

Sur la route de Rivolet à Saint-Cyr (sous 633 S Saint-Cyr), à l'orthose, à l'oligoclase, au quartz des gneiss, plus ou moins disloqués, viennent se juxtaposer dans des nids et des fissures,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

du mica noir polysynthétique et de la micropegmatite dus au métamorphisme. Il y a passage à un microgranite de digestion de gneiss. Dans les gneiss amphiboliques cataclasés que l'on rencontre sur la route de Pont-Tarret à Saint-Clément, le développement de fines aiguilles d'amphibole, au détriment des grandes amphiboles primaires plus ou moins écrasées, est à attribuer au métamorphisme par le granite.

Occasionnellement les broyages de gneiss ont été remplis eux aussi de mica noir polysynthétique. On trouve entre Villard et Matour de vraies mylonites riches en ce mica et transformées en cornes micacées avec andalousite, de même près du col de Pierre-Plate.

CONCLUSIONS

Un certain nombre de faits paraissent bien établis à la suite des constatations préalablement exposées. En quelques points, dans le Sud-Ouest de la feuille de Bourg, les conglomérats viséens non métamorphisés reposent en transgression sur un socle cristallophyllien qui fait substratum à l'ensemble d'un Dévonien supérieur possible et du Carbonifère marin. Aux gisements de calcaire viséen fossilifère connus, il faut ajouter celui de la Triche, au Sud de Marchampt, qui est un lambeau abaissé par failles au milieu des cornes amphiboliques.

La série des éruptions volcaniques qui s'est terminée au Viséen supérieur par les déjections rhyolitiques si abondantes, autrefois appelées tufs du Culm, a débuté par des éruptions andésitiques, oligoclasiques, et trachytiques, dont on ne peut donner un âge précis, mais qui sont de peu antérieures aux tufs rhyolitiques viséens. Partout où on les rencontre, elles sont, en effet, à leur base. Je rappellerai que le volcanisme a débuté dans le Morvan dès le Famennien pour se développer au Tournaisien et au Viséen et que l'on ne peut faire abstraction de la similitude des formations dans ces deux régions relativement voisines.

Le métamorphisme granitique post-viséen a profondément modifié et rongé la base des formations viséennes (longue bande des formations cornées et dioritisées de Saint-Cyr à Beaujeu et Saint-Vérand, vers l'Est ; mêmes roches de la région de Charuge, Mussery, Saint-Bonnet-des-Bruyères, vers l'Ouest).

Ce métamorphisme est monté par place très haut dans la série viséenne, traversant les schistes, les calcaires et les poudingues, et transformant d'importantes masses de tufs rhyolitiques en microgranites ; et l'on peut dire que la masse des formations

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

viséennes métamorphisées l'emporte sur celle des formations viséennes intactes.

Le substratum cristallophyllien a été également profondément atteint par le métamorphisme granitique carbonifère. Il y a lieu de noter l'ampleur des broyages au sein de ce substratum immédiatement au-dessous des formations qu'il supporte.

Je rappellerai ici que MM. J. Jung et E. Raguin (10) (11) ont émis l'hypothèse de l'existence d'une série épi-cristallophyllienne dans le Beaujolais qu'ils ont dénommée complexe de Violay-Néronde. Ils y ont inclus des roches d'origine volcanique et pyroclastique avec grands cristaux d'andésine, et parfois une structure microlitique. Ils citent comme minéraux de néoformation dans ces roches la séricite, la chlorite, la hornblende, l'épidote, la zoïzite. La biotite serait toujours absente.

Les caractéristiques minéralogiques seraient celles du terme le plus élevé de la série cristallophyllienne ou zone de la chlorite de Harker. Leur liaison naturelle serait avec le socle des vieux gneiss sous-jacents, et l'on y verrait l'une des plus anciennes formations volcaniques du sol français.

Je ne puis me ranger à cette manière de voir.

Les formations volcaniques en question que j'ai signalées en 1913 (3) sous le nom de porphyrites amphiboliques forment la suite de celles que je viens de décrire et correspondent aux andésites et oligoclasites qui ont été étudiées sur les feuilles de Bourg et de Mâcon.

Or la pâte de ces roches est, dans quelques gisements, envahie par des biotites polychroïques et très biréfringentes, sous la forme polysynthétique si caractéristique du métamorphisme thermique, de contact du granite. Aucune orientation spéciale de ces minéraux de néogenèse ne signale une cristallisation sous pression dirigée, telle qu'en présente les formations cristallophylliennes. J'ajoute que toutes les formations de la série viséenne montrent éventuellement les mêmes biotites dues au même métamorphisme granitique, les poudingues de Saint-Clément-sous-Valsonne, ceux du Bois de la Farge, sur le flanc ouest du Monet, qui sont les équivalents certains des poudingues de Néronde, les tufs rhyolitiques les plus élevés eux-mêmes, enfin les gneiss du substratum.

D'autre part, ces roches volcaniques de base ne sont pas toujours métamorphisées ; à Bois-Robert près de Tarare, sur la route de Cluny à Igé, ou quand on les rencontre en galets dans les poudingues viséens (la Croix-Nicelle), elles sont parfaitement intactes ; ceci ne pourrait exister si elles avaient fait partie inté-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

grante d'une série cristallophyllienne. Enfin, comme je l'ai montré plus haut, elles accompagnent fidèlement, très loin vers le Nord, la base des formations viséennes, alors même que l'on s'éloigne considérablement des régions où apparaît le substratum cristallophyllien. Elles ont subi en certains points les écrasements résultants de la tectonique hercynienne et, dans ce cas, elles ont été envahies par des chlorites, des séricites, des épidotes, des sphènes. Elles n'en appartiennent pas moins à la série carbonifère. Il faut rappeler ici que les matériels viséens eux-mêmes ont été parfois tellement plissés, écrasés et laminés par les poussées hercyniennes qu'ils sont devenus de véritables chloritoschistes et séricitoschistes (tufs avec scories, et ponces vitreuses emballant les calcaires viséens à la carrière du Grand Saint-Pierre et à la Béruda) ; ces formations ne sont cependant pas à intégrer dans une série cristallophyllienne ancienne.

BIBLIOGRAPHIE

1. A. Julien. — Le terrain carbonifère marin de la France centrale. Paris, Masson, 1896.
2. Alb. Michel-Lévy. — Les terrains primaires du Morvan et de la Loire. *Bull. Carte Géol. France*, n° 120, 1908.
3. — Révision de la feuille de Lyon au 80.000e. *Bull. Carte Géol. France*, n° 133, t. XXII, p. 111-124, 1913.
4. — L'âge limite du granite dans les Monts du Mâconnais et du Beaujolais. *CR. Ac. Sc.*, t. 157, p. 954, 1913.
5. — Les effets du métamorphisme granitique dans les tufs éruptifs carbonifères des environs de Mâcon. *CR. Ac. Sc.*, t. 167, p. 1448, 1913.
6. — Quelques observations sur les formations primaires du Nord du Morvan. *Livre Jubil. Soc. Géol. France*, p. 513, 1930.
7. — Métamorphisme par le granite de la leucotéphrite à pyroxène des Cours, près de Mâcon. *Bull. Soc. Géol. France*, (5), t. III, p. 487, 1933.
8. — Présence de mylonites dans un conglomérat viséen au Sud de Tarare et interprétation des terrains anciens dans les Monts du Lyonnais. *CR. Ac. Sc.*, t. 202, p. 1203, 1936.
9. — Éléments du socle cristallophyllien remaniés en galets dans le conglomérat de base du Viséen près de Létra (vallée de l'Azergue, Rhône). *C. R. S. Soc. Géol. France*, n° 5, p. 52, 1937.
10. J. Jung et E. Raguin. — Discordance du Viséen sur le socle cristallophyllien entre Balbigny, Néronde et Violay (Loire). *C. R. S. Soc. Géol. France*, n° 16, p. 248, 1935.
11. J. Jung et E. Raguin. — Pétrographie d'une série épi-cristallophyllienne du Beaujolais. *CR. Ac. Sc.*, t. 202, p. 330, 1936.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Contribution a la connaissance des phosphorites du Quercy

par **Bernard Gèze** [1].

SOMMAIRE

Introduction. Historique sommaire des recherches.
I. Les gisements. — Situation géographique. Description des gisements. Stratigraphie des dépôts : Fouilles de 1937.
II. La faune. — Caractéristiques de la faune. Répartition de la faune.
III. Le phosphate. — Anciennes hypothèses sur la genèse des phosphorites. Origine première du phosphate. Mécanisme de la solubilisation du phosphate. Forme migratrice du phosphate.
IV. L'histoire des phosphorites et ses enseignements. — Évolution du Quercy depuis l'Éocène. Causes de la répartition actuelle des gisements. Les réserves du Quercy.
Conclusions générales.
Bibliographie.

INTRODUCTION

Si les phosphates concrétionnés ou *phosphorites* du Quercy ont actuellement perdu tout intérêt économique, les conditions assez étranges de leur gisement, la répartition de la célèbre faune que leur exploitation fit découvrir depuis 1870 et la genèse des dépôts phosphatés eux-mêmes n'en ont pas moins posé bien des problèmes dont les solutions ne sont pas encore définitives.

Les observations, dont les résultats sont exposés ici, ont pu être effectuées au cours de l'été 1937 grâce à une mission scientifique dont le Muséum national d'Histoire Naturelle m'a fait l'honneur de me charger, sur la demande de M. le professeur Arambourg auquel va toute ma respectueuse reconnaissance.

Je dois aussi remercier sincèrement M. le professeur Clozier qui m'a souvent guidé sur le Causse de Limogne, M. Bru, de Vaylats, qui m'a gracieusement autorisé à effectuer dans sa propriété d'Aubrelong les fouilles paléontologiques qui me semblaient utiles, et M. Garaudeaux, ingénieur agronome, à qui je dois les nombreuses analyses dont je fais état dans cette note.

1. Note présentée à la séance du 7 mars 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Historique sommaire des recherches: — La découverte des phosphorites par A. Poumarède, près de Cos, commune de Caylus (Tarn-et-Garonne), remonte à 1865. L'exploitation ne commença qu'en 1870, mais prit très vite un assez grand développement pour s'éteindre à peu près totalement vers 1900, sauf quelques reprises insignifiantes ultérieures [1].

Les publications ayant trait à la nature des gisements, à la composition de cette « chaux phosphatée » et à l'existence d'ossements fossiles dans ces mêmes dépôts suivirent de peu les premiers travaux et devinrent innombrables en quelques années. On ne peut mieux faire à ce sujet que de renvoyer à la bibliographie détaillée donnée par Thévenin en 1902, tout en insistant sur les mémoires fondamentaux de Filhol (1877), Dieulafait (1885), Vasseur (1891), Carnot (1896) et Fournier (1896).

Depuis 1902, d'importantes études ont été encore effectuées, au point de vue paléontologique, par MM. Gaillard (1908), Teilhard de Chardin (1914 et 1916) et Piveteau (1931 et 1935); au point de vue morphologique, par MM. Clozier (1927 et 1932), Baulig (1928) et Sermet (1929 et 1933); enfin en ce qui concerne la nature et la genèse des phosphorites, par MM. Negre (1908), Lacroix (1910) et de Launay (1913).

Dès le début des observations, et malgré l'opinion contraire de Filhol, il a été reconnu que l'âge des fossiles des phosphorites s'échelonnait entre l'Éocène supérieur et l'Oligocène supérieur. Seuls quelques points de détail ont été discutés ultérieurement.

Au contraire, la nature des gisements, leur mode de remplissage et la formation des dépôts phosphatés ont fait l'objet de commentaires passionnés.

Sans doute, depuis la magistrale réfutation de Dieulafait, personne n'admet plus les hypothèses d'une origine filonienne du phosphate (Combes, Daubrée, Trutat) ni même hydrothermale ou geyserienne avec remplissage de cavités antérieures par des produits boueux et phosphorés (Filhol, Rey-Lescure), mais les divergences d'opinions demeurent encore considérables.

Pour les uns (Dieulafait, Carnot, Thévenin, Gaillard, Clozier), les phosphatières sont des *poches de corrosion* dans le calcaire, toujours fermées par le bas, tandis que pour les autres (Fournier, Baulig, Sermet), ce sont des *cavernes de l'époque éogène*, en tout comparables aux actuelles.

1. Historique de l'exploitation et des anciennes théories sur la formation des phosphatières dans Thévenin [40], Gaillard [18], Sermet [35], Negre [27], Gèze [21].

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'accumulation phosphatée s'expliquerait, soit par l'*origine animale du phosphate* (Peron, A. Gautier), soit par remise en solution du *phosphate des mollasses tertiaires* (de Launay), soit par un processus de *concentration en profondeur et concrétionnement des phosphates contenus en traces dans les calcaires jurassiques du Causse, sous l'action d'eaux lagunaires acides* (Dieulafait) ou plus simplement d'eaux de ruissellement riches en gaz carbonique (Carnot).

Le *remplissage des cavités* se serait produit maintes fois, en même temps que leur creusement (Dieulafait, Gaillard) ; il résulterait plutôt de l'enfouissement sur place dans des cavernes creusées antérieurement (Fournier, Thévenin, Baulig, Sermet), ou encore de l'entraînement dans des dolines de dépôts superficiels plus anciens qu'elles (Clozier).

La *répartition des gisements*, d'après Peron, puis Fournier, serait telle qu'aucun gisement ne pourrait se trouver en dehors des Causses bathoniens et callovo-oxfordiens, ni à une altitude supérieure à 350 m., mais Thévenin a montré que les calcaires du Bajocien ou même du Lias en renfermaient aussi et que l'altitude indiquée était notablement dépassée au voisinage du Massif Central.

Mes recherches personnelles dans le Quercy, commencées il y a plusieurs années, furent d'abord dirigées vers un tout autre sujet que l'étude des phosphorites [20]. Cependant, l'examen des circulations souterraines actuelles m'a conduit naturellement à reconnaître les témoins des circulations anciennes et à envisager la question des phosphorites sous un jour assez nouveau. Néanmoins, les hypothèses suggérées par l'observation des anciennes exploitations abandonnées ne pouvaient acquérir une certaine valeur qu'à la suite de vérifications dans des gisements encore vierges. Là était le but principal des fouilles que j'ai dirigées l'été dernier et qui m'ont renseigné sur le mode de comblement, la stratigraphie et la répartition des phosphatières.

I. — Les gisements

Situation géographique. — La région des phosphorites est strictement limitée à la partie méridionale du Haut Quercy jurassique, entre les vallées du Lot et du Célé au Nord, de l'Aveyron au Sud, les terrains cristallins du Rouergue à l'Est et les affleurements tertiaires du Bas Quercy à l'Ouest, dans les départements du Lot, de l'Aveyron, du Tarn-et-Garonne et du Tarn,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

approximativement entre les villes de Cahors, Figeac, Gaillac et Montauban.

Dans la moitié occidentale de cette contrée, les terrains du Jurassique moyen et supérieur forment de grandes surfaces calcaires à faible pendage ouest dans lesquelles les circulations souterraines jouent actuellement un très grand rôle. L'étude de l'histoire géologique du Quercy nous montrera qu'il en était de même au Tertiaire.

La moitié orientale, par contre, reflète une tectonique plus complexe. De nombreux dômes y apportent une sensible variété d'aspects géologiques et topographiques, aussi les gisements s'y rencontrent-ils beaucoup plus discontinus.

Pour l'ensemble du Quercy, les cartes géologiques au 1/80.000e [1] et celle de Thévenin en indiquent environ 85, mais j'ai pu me rendre compte que ces évaluations étaient notoirement insuffisantes et qu'il fallait en compter un minimum de 250.

Ces exploitations sont parfois étrangement fréquentes dans certaines localités, par exemple à Prajous (Cajarc), Bach, Sindou (Vaylats), Mouillac, Pendaré (Caylus), etc..., mais l'un des plus curieux groupements s'observe à Pech Bartas (Concots), où, dans un bois de moins de deux hectares, se rencontrent une quarantaine de cavités, profondes de 2 à 35 mètres.

Leur répartition régionale mérite d'ailleurs d'être notée : plus de 200, c'est-à-dire la très grosse majorité, se situent à l'Ouest du Causse, à peu de distance de la « falaise bordière » du golfe tertiaire de Cieurac [2], 25 s'égrènent sur les plateaux riverains du Lot et du Célé ; 10 ont été décelées sur le Causse de Villeneuve, au voisinage du bassin tertiaire d'Asprières ; une dizaine encore jalonnent la crête médiane du Causse de Limogne ; quelques autres enfin paraissent isolées dans divers emplacements (fig. 1). J'essaierai plus loin d'expliquer cette remarquable distribution, qui n'avait jamais été indiquée.

Description des gisements. — Les exploitants distinguaient parmi les phosphatières deux principales catégories : les « poches », cavités arrondies, aux parois plus ou moins verticales et de profondeur parfois assez grande, les « filons », fissures beaucoup plus longues que larges, généralement moins profondes que les poches.

1. Feuilles de Gourdon, Figeac, Cahors, Rodez et Montauban.

2. Les sédiments stampiens du Bas-Quercy viennent buter, par l'intermédiaire de brèches, contre le Haut-Quercy jurassique, dont le rebord assez abrupt constitue une véritable falaise antéstampienne (Vasseur [42] et Fournier [16]).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Fig. 1. — Carte des gouffres a phosphorite du Quercy,
à l'échelle du 1 : 380.000e [réduction de la carte au 1 : 320.000e, n° 26, Rodez].

D'après des observations effectuées en 1936 et 1937, les cartes géologiques au 80.000e de Gourdon, Figeac, Cahors, Rodez, Montauban, Albi, et les cartes de Risler et Thévenin. Hachures obliques : terrains cristallins et cristallophylliens. Pointillé : Sidérolithique et Sannoisien. Hachures horizontales : Stampien. Hachures verticales : Chattien. Les gouffres à phosphorite isolés sont représentés par un point ; les plus importants sont entourés d'un cercle. Les groupements sont représentés par une croix.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il est maintenant facile de se rendre compte que les premières sont des dolines ou plus fréquemment des gouffres d'érosion, tandis que les seconds ne sont que des galeries de grottes et d'anciennes rivières souterraines en hautes diaclases [1].

Aussi, contrairement aux écrits de la plupart des auteurs, importe-t-il de noter que le terme de poche n'est pas plus exact que celui de filon pour désigner des gisements de phosphorite; il implique en effet l'idée d'une cavité bouchée vers le bas, ce qui est manifestement faux, les avens aboutissant toujours à des réseaux souterrains conditionnés par le niveau de base des résurgences. Les exploitations n'ont été arrêtées que par des étroitures mal commodes, les difficultés inhérentes à la trop grande profondeur et l'invasion des eaux souterraines actuelles [2].

L'aspect absolument typique des gouffres d'érosion se retrouve souvent et les formes extérieures elles-mêmes sont quelquefois conservées. Ainsi la principale « poche » de Pech Bartas (Concots) montre une magnifique gueule d'abîme, au milieu d'un important lapiaz dont toutes les fissures, tributaires du gouffre, ont été dégagées par l'exploitation de l'argile phosphatée qui les emplissait.

La « poche » de Saint-Jean-de-Laurs, large d'une cinquantaine de mètres, longue de 150, profonde de 25, n'est qu'une grande doline, aux parois très corrodées, qui aboutit à un gouffre grandiose (fig. 2). D'après la tradition, celui-ci, le plus important du Quercy, descendrait à plus de 100 m. au-dessous de la surface; en réalité, il ne semble pas que l'exploitation se soit enfoncée à plus de 75 m. et, comme pour la plupart des phosphatières, la profondeur indiquée autrefois, paraît avoir été exagérée.

En effet, par exploration directe ou sondage précis d'environ 150 gisements, je n'ai pu trouver aucune cavité dépassant ce nombre de 75 m. et les principales n'atteignent que les suivants :

Escabasse (Bach) : 60 m., Las Temparios (Escamps) : 45 m., Roquebrune (près Mouillac, Caylus) : 43 m., La Garouillade (près Malpérié,

1. Ce qui explique la constance relative de certaines directions de gisements, raison de la théorie filonienne. A vrai dire, les alignements E-W et N 20° E, maintes fois cités, ne sont pas les seuls : j'en ai observé de nombreux N-S ou NW-SE, en accord avec les directions de failles et de diaclases du Quercy méridional.

2. On a beaucoup écrit sur les ruisseaux souterrains rencontrés au fond de ces exploitations. Leur présence n'est pourtant pas extraordinaire, car les eaux actuelles ont suivi naturellement les fissures préexistantes même lorsqu'elles avaient déjà été utilisées au Tertiaire. Il est d'ailleurs possible que de fortes résurgences, qui jaillissent aux environs de Puy-la-Roque au-dessous des terrains tertiaires, aient de cette façon « hérité » des trajets souterrains de l'ancien drainage.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Caylus) : 38 m., Pech Bartas (Concots) : 35 m., Teil et Les Combasses (Vaylats), Combel de la Devèze (Mouillac) : 30 mètres.

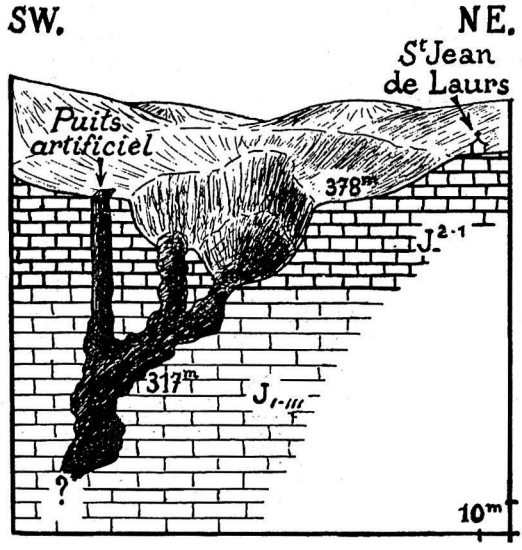


Fig. 2.
« Poche » a phosphorite de Saint-Jean-de-Laurs.

Par contre, leur étendue est parfois considérable et la succession des grandes salles et des boyaux étroits, déjà signalée

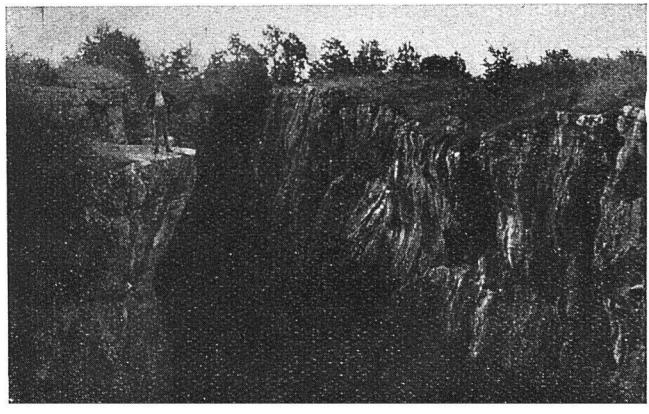


Fig. 3. — « Filon » a phosphorite de Cloup Daural, près Bach.
(Cliché communiqué par les *Annales de l'Institut National Agronomique.*)

par Dieulafait, manifeste bien leur identité avec les cavernes actuelles.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les « filons » de Larnagol, longs de 500 m., de Pendaré (Caylus), de 250 m., de Pech-Méja (Cénevières), de 200 m., de Cloup Daural (Bach), de 150 m., et bien d'autres encore, ne sont que des diaclases à peine élargies en galeries de grottes et que l'érosion a ramenées au jour par décapage superficiel (fig. 3). Mais il n'en est pas toujours ainsi, et contrairement à ce qu'ont dit bien des auteurs, les couloirs entièrement souterrains ne sont pas rares : Aux Temparios (Escamps), deux « poches » et cinq puits artificiels jalonnent l'un d'eux sur 200 m. ; aux Combasses (Vaylats), un de ces « filons », d'abord superficiel, s'enfonce progressivement sous terre et rejoint au bout de 200 m. une « poche » grandiose dont il était tributaire ; près d'Itardios (Mouillac), plusieurs boyaux hypogés viennent confluer de même dans une grande cavité où se devine encore le point d'absorption de toutes les eaux drainées par ces fissures.

En définitive, aucun doute ne subsiste plus quant à l'origine karstique de ces gisements, et tous les intermédiaires sont possibles entre les « poches » et les « filons », preuves d'*engouffrements* et de *circulations souterraines* intenses pendant la première moitié du Tertiaire.

Stratigraphie des dépôts : Fouilles de 1937. — Le remplissage de ces cavités est constitué principalement par de l'argile rouge phosphatée riche en limonite pisolithique, par des concrétions de phosphorite (26 à 38 % de P_2O_5) et de calcite, quelquefois de pyrolusite [1], plus rarement par des cailloutis calcaires ou quartzeux et par des grès passant à des arkoses ou à des conglomérats à ciment phosphaté [2].

Dans les « poches », la phosphorite se trouve généralement en masses irrégulières disséminées dans l'argile ; mais, comme dans les « filons », elle forme aussi des placages épais et de qualité excellente contre les parois verticales ; d'une façon assez constante, elle enduit tous les rochers et tous les cailloux que l'on retire des cavités.

La description des gisements que j'ai exploités à Aubrelong (commune de Vaylats, Lot) et à Pech Méja (commune de Cénevières, Lot) permettra d'ailleurs de se faire une idée plus précise du comblement des phosphatières :

1. Les dendrites de manganèse sont fréquentes dans les phosphates, mais les amas de pyrolusite sont parfois assez abondants pour constituer à eux seuls le comblement des cavités (près de Pech Méja, commune de Cénevières, par exemple).

2. Notamment à Péch Méja et surtout à Prajous, près de Cajarc, où les galets quartzeux atteignent 10 cm. de diamètre et où le ciment renferme 8,84 % de P_2O_5.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La « poche » n° 1 d'Aubrelong (altitude 285 m.) s'ouvre près de la petite route de Vaylats, à 500 m. NW du vieux château d'Aubrelong. Assez riche en phosphorite, elle n'a pu être exploitée que sur deux mètres de profondeur, en raison de son exiguïté. L'argile rouge qui s'y trouvait sans aucune stratification a livré des ossements isolés d'*Anoplotherium commune* Cuv. en assez bon état et quelques autres peu déterminables.

La « poche » n° 2 d'Aubrelong (altitude 280 m.) s'ouvre dans un bois à 250 m. SW de la précédente, 5 m. au-dessous d'un chemin d'exploitation. C'est un véritable petit gouffre dont l'ouverture ovale mesure 2 m. 40 sur 4 m. 15. A la suite d'un mois de fouilles, les travaux ont été arrêtés à la profondeur de 9 m., mais la cavité continue parfaitement plus bas.

L'extraction a porté sur environ 40 m. cubes de matériaux, dont le dixième seulement était représenté par un mélange de concrétions de calcite et de phosphorite. Ces dépôts formaient sur les parois d'épais placages où le phosphate, parfois presque seul, était cependant toujours séparé du rocher par une couche de calcite. Quelquefois les deux minéraux alternaient régulièrement. La calcite se montrait isolée, soit en coulées stalagmitiques, soit en gros blocs dans la masse de l'argile, mais on pouvait aussi la trouver emballée dans la phosphorite, ou plus rarement rayonnante autour d'un rognon phosphaté.

Dans l'ensemble, le phosphate de chaux n'excédait pas le tiers des concrétions. La plus grande partie du remplissage était donc constituée par de l'argile rouge pisolithique et phosphatée (3,17 % de P_2O_5), passant localement à de l'argile plus jaunâtre (2,33 % de P_2O_5), sans aucun indice de stratification.

L'argile jaune renfermait une grande quantité de petits ossements fragiles mais bien conservés, qu'il y a lieu d'attribuer à des Cheiroptères (*Rhinolophus* et *Vespertiliavus*?). L'argile rouge a livré des débris plus importants quoique relativement rares, très dispersés et en mauvais état. Aucun n'était en connexion avec d'autres pièces appartenant au même individu. La plupart sont roulés et difficilement déterminables ; certains cependant sont exceptionnellement bien conservés. J'ai pu reconnaître :

Palaeotherium sp., *Paloplotherium minus* Cuv., *Xiphodontherium primoevum* Filh., *Hyaenodon vulpinus* Gerv., *Amphimeryx sp.*, *Necrolemur antiquus* Filh., *Adapis magnus* Filh., nombreuses canines de Carnassiers et incisives de Rongeurs, mâchoire de Lacertilien.

La « poche » de Pech Méja (altitude 300 m. environ) s'ouvre 600 m. au SE du Mas de Pech Méja, 50 m. au S du chemin qui

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

joint ce domaine à la route de Lugagnac. C'est, dans un système de longues diaclases NW-SE depuis longtemps exploitées, une cavité large de 5 m. et profonde de 10, où une petite niche latérale n'avait pas été vidée de son contenu. Cette anfractuosité est intéressante en ce qu'elle montre une stratification partiellement entrecroisée très visible, où l'on distingue de bas en haut :

Rocher tapissé d'un mince enduit phosphaté.

1. — 0 m. 20 de cailloux roulés calcaires entourés de phosphate et emballés dans une argile jaunâtre sans fossiles.

2. — 0 m. 20 d'argile rougeâtre farcie d'ossements de *Pseudorhinolophus antiquus* Filh. en bon état et disposés en minces lits réguliers. Squelettes souvent complets [1]. Dans le même niveau : molaire de *Palaeotherium curtum* Cuv. et moulage en phosphorite d'un grand Coléoptère.

3. — 0 m. 05 à 0 m. 20 d'argile rouge presque sans fossiles, riche en petites concrétions de phosphorite et ravinant la couche précédente.

4. — 0 m. 15 d'argile violacée extrêmement riche en limonite pisolithique, qui achève le remplissage (1,99 % de P_2O_5).

Voûte tapissée d'un mince enduit phosphaté.

Les anciens déblais de ce gisement retiennent l'attention par l'accumulation de cailloux calcaires parfaitement roulés et par les grès grossiers à grains de quartz, paillettes de mica et ciment phosphaté (7,53 % de P_2O_5) qu'ils renferment.

II. — La Faune.

Caractéristiques de la faune. — Quoique plusieurs groupes de Vertébrés du Quercy soient encore très insuffisamment étudiés, il est possible de se représenter cette faune avec quelque exactitude grâce aux beaux travaux de Filhol et de MM. Gaillard, Piveteau, Stehlin et Teilhard de Chardin.

Il importe d'abord de remarquer que l'on a en réalité affaire à plusieurs faunes, se succédant dans le temps ; mais, comme l'a déjà observé Thévenin, leurs représentants conservent de telles analogies, en présence de condition de vie identiques, que leur ensemble garde une certaine unité et que l'on ne commet pas de véritable faute en continuant à parler de « la faune » des phosphorites.

A côté d'habitants des cavernes (Carnassiers, Lémuriens, Chauves-Souris, Rapaces nocturnes et diurnes, Insectes solifuges), se trouvent de nombreux petits Préruminants, Rongeurs,

1. Il est probable que la plaque ossifère exposée au Muséum et figurée dans les éléments de Paléontologie de Boule et Piveteau, p. 757, provient de ce gisement.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

petits Carnassiers, Oiseaux de grandes plaines et de climat chaud, et quelques Mammifères plus massifs, jouant le rôle des Chevaux, des Sangliers et des Rhinocéros actuels, dans les vastes savanes mollement ondulées qui devaient caractériser le Quercy à cette époque.

L'association la plus ancienne, d'ailleurs assez rare, datée par la présence de *Lophiodon*, est rapportée au Lutétien supérieur et au Bartonien. La faune ludienne à *Palaeotherium*, *Anoplotherium*, *Xiphodon*, *Adapis* est ensuite mieux représentée, puis les formes sannoisiennes, avec *Anthracotherium*, et surtout stampiennes, avec *Acerotherium*, *Cadurcotherium*, *Prodremotherium*, deviennent innombrables. Enfin, quelques individus semblent appartenir au Chattien-Aquitanien.

Répartition de la faune. — Nous avons vu que, si les « poches » d'Aubrelong n'ont manifesté aucune stratification, la niche de Pech Méja au contraire, malgré ses ravinements et remaniements partiels, a permis de discerner une remarquable succession de couches. Leur épaisseur est malheureusement insuffisante pour autoriser la distinction de faunes successives et le gisement trop restreint pour motiver des opinions sur les dépôts d'autres cavités.

Du moins, on ne constate pas à Aubrelong le « mélange des faunes » soutenu par divers auteurs. Les fossiles que j'y ai recueillis paraissent bien caractériser le Ludien mais la fouille est insuffisante pour affirmer qu'il n'existe pas au-dessous des restes plus anciens. De toute façon, la faune stampienne, généralement la plus abondante dans le Quercy, n'a pas été décelée.

Cette observation semble confirmer l'hypothèse de Thévenin, d'après laquelle les gisements n'auraient pas tous été comblés à la même époque et seraient par conséquent caractérisés par des fossiles différents. J'ai essayé de préciser ce dernier point par la récolte méthodique des débris déterminables que j'ai rencontrés dans les déblais des anciennes exploitations de la région d'Aubrelong. En voici le détail :

Jamblusse (Saillac) : *Cainotherium commune* Geof.

Les Devèzes (Vaylats) : *Cainotherium commune* Geof., *Hyaenodon* sp.

Le Travers (Vaylats) : *Cainotherium commune* Geof., *Aegialornis Leehnardti* Gail., Chéiroptère.

Teil (Vaylats) : *Paloplotherium Javali* Filh., *Anthracotherium magnum* Cuv., *Cainotherium commune* Geof., *Xiphodon gracile* Cuv., *Prodremotherium elongatum* Filh., *Lophiomeryx Gaudryi* Filh., *Stenoplesictis Cayluxi* Filh., Chéiroptères, plaque de Crocodilien.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cloup Daurat (Bach) : *Anthracotherium magnum* Cuv., *Prodremotherium elongatum* Filh.

Les Bories (Bach) : *Aegialornis Leehnardti* Gail.

Las Temparios (Escamps) : *Cainotherium commune* Geof,, *Xiphodontherium primoevum* Filh., *Vespertiliavus Brongnarti* Filh.

Pech Bartas (Concots) : *Cainotherium commune* Geof., *Trechomys* sp., *Palaeocryptonyx Depereti* Gail., *Palaeortyx* cf. *ocyptera* Mil.-Edw., Chéiroptères.

La grande abondance du *Cainotherium* et sa présence dans presque tous les gisements pourrait faire douter de l'hypothèse de Thévenin, si l'on ne remarquait que ce petit Artiodactyle, apparu au Ludien supérieur, fréquent surtout à l'Oligocène, mais encore bien représenté au début du Miocène, ne constitue guère un fossile caractéristique [1].

D'autre part, le gisement de Teil renferme une faune assez disparate, s'échelonnant du Ludien au Stampien. Il importe de remarquer cependant que les déblais où ont été recueillis ces ossements proviennent de plusieurs « poches » voisines, d'une telle importance que leur comblement peut bien avoir duré fort longtemps. Il est regrettable qu'une exploitation semblable n'ait pas été suivie de près par un géologue : La question du mélange des faunes ou de leur relative superposition, qui n'est pas sans importance pour l'histoire du Quercy, aurait été ainsi définitivement tranchée.

Quoi qu'il en soit, cette liste de fossiles, comme celles de Thévenin, paraît bien confirmer que le comblement des gouffres à phosphorite fut une œuvre de longue haleine. Suivant la situation géographique des gisements, il semble s'être achevé à des époques variées, de plus en plus récentes à mesure que l'on s'éloigne de la bordure ouest du Quercy jurassique (Ludien à Aubrelong, surtout Sannoisien près de Vaylats, Stampien à Bach), en liaison, peut-être, avec le début de la transgression des calcaires lacustres de Cieurac et de l'Agenais, qui s'avançaient progressivement sur le Causse, pour le fossiliser entièrement à l'Aquitanien [2].

1. Les Cœnothéridés viennent d'être subdivisés en plusieurs genres (J. Hürzeler. Osteologie und odontologie der Cœnotheriden. *Abhandlungen der schweizerischen palaeontologische Gesellschaft*, Band LIX. 1936) ; aussi mes déterminations devraient-elles peut-être subir une révision.

2. M. Piveteau [31] a signalé que l'existence du genre *Allomys*, venant s'ajouter à d'autres données, suggérait l'hypothèse que le remplissage a pu se poursuivre pendant une partie de l'Aquitanien. Cela n'est pas contradictoire s'il s'agit du début de l'Aquitanien et si le gisement d'où provient ce Rongeur s'ouvrait sur un point haut du Causse.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

III. — Le Phosphate.

Anciennes hypothèses sur la genèse des phosphorites. — Nous avons vu au début de cette étude que l'on avait successivement proposé pour le phosphate une origine hydrothermale, puis animale, enfin chimique. Il n'y a pas lieu de revenir sur la prémière, définitivement condamnée ; l'intervention des animaux, même si elle explique des dépôts locaux comme ceux de la grotte de Minerve (Hérault), ne peut être vraiment prise en considération dans le Quercy où la masse des fossiles, rares et dispersés dans l'argile rouge de remplissage, demeure absolument insignifiante en comparaison de l'énorme volume de phosphate retiré de certains gisements.

Cependant, la troisième hypothèse se heurte aussi à de graves difficultés. Thévenin, qui en donna un exposé auquel peuvent se ramener presque tous les autres, admettait que des eaux chargées de gaz carbonique attaquaient le calcaire jurassique normalement phosphaté et déposaient dans le fond des poches de corrosion le phosphate qu'elles avaient solubilisé.

Trois objections essentielles viennent immédiatement à l'esprit :

1° La solubilité du phosphate tricalcique dans des eaux, même saturées de gaz carbonique, à la pression atmosphérique, est assez faible (1 partie pour 1.789, dans les conditions les plus favorables rarement remplies) et de toute façon inférieure à celle du calcaire (1 partie pour 1.000 environ) [1].

Or, dans le Quercy, le phosphate a été parfaitement solubilisé avant de se transformer en concrétions de phosphorite et pourtant la calcite ne s'y rencontre pas avec une abondance extraordinaire. Si elle n'est pas rare dans certains gisements (Aubrelong), on peut se rendre compte par l'examen des déblais qu'elle n'a jamais encombré les exploitations comme on pourrait le supposer.

2° Les gisements de phosphorite ne sont pas des fonds de poches mais des gouffres où les dépôts existent à partir de l'ouverture parfois reconnaissable dans la pénéplaine éocène conservée intacte.

L'accumulation phosphatée, qui se rencontre aussi bien près de la surface qu'en profondeur, ne peut donc provenir *directement* du phosphate des calcaires encaissants.

1. Ainsi s'expliquent les gisements des craies phosphatées du Nord de la France où l'*infiltration* des eaux superficielles dans de *véritables poches* de décalcification dissout une certaine quantité de craie et laisse sur place un résidu de grains de phosphate non solubilisés.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

3° Les causes demeurant inchangées, il devrait y avoir des dépôts de phosphorite dans toutes les régions à calcaires phosphatés et le concrétionnement devrait se poursuivre aujourd'hui encore, ce qui est controuvé [1].

M. Gaillard, auquel cette dernière critique n'avait pas échappé, a expliqué le dépôt de phosphorite dans le Quercy par l'action des eaux météoriques qui, *aidées par le climat tropical de l'Éocène*, et séjournant dans des dolines, auraient entraîné des phénomènes successifs de concentration. Ne tenant pas compte des conditions réelles de gisement, cette hypothèse ne peut encore satisfaire pleinement.

Recherchant à mon tour une explication qui concilie tous les faits observés, je me suis d'abord demandé si les calcaires et mollasses tertiaires qui ont recouvert le Quercy n'avaient pas joué un certain rôle dans l'apport du phosphate [2] ; mais quoique une teneur extraordinaire, explicable sans doute par une accumulation locale d'ossements de vertébrés, soit signalée par la carte géologique de Cahors au voisinage de Thézels, la moyenne des sédiments tertiaires s'est montrée moins riche encore en acide phosphorique que les couches jurassiques [3]. Cette hypothèse, qui se heurterait par ailleurs à de nombreuses difficultés, n'a donc pas lieu d'être retenue.

Reprenant alors la question par sa base et sériant les difficultés, j'ai essayé de comprendre successivement quelle était l'origine primitive du phosphate, par quelle influence s'expliquait son évolution et comment il s'était déposé dans les gouffres du Quercy.

Origine première du phosphate. — Dieulafait estimait que la seule quantité de calcaire dissous lors de la formation d'une cavité renfermait plus de phosphate qu'il ne s'y en était déposé ultérieurement, mais les observations effectuées à Aubrelong contredisent formellement une telle allégation : Un mètre cube de cavité, dont le calcaire contenait 0 kg. 9 de P_2O_5, renferme

1. Les tufs quaternaires de Saint-Pierre-de-Livron (Tarn-et-Garonne), déposés par un ruisseau souterrain qui provient du Causse de Caylus tout percé de phosphatières, renferment moins d'acide phosphorique que les calcaires encaissants : P_2O_5 °/₀ ; Tuf : 0,022 à 0,056 ; Calcaires : 0,023 à 0,057.

M. Negre [27] avait cru observer un dépôt actuel de phosphorite dans le ruisseau souterrain de la grotte de Bord Nègre (Gard). Les échantillons que j'y ai prélevés ne renferment que 0,095 °/₀ de P_2O_5, ce qui est presque aussi négligeable que pour les tufs du Quercy.

2. De Launay propose incidemment cette même hypothèse [25]. T. I, p. 707.

3. P_2O_5 °/₀ : Mollasse de l'Agenais (Stampien) : 0,037 ; Calcaire de Cieurac (Stampien) : 0,024 ; Calcaire blanc de l'Agenais (Chattien) : 0,039.

Calcaire bajocien de Caylus : 0,057 ; Calcaire bathonien de Caylus ; 0,023 ; Calcaire bathonien de Padirac : 0,042 ; Calcaire callovo-oxfordien de Reillac 0,026. (Ces deux derniers résultats d'après Thévenin.)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

environ 54 kg. de P_2O_5 des argiles et 22 kg. 5 deP_2O_5 de la phosphorite, soit en tout 76 kg. 5, qui correspondent à 85 fois la quantité d'acide phosphorique du mètre cube de calcaire.

Remarquons immédiatement combien est importante la proportion de phosphate contenue dans l'argile, moins du tiers du tonnage total du gisement étant fixé sous forme de phosphorite. Or l'argile rouge du Quercy est un résidu typique de décalcification superficielle, auquel s'adjoint une partie d'alluvionnement non négligeable.

Aussi, l'origine du phosphate paraissant étroitement liée à celle de l'argile, semble-t-il logique d'admettre que tous deux résultent de l'altération sur place des calcaires jurassiques phosphatés et de l'apport par les fleuves éocènes des résidus de décalcification des Causses qui recouvraient alors la presque totalité du Rouergue cristallin.

Ainsi s'expliquerait l'*accumulation en surface* d'une grande masse de sédiments peu solubles : cailloux quartzeux, argiles, fer, manganèse, phosphate, tout à fait indépendamment des gisements actuels qui n'étaient pas encore creusés lors de cette première phase.

Mécanisme de la solubilisation du phosphate. — Aujourd'hui que les processus de latéritisation, sous climat tropical, sont assez bien connus, il est à peu près démontré que les formations sidérolithiques, autrefois si mystérieuses, doivent être attribuées à un phénomène du même ordre. Les pisolithes de fer, très abondants dans les argiles du Quercy, caractérisent l'évolution vers un type latéritique peu poussé, qui n'a jamais abouti à la formation d'une véritable cuirasse.

Le manganèse, toujours présent dans ces argiles, et souvent en masses importantes, confirme pleinement cette manière de voir. Nombreux sont en effet, de par le monde, ses gisements dont on explique actuellement la genèse par un mécanisme de concentration superficielle analogue à la latéritisation.

La teneur en alumine des argiles phosphatées est d'ailleurs remarquable et montre un enrichissement tout à fait sensible par rapport à la silice, ce qui, joint à la perte au feu considérable et à la relative pauvreté en bases, fait nettement ressortir la parenté entre ces argiles et des bauxites par exemple [1].

1. Dans ces analyses, on a considéré comme quartz la silice insoluble dans CO_3Na_2 à 5 °/° après attaque par SO_4H_2 concentré (Erhart [12]). Le coefficient « ki », défini par Harrassowitz [23], exprime le rapport moléculaire entre SiO_2 et Al_2O_3. Lorsqu'il y a présence d'alumine libre, il est toujours inférieur à 2; dans les argiles latéritiques, il varie entre 1 et 2 et descend au-dessous de 1 dans les latérites.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

	Quartz	SiO_2 des silicates	Perte au feu	Ca O	P_2O_5	Fe_2O_3	Al_2O_3	Total	ki
Argile rouge d'Aubrelong...	8,12	30,40	14,50	3,53	2,18	12,01	30,24	100,98	1,7
Ocre jaune bauxitique d'Aubrelong.....	10,00	2,64	19,20	11,70	13,83	19,02	24,85	101,24	0,18

L'intime association de la phosphorite avec la pyrolusite[1] et la limonite pisolithique incite donc à considérer tous ces dépôts comme provenant de concrétionnements consécutifs à une remise en mouvement du phosphate, du manganèse et du fer contenus sous une forme différente et plus dispersée dans une épaisse couche d'argiles de décalcification qui, sous le climat tropical de l'Éocène, aurait subi un début de latéritisation.

Forme migratrice du phosphate. — Dès l'abord, l'étrange solubilité du phosphate est partout démontrée par la structure de ses coulées stalagmitiques, de ses rognons, et plus encore par de curieuses petites concrétions en boules ou en toupies, absolument comparables aux « perles des cavernes » de calcite. Si leur formation est identique, il en résulte que le phosphate existait en solution assez concentrée dans des ruisselets cascadant à l'air libre dans des galeries souterraines.

Ces observations ne s'accordant guère avec les propriétés du phosphate tricalcique, on est conduit à admettre l'existence momentanée d'une phase plus soluble. Peut-être s'agit-il de phosphocarbonates complexes dont les propriétés sont peu connues. Néanmoins, la présence du phosphate bicalcique est certaine, car on peut encore le déceler dans les argiles sidérolithiques ; de plus, les cristaux épigénisés de brushite, signalés par M. Lacroix[2] démontrent son importance à l'époque du remplissage des phosphatières.

D'autre part, on constate dans tous les gisements que les blocs isolés, aussi bien que les parois des cavités, ont été activement corrodés. En plaque mince, on voit le calcaire jurassique passer progressivement à de la calcite dans laquelle existent encore des relictes informes[3] ; puis la calcite à son tour s'engrène avec les premiers dépôts de phosphorite qui la recouvrent.

1. Non seulement dans le Quercy, mais aussi dans de nombreux autres gisements comme ceux du Nassau.
2. Minéralogie de la France, p. 555 et suivantes.
3. Il ne peut donc s'agir là de simples placages stalagmitiques.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

De tels phénomènes s'expliquent aisément si l'on admet l'intervention d'une solution de phosphate bicalcique coulant sur les parois d'une caverne. En effet, le phosphate légèrement acide attaquera immédiatement le calcaire sous-jacent, fixant du calcium pour se concrétionner en phosphate tricalcique et libérant l'acide carbonique constituant du calcaire. Ce dernier se trouvera alors un peu plus profondément corrodé et une néogénèse de cristaux de calcite se produira au-dessous de la croûte phosphatée.

En définitive, de fortes présomptions paraissent étayer l'hypothèse suivant laquelle le phosphate bicalcique, composé assez soluble et instable en présence de calcaire, aurait joué le principal rôle dans la migration du phosphate, originaire du calcaire jurassique et solubilisé par une évolution latéritique mal connue.

IV. — L'histoire des phosphorites et ses enseignements

Évolution du Quercy depuis l'Éocène[1]. — De la fin du Jurassique à la fin de l'Oligocène, le Quercy méridional a subi une longue période d'émersion au début de laquelle de grands fleuves venus du Massif Central ont transformé ses vastes espaces calcaires en une pénéplaine peu élevée au-dessus du niveau de base.

Peu à peu, par altération locale et par transport alluvial, cette plaine a été recouverte d'un épais manteau d'argiles de décalcification, riches en fer, en phosphate et en manganèse, provenant résiduellement des roches jurassiques, et en grains ou galets de quartz provenant aussi du calcaire, des grès triasiques et des régions granitiques orientales.

Sous le climat tropical de l'Éocène, les argiles évoluèrent vers le type latéritique peu poussé qui constitue le Sidérolithique. Fer, phosphore et manganèse, par une suite de réactions d'ailleurs non précisées, furent mis en solutions ou pseudo-solutions et se concentrèrent localement en donnant de la limonite pisolithique, de la pyrolusite et peut-être déjà un peu de phosphorite (fig. 4, A).

Mais les mouvements tectoniques lutétiens, ayant entraîné le gauchissement de la pénéplaine et la surrection de l'ensemble du

1. Cet exposé, présenté ici d'une façon un peu dogmatique pour éviter les digressions par trop longues, tient compte des travaux de Fournier, Thévenin, Clozier, Sermet, des conclusions auxquelles vient de nous conduire l'examen des gisements, de la faune et du phosphate, ainsi que des résultats de mon étude hydrogéologique et morphologique de la bordure Sud-Ouest du Massif Central [20].

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Quercy, provoquèrent dans les calcaires diaclasés un violent creusement karstique, probablement vers le niveau de base du pied de la « falaise » jurassique du golfe de Cieurac.

L'action la plus intense commença sans doute vers l'Ouest, au voisinage de cette bordure du Causse ; puis l'érosion souterraine régressive attaqua le plateau calcaire dans des régions plus orientales, quoique subordonnées au même réseau hydrographique. Cependant, de petits bassins comme celui d'Asprières ont pu provoquer localement l'apparition de drainages secondaires (fig. 4, B).

Dans chaque cavité, les solutions phosphatées, issues des argiles superficielles, formaient des concrétions ; mais une partie importante des dépôts ne s'est peut-être produite que lors du comblement des cavités par le contact direct entre les argiles et le calcaire encaissant, le phosphate bicalcique émigrant contre toutes les parois pour se transformer en tricalcique, et prenant parfois la place du corps des animaux moulés par l'argile.

Les ossements fossiles, entraînés dans les gouffres avec les matériaux de remplissage par les eaux météoriques et de ruissellement, peuvent quelquefois témoigner de leur transport par leur aspect roulé ; cependant beaucoup d'entre eux sont dans un remarquable état de conservation qui s'explique par le fait qu'un certain nombre d'animaux vivaient dans les cavernes mêmes ou y tombaient accidentellement depuis la surface.

La répartition des espèces les plus anciennes montre que le comblement des gouffres éocènes, comme leur creusement, s'est effectué progressivement depuis l'Ouest.

A la suite des mouvements stampiens, la montée du niveau de base du lac de Cieurac a d'ailleurs considérablement ralenti l'intensité des circulations souterraines (fig. 4, C) et l'importance du remplissage, manifestée par l'abondance des fossiles de la fin de l'Oligocène, alla en s'accroissant jusqu'au moment où le Quercy méridional fut entièrement recouvert par la transgression aquitanienne (fig. 4, D).

L'érosion pliocène, surtout superficielle, a dégagé la pénéplaine éocène de son manteau tertiaire et, par places, a aplani quelques surfaces jurassiques. Néanmoins les gouffres à phosphorite actuellement visibles n'ont été ramenés au jour qu'à partir du début du Quaternaire, comme le prouvent les fossiles récents trouvés dans les remaniements de leurs parties supérieures[1].

1. Le célèbre « Lion de Carjac », donné au Muséum par M. Serres [36], est l'exemplaire le plus connu de cette faune récente dans laquelle domine l'Urus.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

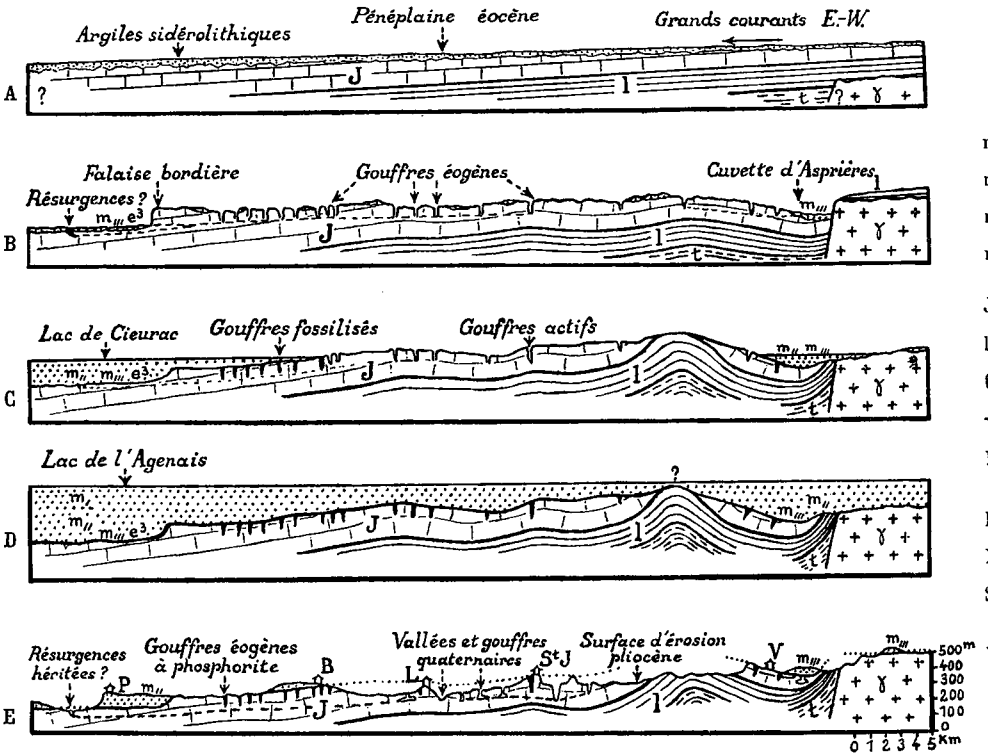
A. — *Éocène* (anté-Lutétien). Pénéplaine recouverte d'argiles de décalcification et d'alluvion en voie de latéritisation : solubilisation du phosphate résiduel.

B. — *Éocène et Oligocène* (du Bartonien au Sannoisien). Pénéplaine gauchie et surélevée, en proie à l'érosion karstique : début des phosphorites.

C. — *Oligocène* (Stampien sup.). Transgression du lac de Cieurac, consécutive au plissement du Quercy : début de la fossilisation des gouffres à phosphorite.

D. — *Miocène* (anté-Pontien). Transgression du lac de l'Agenais fossilisant entièrement le Quercy méridional.

E. — *Quaternaire* (actuel). Déblaiement et érosion superficielle pliocènes, surcreusement et érosion karstique quaternaires : réapparition et remaniement partiel des gouffres à phosphorite.



LÉGENDE

$m_{,}$	= Aquitanien
$m_{,,}$	= Stampien
$m_{,,,}$	= Sannoisien
$m_{,,,}e^3$	= Sidérolithique.
J	= Oolithique
l	= Lias
t	= Trias
γ	= Granite
P	= Puy-la-Roque
B	= Bach
L	= Limogne
S^t J	= St-Jean-de-Laurs
V	= Villeneuve-d'Aveyron.

Fig. 4. — Schéma de l'évolution des phosphorites du Quercy. Coupes WSW-ENE.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La nouvelle phase d'érosion souterraine peut avoir désobstrué quelques cavités ou utilisé quelques portions de l'ancien réseau souterrain (fig. 4, E) ; mais, dans leur ensemble, les gisements de phosphate ne paraissent pas avoir subi de profondes transformations depuis le début du Miocène.

Causes de la répartition actuelle des gisements. — Cette évolution du Quercy, qui vient d'être retracée, implique sans doute bien des hypothèses. Elle constitue cependant un système cohérent qui a du moins le mérite d'expliquer la répartition actuelle des phosphatières.

D'abord, la formation et la préservation des dépôts phosphatés n'ont pu se réaliser que dans les parties de la pénéplaine éocène qui furent recouvertes par une quantité suffisante d'argile sidérolithiques, que la transgression aquitanienne a complètement fossilisées et que les surcreusements ultérieurs n'ont pas gravement modifiées [1].

Ces conditions ne sont parfaitement remplies qu'au voisinage de la « falaise bordière » du Causse ; aussi les quatre cinquièmes des gisements se trouvent-ils réunis dans une zone large de 8 à 10 km. et longue de 40, entre Concots et Bruniquel (fig. 1).

Cependant, un autre emplacement de prédilection est constitué par l'importante vallée primitive du Lot, entre Gréalou et Saint-Cirq-la-Popie [2]. Les autres témoins de la pénéplaine éocène, plus restreints ou plus éloignés du niveau de base (Causse de Villeneuve, basculé près de la cuvette d'Asprières, et crête médiane du Causse de Limogne, entre Saint-Jean-de-Laurs et Saillac) renferment encore quelques exploitations.

Il n'y a rien d'impossible à ce que d'autres gouffres à phosphate puissent exister dans les régions d'Esclauzels, Berganty et Lugagnac, peut-être dans les collines de La Capelle-Balaguier, qui appartiennent toutes à la surface éocène ou n'en sont guère éloignées, mais les chances de découvertes restent toujours les plus grandes dans la bande ouest du Quercy méridional.

Le Causse d'Anglars ne renferme pas de gisements, sans

1. Un exemple des désastres financiers auxquels a conduit la méconnaissance de cette règle est donné par les exploitations de Coinac, situées au NE de Bach, dans une zone largement déblayée par l'érosion récente : dans une propriété où le droit de recherche avait été payé 100.000 fr. (vers 1885), on ne réussit à extraire après de gros travaux que des échantillons insignifiants de phosphorite.

2. Les deux seuls gisements du Causse de Gramat jalonnent peut-être le cours d'un ancien affluent du Lot.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

doute en raison de son altitude qui lui a évité d'être fossilisé, ainsi que l'explication en a déjà été proposée par Peron [28]. Quant au Causse de Gramat, outre qn'il ne semble pas avoir été recouvert par les alluvions des courants éogènes, les calcaires tertiaires ne l'auraient pas atteint non plus et l'érosion karstique, qui s'est exercée sur lui sans entraves depuis le début du Tertiaire expliquerait probablement l'abondance de ses grands gouffres, constamment surcreusés, après chaque comblement accidentel.

Les réserves du Quercy. — La connaissance approximative du niveau de base vers lequel se dirigeaient les eaux souterraines du Quercy à l'Éocène donne d'intéressantes indications sur la profondeur maxima des gisements de phosphorite, en fonction de leur situation géographique.

Ainsi, les brèches de base du Stampien, au pied de la « falaise bordière », se trouvent entre 200 et 230 m. d'altitude, près de Belmont (fig. 4). La « poche » n° 2 d'Aubrelong, qui s'ouvre 5 km. au NE à l'altitude de 280 m., pourrait donc atteindre une cinquantaine de mètres de profondeur. Dans tous les cas, celles des Combasses (285 m.) et de Teil (280 m.) ont été exploitées sur 30 m. et celle d'Escabasse (300 m., 1 km. au SE de Bach et 8 km. au NE de Belmont) dépasse 60 mètres.

Dans de telles évaluations, il y a lieu de prendre garde aux déformations ultérieures de la surface éogène et de se référer toujours au niveau de base antéstampien le plus proche ; en effet, si ce dernier arrive à 230 m. près de Belmont, il n'est actuellement qu'à l'altitude de 120 m. au voisinage de Bruniquel, 22 km. plus au Sud.

La profondeur probable d'un gisement ne renseigne d'ailleurs pas sur la possibilité de son exploitation car les étroitures impraticables ou les contours mal commodes sont de règle dans de semblables cavités.

Aussi, bien que des gisements inexploités existent encore certainement, il faut avouer que la besogne ingrate de leur recherche ne présenterait pas un grand intérêt : les principales cavités, presque toujours les plus visibles, sont aujourd'hui vidées, et les plus petites ne donneraient qu'un rendement médiocre. Le Quercy ne mériterait donc d'être à nouveau prospecté qu'en cas d'un blocus nous privant du ravitaillement africain et, de toutes façons, il serait dangereux de s'illusionner sur l'importance de ses réserves.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

1. Les gisements de phosphorite du Quercy sont d'anciennes formes karstiques (gouffres d'érosion et galeries de ruisseaux souterrains) creusées par les eaux éocènes dans une pénéplaine soulevée et gauchie par les mouvements lutétiens. Leur répartition est étroitement liée à la proximité des lacs et des rivières de cette époque.

2. La « faune des phosphorites », qui débute au Lutétien supérieur pour s'éteindre au Chattien, ne semble avoir jamais permis une stratigraphie précise des gisements, mais paraît prouver que leur remplissage n'a pas toujours été achevé au même moment : les plus anciens seraient les plus rapprochés du niveau de base (« falaise bordière ») d'où est partie la transgression oligo-miocène qui a fossilisé le Haut-Quercy méridional.

3. La phosphorite proviendrait du concrétionnement, sur les parois calcaires des gouffres, de solutions de phosphate bicalcique résultant de l'évolution superficielle d'argiles de décalcification et d'alluvionnement, antérieures au creusement des gouffres, et dans lesquelles le fer, le manganèse et le phosphore auraient été remis en mouvement, grâce au climat tropical de l'Éocène, par un processus de latéritisation peu poussé.

4. Il ne semble possible de trouver des phosphorites dans le Quercy qu'aux endroits où la pénéplaine éogène a été conservée et où les calcaires tertiaires l'ont fossilisée jusqu'au Quaternaire. Des gisements encore ignorés peuvent exister dans certaines régions, mais il n'y a pas lieu de s'illusionner sur leur valeur économique.

BIBLIOGRAPHIE[1]

1. Astre (G.). — Mammifères fossiles du Pleistocène récent des Phosphorites du Quercy. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, t. LXI, 1931, pp. 191-194.
2. Baulig (H.). — Le plateau central de la France et sa bordure méditerranéenne. Paris, Armand Colin, 1928, in-8°, 591 p., 33 fig., 11 cartes.
3. Boule (M.). — Les grands chats des cavernes. *Ann. de Paléontologie*, t. I, 1906, 27 p., 12 fig., IV pl.
4. Bourgeat (Abbé). — Sur la présence des Mammifères dans les Phosphorites du Quercy. *A. F. A. S.*, 38e session, Lille, 1909, pp. 432-434.

1. Bibliographie détaillée seulement pour les travaux postérieurs à 1902 (date à laquelle s'arrête la liste très complète de Thévenin). Parmi les publications antérieures, figurent cependant les plus fondamentales dont il est question dans le texte.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5. Carnot (Ad.). — Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phosphorites et des phosphates sédimentaires ; remarques sur le gisement et le mode de formation de ces phosphates. *Ann. des Mines*, 9e série, t. X, 1896, pp. 137-231.
6. Clozier (R.). — La karstification des Causses du Quercy. *Bull. Assoc. Géogr. fr.*, n° 18, Nov. 1927, pp. 60-61.
7. Clozier (R.), Durand (J.) et Meynier (A.). — Excursion de l'A. G. F. dans les Ségala et les Causses du Quercy. *Id.*, n° 61-62, 1932, pp. 122-140, 1 fig.
8. Combes. — Sur l'origine et la formation des minerais de fer du Lot-et-Garonne et les phosphorites du Quercy. in-8°, 1873.
9. Coquand (H.). — Note sur les minerais de fer des départements de l'Aveyron, du Lot, de Lot-et-Garonne, du Tarn, de Tarn-et-Garonne et de la Charente-Inférieure. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2e série, t. VI, 1849, pp. 328-371, 4 fig., 1 pl.
10. Daubrée (A.). — Gisement dans lequel la chaux phosphatée a été récemment découverte dans les départements de Tarn-et-Garonne et du Lot. *CR. Ac. Sc.*, t. LXXIII, 1871.
11. Dieulafait. — Origine et mode de formation des phosphates de chaux en amas dans les terrains sédimentaires. Leur liaison avec les minerais de fer et les argiles des terrains sidérolithiques. *Ann. de Chimie et de Physique*, 6e série, t. V, 1885, pp. 204-240.
12. Erhart (H.). — Traité de Pédologie, t. I. Strasbourg, Institut pédologique, 1935, 260 p., 21 fig., VIII pl., 2 tableaux.
13. Filhol (H.). — Recherches sur les phosphorites du Quercy ; étude des fossiles qu'on y rencontre et spécialement des Mammifères. *Bibl. des Hautes Études*, t. XV et XVI, 1877.
14. Fournier (E.). — Le Permien, le Trias et le Jurassique de la feuille de Cahors. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. 8, n° 51, 1896, 16 p., 1 fig.
15. Fournier (E.). — Le dôme de la Grésigne. *Id.*, t. 10, n° 66, 1898, 9 p., 1 fig.
16. Fournier (E.). — Études sur le régime des eaux dans le Quercy depuis l'Éocène supérieur jusqu'à l'époque actuelle. *Id.*, t. 11, n° 78, 1900, 13 p., 2 fig.
17. Fournier (E.). — Études géologiques sur le Haut Quercy. *Id.*, pp. 14-26, 2 fig.
18. Gaillard (C.). — Les oiseaux des phosphorites du Quercy. *Ann. Univ. Lyon*, Nelle série, I, Sciences, fasc. 23, 1908, 178 p., 37 fig., VIII pl.
19. Gautier (A.). — Sur un gisement de phosphates de chaux et d'alumine contenant des espèces rares ou nouvelles et sur la genèse des phosphates et nitres naturels. *Ann. des Mines*, 9e série, t. X, 1894.
20 Gèze (B.). — Étude hydrogéologique et morphologique de la bordure S-O du Massif Central. *Ann. Inst. Nat. Agronomique*, fasc. 29, 1937, 83 p., 20 fig., 4 pl.
21. Gèze (B.). — Les gouffres à phosphate du Quercy ; histoire de leur exploitation. *La Nature*, n° 3017, 15 janv. 1938, pp. 42-45, 10 fig.
22. Harlé (E.). et Stehlin (H. G.). — Une nouvelle faune de Mammifères des Phosphorites du Quercy. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e s., t. 9, 1909, pp. 39-52, 5 fig.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

23. Harrassowitz (H.). — Laterit, Material und Versuch erdgeschichtlicher Auswertung. Berlin, 1923.
24. Lacroix (A.). — Minéralogie de la France et de ses colonies, t. IV. Paris, Béranger, 1910.
25. Launay (L. de). — Gîtes minéraux et métallifères, t. I. Paris, Béranger, 1913.
26. Martel (E. A.). — La France ignorée, T. II. Paris, Delagrave, 1930.
27. Negre (G.). — Contribution à l'étude de la formation des Phosphorites du Midi de la France. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e s., t. 8, 1908, pp. 490-505.
28. Peron (A.). — Sur quelques points de la géologie de Tarn-et-Garonne. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e s., t. 2, 1873, pp. 85-120.
29. Piveteau (J.). — Les Chats des phosphorites du Quercy. *Ann. de Paléontologie*, t. XX, 1931, 59 p., 15 fig., VII pl.
30. Piveteau (J.). — Études sur quelques Créodontes des Phosphorites du Quercy, *Id.*, t. XXIV, 1935,23 p., 12 fig., II pl.
31. Piveteau (J.). — Note sur un Rongeur des Phosphorites du Quercy. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, n° 7, avril 1934, p. 90.
32. Rey-Lescure. — Carte agro-géologique, hydrologique du Département de Tarn-et-Garonne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. VIII, 1874, 152 p., 2 pl.
33. Risler (E.). — Géologie agricole, IV. Tomes et Sup. Paris, Berger-Levrault. 1898.
34. Sermet (J.). — Les phénomènes karstiques dans le Causse de Limogne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 58, 2e fasc. 1929, 48 p., 4 fig., 3 pl.
35. Sermet (J.). — Les phosphorites du Quercy et leur signification morphologique. *Rev. géogr. Pyrénées et SO.*, t. IV, fasc. 2, 1933, pp. 200-215.
36. Serres (A.). — Description de Mammifères fossiles trouvés dans une carrière de phosphate du Quercy. Cahors, Pignères, 1902, 16 p., 5 fig.
37. Teilhard de Chardin (P.). — Les Carnassiers des Phosphorites du Quercy. *Ann. de Paléontologie*, t. 9, 1914-15, 90 p., 13 fig., VIII tabl., IX pl.
38. Teilhard de Chardin (P.). — Les Mammifères de l'Éocène inférieur français et leurs gisements. *Id.*, t. 10, 1916-21, 116 p., 42 fig., VIII pl.
39. Teilhard de Chardin (P.). — Sur quelques Primates des Phosphorites du Quercy. *Id.*, 20 p., 6 fig., II pl.
40. Thévenin (A.). — Étude géologique de la bordure SW du Massif Central. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. XIV, n° 95, 1903, 203 p., 51 fig., 5 pl., 1 carte.
41. Trutat (E.). — Sur les gisements de chaux phosphatée des cantons de Caylus et de Saint-Antonin. *CR. Ac. Sc.*, t. LXXIII. 1871.
42. Vasseur (G.). — Contribution à l'étude des terrains tertiaires du SW de la France. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. II, n° 19, 1891, 16 p., 10 fig.
43. Viré (A.). — Le régime hydrologique du Causse de Gramat (Lot) depuis son émersion jusqu'à l'époque actuelle. *C. R. Cong. Soc. Sav.*, 1905, pp. 65-72.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La répartition régionale des gisements minéraux

par **Fernand Blondel** [1].

Résumé.

L'étude des lois qui peuvent présider à la répartition géographique des gisements minéraux n'a jamais été faite. D'après certains exemples, on peut penser qu'elle correspond à une répartition différenciée — non uniforme — que l'on retrouve à des échelles variées, consacrées par les termes usuels de gisements et de districts minéralisés, mais que l'on peut noter encore à des échelles plus petites. Cette analyse suppose un examen plus approfondi des différents modes possibles de distribution de points dans l'espace; trois cas sont ici distingués. Celui des gisements minéraux met en évidence l'influence des causes principales toujours mélangées à un très grand nombre de petites causes (le hasard).

Le problème de la répartition géographique des gisements minéraux et des lois de cette répartition n'a jamais été traité, du moins à ma connaissance; il semble que les géologues aient considéré que cette répartition échappait à toute loi. Or, il est à peine besoin de dire que ce problème est très important aussi bien du point de vue théorique que du point de vue pratique. C'est pourquoi en dépit des obstacles que l'on rencontre toujours dans une voie nouvelle, j'ai tenté de l'explorer en demandant que, dans le jugement que l'on portera sur cette tentative, on veuille bien tenir compte de ses difficultés spéciales. Pour simplifier l'exposé, je me limiterai aux gisements d'origine magmatique.

Difficultés de documentation.

La première difficulté à laquelle on se heurte — et qui a probablement fait reculer beaucoup de bonnes volontés — réside dans la recherche de la documentation.

Si l'on veut connaître les gisements d'une substance déterminée, de cuivre, par exemple, on commence naturellement par s'adresser aux Traités classiques sur les gisements minéraux, peu nombreux d'ailleurs ; lorsqu'on a parlé de de Launay (1913) Beyschlag, Krusch et Vogt (1914-1922-1937), Lindgren (dernière

1. Communication présentée à la séance du 21 mars 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

édition, 1933), on a à peu près fait le tour de la question, au moins en ce qui concerne les publications nettement originales des 30 dernières années.

Si l'on veut être un peu plus complètement informé, on a la possibilité de faire appel à quelques monographies consacrées chacune à une substance particulière :

a) L' « Imperial Institute » de Londres a rendu un très réel service en publiant une collection inestimable ; d'autres collections ont été commencées, mais ne sont pas complètes.

b) Il faut réserver une place tout à fait spéciale aux enquêtes du Congrès géologique international sur la houille (1913), le fer (1910), les pyrites (1926), l'or (1929), le cuivre (1933), le pétrole (1937, non encore publié).

c) Plus rarement on peut disposer d'ouvrages particuliers ne faisant pas partie de collections générales, mais émanant d'auteurs de premier plan, comme l'ouvrage très récent sur les mines d'or de Emmons (1937), ou encore celui sur les gisements d'étain de Jones (1925), etc...

Enfin, si l'on considère que cette documentation est insuffisante et présente des lacunes, il est nécessaire d'étudier toutes les publications particulières qui sont extrêmement nombreuses. Si l'on ne tient compte que de celles qui sont recensées par l'excellente « Annotated Bibliography of Economic Geology », on doit analyser en moyenne 2.000 notes par an, dans ces dernières années.

La plus grande partie de cette documentation est, pourrait-on dire, d'orientation géologique. Lorsqu'on a, au moyen des études précédentes, dressé une liste des gisements, on peut conserver une certaine impression d'insécurité, car on peut toujours se demander si certains gisements n'ont pas été oubliés. Pour écarter cette objection, on est naturellement conduit à rechercher une documentation d'origine minière, à tendance plus économique : en examinant les statistiques de production, on devrait connaître, à chaque instant, tous les gisements en activité. Lorsqu'on se lance dans cette tentative, on arrive assez vite aux constatations suivantes qui ne facilitent pas l'étude :

1° Un très grand nombre de gisements cités par les géologues ne se retrouvent pas dans les statistiques des mineurs ; et, inversement, il n'est pas rare que des gisements très importants du point de vue économique n'aient guère retenu l'attention des géologues ; on dirait presque que géologues et mineurs se fuient dans leurs analyses.

2° Trop fréquemment les statistiques minières ne descendent

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

pas jusqu'aux gisements, mais ne donnent que les chiffres se rapportant à des régions plus ou moins vastes.

3° En revanche, se plaçant par trop sur le terrain économique, ces mêmes statistiques minières découpent parfois un même gisement, lorsqu'il est réparti entre plusieurs propriétaires, sans indiquer que ce découpage est purement financier et arbitraire, sans aucune raison géologique.

Ces constatations conduisent aux réflexions suivantes, que l'on contrôle aisément pour les régions dont on peut avoir une connaissance directe. Les études géologiques précèdent, le plus souvent, l'exploitation ; et il est assez rare qu'elles soient prolongées pendant cette dernière (ce qui est d'ailleurs une erreur des mineurs) ; de telle sorte que les géologues citent des indications minéralisées qui ont pu être révélées lors des explorations, au moment où l'on ne sait si elles sont importantes ou non. Cette remarque entraîne un grand embarras. Car on peut presque dire, en effet, que l'on peut trouver n'importe quoi n'importe où ; et si l'on cite tous les fragments de minéraux que l'on peut rencontrer, on peut craindre que toute loi de répartition disparaisse. Rappelons à ce sujet les chiffres classiques donnant la moyenne de la teneur des roches (en grammes par tonne métrique).

Nickel	200	
Cuivre	100	
Zinc	40	
Plomb	20	
Cobalt, Etain	n.	$1 < n < 10$
Antimoine, Mercure	n. 10^{-1}	
Argent	n. 10^{-2}	
Platine, Or	n. 10^{-3}	

La notion de gisement.

On voit donc qu'une certaine précision doit nécessairement être introduite dans la notion de gisement qui paraît pourtant simple au premier abord : un petit cristal de chalcopyrite de quelques grammes, isolé au milieu d'une tonne de roche, ne constitue évidemment pas un gisement de cuivre ; et cette précision

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

est indispensable puisque les informations fournies par les géologues se résument parfois à des indications de ce genre.

Une analyse détaillée exigerait une étude trop longue, mettant en jeu notamment la notion de teneur [1]. Donnons seulement un court résumé qui en indiquera la direction. Une minéralisation déterminée, de chalcopyrite par exemple, se présente sous la forme de petits *éléments minéraux* disséminés au milieu d'autres minéraux ; ces éléments sont de dimensions généralement de l'ordre du centimètre, tandis que les espaces stériles qui les séparent sont sensiblement plus grands ; si, par conséquent, on reporte la position de ces éléments sur un plan à échelle assez grande et convenable, chaque élément pourra apparaître comme un point séparé des voisins par de larges espaces vides et l'ensemble se présentera comme une sorte de constellation. Pour rendre plus concrète notre analyse, nous dirons qu'on travaille alors à l'*échelle du minéralogiste*.

En réduisant progressivement l'échelle du plan précédent comme on pourrait le faire, par exemple, au moyen d'un dispositif de projection lumineuse, on voit apparaître des groupements des éléments minéraux, séparés par des espaces à peu près vides. Ce sont des groupements qui constituent les *gisements*. La surface occupée par un gisement est généralement inférieure au km^2, tandis que celle des espaces vides est beaucoup plus grande. Lorsque, par réduction progressive de l'échelle, chaque gisement se réduit pour nous à un point, on peut dire qu'on est à l'*échelle du mineur ou du pétrographe*, suivant qu'il s'agit de gisements minéraux ou de roches éruptives.

Les districts minéralisés.

Continuons encore notre analyse en réduisant toujours l'échelle de la carte ; nous verrons que les points définissant les gisements se groupent en nids, séparés par des espaces vides, également plus grands que la surface de chaque nid. Pour conserver une expression assez usuelle, nous appellerons chaque nid un *district minéralisé*. En général, chaque district peut être circonscrit dans un cercle de 10 km. de rayon et les distances entre deux districts sont plutôt de l'ordre de la centaine de km. Nous notons une

1. J'ai déjà amorcé ces problèmes dans les notes suivantes : Blondel, F. Sur la teneur moyenne de l'extraction des minerais de cuivre. *CR. Ac. Sc., Paris*, 6 mars 1933, t. 196, p. 712. — Blondel, F. Sur la répartition des teneurs des gisements métallifères. *CR. Ac. Sc., Paris*, 27 mars 1933, t. 196, p. 949.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

nouvelle répartition discontinue et différenciée, à une échelle plus petite que la précédente : *l'échelle du prospecteur* [1].

C'est cette dernière répartition que nous voudrions étudier aujourd'hui ; nous l'avons choisie pour commencer notre analyse de ces phénomènes, parce qu'elle peut être dans quelques cas, tout au moins, assez bien précisée ; parce qu'aussi elle est la plus importante du point de vue pratique. Les difficultés d'exploration sont assez limitées quand on sait qu'on doit rester à l'intérieur d'un cercle de 10 km. de rayon ; elles deviennent tout de suite considérables si l'on doit examiner des régions dont les dimensions sont de l'ordre de la centaine de km.

Nous considérerons donc chaque district minéralisé comme un point. L'ensemble de ces points sur une carte se présente comme une constellation et nous voudrions examiner s'il n'existe pas quelques lois dans la distribution des étoiles de cette constellation. Pour cette étude, nous choisirons un cas particulier facile à analyser ; si nous pouvons en tirer quelque idée susceptible de généralisation, nous chercherons progressivement à l'appliquer à d'autres cas en la modifiant, si besoin est.

Nous prendrons comme point de départ le cuivre dans l'Ouest américain ; ce choix est dicté notamment par le fait que l'on peut être très bien renseigné sur l'Ouest américain et que le cuivre est une des substances pour lesquelles cette région est particulièrement privilégiée.

Nous connaissons tous les districts cuprifères de l'Ouest des États-Unis sans aucune difficulté ; ils sont régulièrement énumérés dans le Mineral Yearbook du Bureau of Mines de Washington. Si on les reporte sur une carte en donnant à chacun d'eux uniformément une surface constituée par un cercle de 10 km. de rayon (ce qui est un maximum) on a bien cette impression de constellation dont nous parlions tout à l'heure [2].

On peut noter qu'aucune loi apparente ne se manifeste sur cette carte. Jusqu'à présent, aux échelles successives que nous avons envisagées, nous avions pu noter que les points distingués à une certaine échelle se groupaient à l'échelle suivante en agglomérations isolées les unes des autres, en individus distincts en quelque sorte : les éléments du minéralogiste se groupent en

1. J'avais déjà esquissé ces distinctions dans l'étude suivante : Blondel, F. La répartition mondiale des gisements de zinc et de plomb. *Bull. Soc. géol. Fr.*, *Paris* (5), LIV, 1934, pp. 213-224.

2. Pour des raisons d'impression cette carte n'est pas jointe à cet exposé ; on n'a donné que la carte des productions par comtés : il est facile de se faire une idée de la première carte quand on sait qu'un comté ne comprend qu'un petit nombre de districts : 1, 2 ou 3 au maximum.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

gisements pour le mineur; les gisements du mineur en districts du prospecteur : et dans chaque cas l'individu est franchement séparé de ses voisins.

Ici cette image n'apparaît plus a priori ; on peut cependant la rendre visible en notant l'importance relative de chaque district.

Le « poids » de chaque district.

Il serait avantageux de pouvoir raisonner sur la minéralisation totale de chaque district ; mais on se heurte ici à nouveau aux difficultés de la documentation ; dans quelques cas, on peut estimer cette minéralisation totale en additionnant la production depuis l'origine — chiffre qui est connu — aux réserves estimées ; mais outre que je n'ai qu'une confiance bien limitée dans l'estimation des réserves, cette méthode n'est guère utilisable, en dehors des États-Unis. Je propose une autre méthode, moins bonne sans doute, mais plus facile à généraliser : celle qui consiste à caractériser la richesse de chaque district par sa prodution annuelle. Cette méthode que j'ai proposée dès 1934 (voir référence 3, plus haut) pour l'examen des problèmes relatifs aux gisements minéraux et que j'ai cherché à appliquer systématiquement pour les gisements des Vieilles Plateformes [1] est particulièrement fertile en résultats, mais elle peut soulever bien des objections ; je retiendrai les deux principales.

D'abord la production annuelle varie constamment au gré des phénomènes économiques et de la fantaisie des hommes. On peut éliminer cette variation dans une très large mesure, en convenant de prendre la production non pas d'une année déterminée, mais, pour chaque district, la production annuelle maximum de tous les temps. Pratiquement, en ce qui concerne le cuivre de l'Ouest Américain, cela revient dans presque tous les cas à prendre la production de l'année 1929 ou de l'année 1935 (ou 1936).

L'autre objection est qu'a priori il n'y a pas de relation certaine entre la minéralisation totale d'un gisement et sa production annuelle, même la plus élevée. Tel gisement de petit tonnage total peut être vidé très vite en fournissant une grosse production annuelle ; tel autre grand gisement d'exploitation difficile pourra donner une production annuelle faible, mais qui durera longtemps. Cela revient à dire que, en prenant la production

1. Blondel, F. La Géologie et les Mines des Vieilles Plateformes. *Pub. Bureau Études géol. min. col.*, Soc. Edit. géogr., Paris, 1936, 303 p., 59 fig.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

annuelle, on mêle deux notions distinctes : la richesse totale du gisement, notion d'ordre géologique, et les conditions techniques d'exploitation qui dépendent essentiellement de la position géographique et de la structure du gisement. Mais lorsqu'on compare les gisements d'une même région, on peut penser que ces conditions techniques ne varient pas beaucoup d'un gisement à l'autre, de telle sorte qu'au moins qualitativement, pour une région donnée, il y a une certaine relation entre la richesse totale et l'extraction annuelle. Sans méconnaître la valeur de l'objection, le raisonnement précédent montre que l'on peut passer outre, sans grands inconvénients.

Les Régions minéralisées.

Ceci étant admis, si, sur la carte précédente, nous donnons à chaque district, par des surfaces conventionnellement appropriées, une importance en harmonie avec sa production annuelle maximum, nous voyons immédiatement l'image précédente s'éclairer et prendre une physionomie parlante [1]. Les districts, cette fois, se groupent en individus distincts, qui ne sont pas nécessairement isolés par des espaces stériles et dont, par conséquent, les frontières peuvent être parfois au contact, mais dont les centres riches sont franchement séparés par des distances de l'ordre du millier de km. La pratique courante n'a pas donné de nom à ce type d'individus (alors qu'au contraire les mots de gisement et district sont d'usage quotidien, dans le sens même où nous les employons ici). Nous les appellerons, faute de meilleure trouvaille, des *Régions minéralisées*. On peut dire qu'en ne considérant plus que les régions minéralisées, sans faire attention aux différents districts individuels qui les constituent, nous opérons à l'*échelle du géologue*.

Élevons-nous encore et considérons toute la chaîne de l'Ouest Américain depuis l'Alaska jusqu'au Sud du Chili. Il nous est impossible de donner pour chaque pays tous les districts, mais nous pouvons au moins faire apparaître les régions minéralisées en considérant la production par grandes surfaces, de l'ordre de 500.000 à 1 million de km^2. Une carte mettrait bien en évidence les variations de ces systèmes et une sorte de coupe longitudinale les soulignerait avec évidence.

Ce n'est pas sans étonnement que l'on peut constater que les

1. Même remarque que pour la carte précédente. La carte jointe, par comtés, permet de se faire une idée assez claire de la carte qu'il aurait fallu donner.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

systèmes eux-mêmes se groupent en deux grandes *unités*, l'une au Nord, l'autre au Sud, chacune de ces unités comportant vers son centre une région particulièrement riche et, à partir de ce centre, vers le Nord et vers le Sud, des régions de plus en plus pauvres. Les centres sont distants d'environ 10.000 km. La séparation entre ces deux unités est franchement marquée vers l'Amérique centrale.

Généralisation.

Dans quelle mesure le schéma précédent est-il susceptible d'être généralisé ? D'abord est-il valable, pour le cuivre, dans d'autres zones que l'Ouest Américain ; puis, pour d'autres substances que le cuivre ? Il est certain que cette réponse ne pourra être donnée que progressivement, à la suite d'études détaillées qui sont fort longues, bien que l'exposition de leurs résultats puisse paraître très brève [1]. On peut cependant en fournir un premier aperçu d'après les connaissances générales que l'on peut avoir sur les gisements du monde.

Il est d'abord évident que, parmi les causes qui peuvent influencer la répartition des gisements minéraux, se place, au premier rang, le type de la zone orogénique de la région examinée. Jusqu'à présent, nous sommes restés dans un même type : celui de l'Ouest Américain. Si l'on regarde l'image de l'ensemble des États-Unis pour le cuivre (carte jointe), on a une apparence frappante (La carte donne la production par comtés, c'est-à-dire pour des surfaces de l'ordre de 100.000 km^2). On peut dessiner à priori, grâce à cette carte, la limite de la zone orogénique de l'Ouest Américain ; les autres zones — couverture de la Vieille Plateforme, sa série de base, la zone hercynienne des Appalaches — se séparent de la première avec une netteté extraordinaire. Cette opposition se relie d'ailleurs à un tout autre sujet que je ne veux pas aborder ici : celui de la relation entre la géologie générale et la répartition des gisements minéraux, notion dont certaines parties sont déjà classiques grâce aux travaux de Launay, Lindgren, Spurr, Niggli et bien d'autres.

Mais, sans aborder ce problème, on peut bien remarquer que

1. J'ai commencé l'exposé de ces résultats dans des conférences au Muséum, sur les gisements minéraux et leur recherche : l'or, dans l'hiver 1936-37, et le cuivre, dans l'hiver 1937-38. Ces conférences ne sont pas encore publiées. On trouvera cependant un résumé des dernières dans la Chronique des Mines coloniales du 15 mars 1938 et numéros suivants. Voir également : Blondel, F. Le développement des recherches géologiques et minières dans l'Afrique frunçaise. *Bull. Soc. Encour.*, Paris, mai-juin 1937, pp. 267-289.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les districts des régions autres que l'Ouest Américain, apparaissent comme beaucoup plus groupés. En fait, si, dans cette dernière zone, les groupements n'ont pu être mis en évidence qu'en faisant intervenir l'importance de la minéralisation, cela tient à la richesse en cuivre de l'Ouest des États-Unis ; dès qu'on passe à des zones plus pauvres, les groupements de districts, les régions minéralisées, comme nous les avons appelés, se rétractent en quelque sorte.

En revanche, dans ces zones plus pauvres, il est moins facile de voir le groupement à l'échelle supérieure : on le devine cependant.

L'examen des divers cas possibles fait aussi apparaître un autre phénomène : celui des districts-géants. Pour le cuivre, il existe un tel district : celui du Katanga-Rhodésie du Nord qui, au lieu de se ramasser dans un petit espace, s'étend sur une centaine de km. en longueur et quelques dizaines en largeur. On retrouve de ces districts-géants pour l'or avec le Witwatersrand, pour le plomb dans le Missouri, etc... Notons que de tels districts ont tous ce caractère commun d'appartenir à un type de gisement que l'on peut appeler « disséminés stratiformes » : le minerai est intimement mélangé avec les minéraux de la roche encaissante et la minéralisation suit un ou plusieurs niveaux stratigraphiques bien déterminés. Ce ne sont probablement pas des gisements sédimentaires — encore que la discussion soit ouverte dans certains cas — mais ils se présentent comme des gisements sédimentaires. Les gisements sédimentaires vrais se groupent en districts beaucoup plus étendus en surface que ceux des gisements d'origine magmatique.

Si, abandonnant le cuivre, nous étudions d'autres substances, on peut dire que le groupe cuivre, zinc, plomb, or, argent, donne des résultats très semblables à ceux de cuivre. D'ailleurs ces substances sont très analogues du point de vue métallogénique et sont même souvent mélangées dans leurs gisements.

Pour avoir des apparences franchement différentes, il faut s'adresser à des métaux dont le caractère essentiel est d'avoir des gisements directement associés aux roches éruptives, tel que l'étain, le chrome, le nickel, etc... Dans ce cas, on constate une localisation géographique beaucoup plus étroite que pour les métaux précédents. On peut cependant retrouver des groupements de districts rappelant ceux du cuivre : il suffit de faire appel à la distribution de l'étain dans le Sud de l'Extrême-Orient pour que cette image naisse aisément. Mais il va de soi qu'une analyse plus détaillée reste à faire.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

On voit donc qu'on peut, sans être trop éloigné de la réalité, prendre comme hypothèse à vérifier, celle d'une répartition différenciée de la minéralisation en groupes hiérarchisés, comme nous l'a suggéré l'étude du cuivre.

Une théorie de la répartition de points dans l'espace.

On peut se demander d'ailleurs à quels autres types de répartition on pourrait avoir affaire ; et l'on est ainsi conduit à étudier les modes possibles de répartition de points dans un plan. Sans chercher un exposé systématique qui reste à faire et qui nous entraînerait trop loin, on peut cependant fournir les premières *suggestions* suivantes :

Nous considérons un ensemble de points P dans un plan. Ces points peuvent être tous identiques, ou bien être différenciés ; la différenciation se fera, par exemple, en attribuant un certain *poids* à chacun d'eux.

La première notion à mettre en évidence dans un tel ensemble est la *densité* en chaque point géométrique O de l'espace. Pour avoir cette densité, nous supposons qu'on décrive autour de O un cercle de rayon R. Sur la grandeur de ce rayon, je reviendrai dans un instant ; supposons-la fixée pour le moment. A l'intérieur de ce cercle se trouvent un certains nombre de points P de poids d'ailleurs différents. Faisons la somme de ces poids et divisons-la par la surface du cercle : nous aurons la densité en O et, par suite, faisant ce même calcul pour tous les points O du plan, la densité en chacun de ces points. Il va de soi que le résultat différera suivant le rayon R adopté pour le cercle ; laissons provisoirement cette difficulté de côté.

En outre, nous pouvons définir la *densité moyenne* de tout l'ensemble des points étudiés. C'est par rapport à cette densité moyenne que nous examinerons la variation de la densité réelle. Ceci étant, nous pouvons distinguer plusieurs cas (pour une valeur déterminée du rayon R) :

1° La densité est *rigoureusement constante* et égale à la densité moyenne (sauf peut-être aux frontières de l'ensemble parce qu'alors une partie des cercles de rayons R sortent du domaine). Dans ce cas, on retombe sur un problème classique étudié en cristallographie. On peut démontrer que :

a) tous les points doivent être identiques (de même poids) ;

b) tous les points doivent être disposés aux sommets d'un réseau.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

C'est la répartition de la matière cristallisée lorsqu'on assimile chaque molécule à un point, en affectant par exemple le centre de gravité de chaque molécule d'un poids égal à la masse de la molécule ; aurement dit, c'est la répartition de la matière cristallisée à l'échelle moléculaire (on va voir qu'il n'en est pas de même à l'échelle atomique, plus grande). Manifestement, une telle répartition est la conséquence du jeu d'une loi physique simple, sans aucun mélange de hasard.

2° La densité n'est pas rigoureusement constante ; elle présente des fluctuations autour de la moyenne. Si l'on examine toutes ces fluctuations on peut distinguer encore deux cas :

a) Ces fluctuations se répartissent suivant la loi du hasard. C'est le cas qui se présente pour la densité des gaz et celle des liquides. Les fluctuations sont dues à un très grand nombre de très petites causes sans cause prédominante. On peut noter que, dans ce cas, les fluctuations s'atténuent progressivement, au fur et à mesure que R devient plus grand.

b) Les fluctuations ne se répartissent pas en nombre suivant la loi du hasard : les plus grandes sont plus nombreuses que ne le voudrait cette loi. Nous dirons alors que cette *répartition est différenciée*. C'est le cas des gisements minéraux, ainsi qu'on vient de le voir. Mais c'est aussi le cas de bien d'autres répartitions ponctuelles. Citons quelques exemples : la population sur la surface de la terre — la répartition des systèmes planétaires dans le monde. — C'est aussi le cas de la matière cristallisée, en considérant cette fois non plus les molécules, mais les atomes comme des points et en laissant le rayon R assez petit, de manière à ne comprendre à l'intérieur du cercle qu'un petit nombre d'atomes.

Dans le cas d'une répartition différenciée, on peut opérer comme suit pour l'analyser. On considérera chacun de ces maximums, trop grands pour n'être dus qu'au seul hasard, comme une sorte de *centre d'attraction* ; on attribuera à ce centre une *zone d'influence* qui comprendra tous les points voisins (il y aurait là une précision à introduire que nous ne rechercherons pas ici). Ceci fait, on pourra remplacer l'ensemble ponctuel primitif par un nouvel ensemble obtenu en attribuant à chacun des maximums un poids égal au total des poids de sa zone d'influence. On change ainsi d'échelle pour l'étude de l'ensemble.

Par exemple la matière cristallisée, comme on sait, est constituée par un motif d'un certain nombre d'atomes — la molécule — qui se répète indéfiniment suivant les lois du réseau. On peut affecter au centre de gravité de ce motif le poids total du

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

motif et les centres de gravité devront être placés aux nœuds du réseau; on passe ainsi de l'échelle atomique à l'échelle moléculaire.

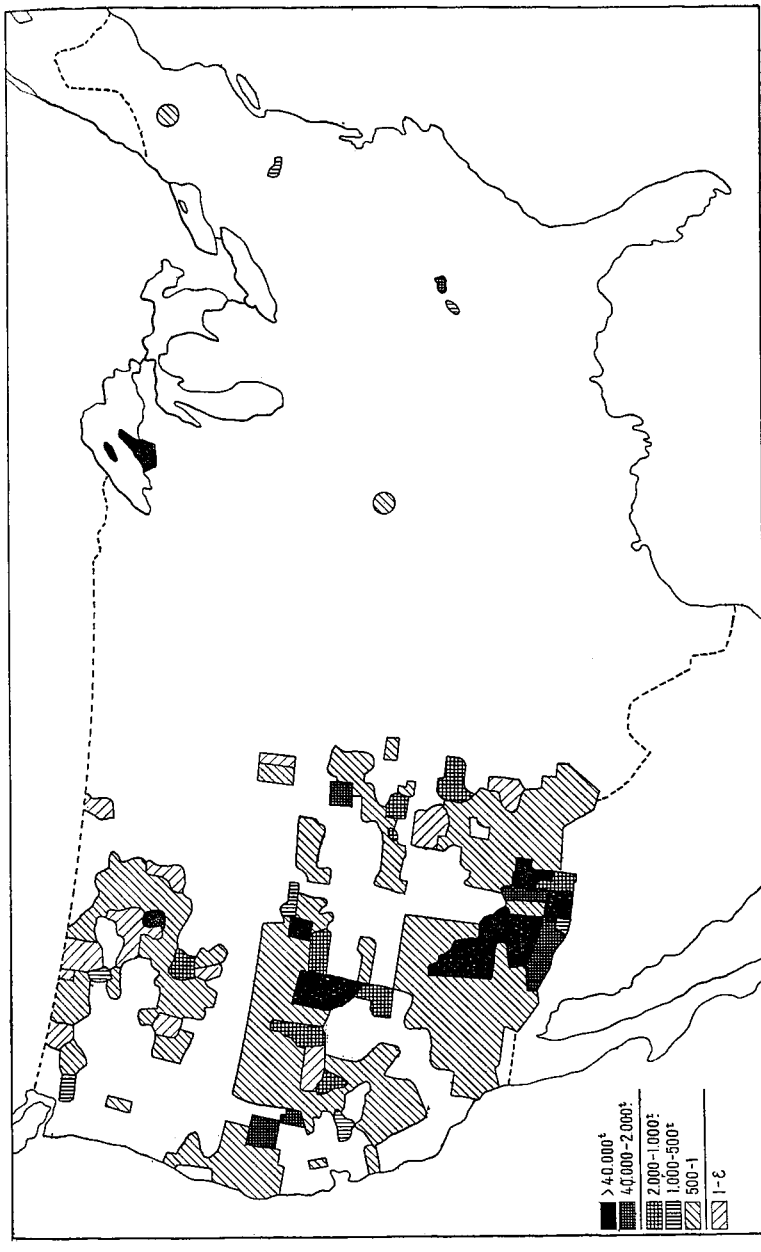
Comme on vient de le dire, une fois cette opération faite, on retombe sur une nouvelle répartition ponctuelle à une échelle supérieure; et à cette nouvelle répartition ponctuelle on peut appliquer les considérations précédentes : elle peut donc appartenir à l'un des trois cas précédents. Par exemple la matière cristallisée est différenciée à l'échelle atomique; mais, à l'échelle moléculaire, elle est rigoureusement uniforme — les gaz, à l'échelle atomique, sont différenciés, mais, à l'échelle moléculaire, ils sont approximativement uniformes — les gisements minéraux, différenciés à l'échelle du gisement, sont encore différenciés à l'échelle du district.

Ces exemples montrent que dans le cas d'une répartition différenciée, il y a lieu d'examiner la nature de la répartition des points à l'intérieur de chacune des zones d'influence que l'on est conduit à envisager pour passer d'une échelle à une autre. Dans le cas des cristaux, cette répartition est invariable d'une zone d'influence à une autre : seules sont en cause des lois physiques simples. Au contraire, dans le cas des gisements minéraux, cette répartition est variable d'une zone à une autre et ce phénomène peut sans doute s'interpréter comme suit : des causes principales tendaient à concentrer toute la matière aux maximums, mais en même temps des causes secondaires, analogues au hasard, ont dispersé la matière autour de ces maximums.

Ce qui précède est une simple analyse par intuition; l'étude rigoureuse reste à faire (à moins qu'elle n'ait été déjà faite en général, ce que nous ignorons). On pourrait sans doute commencer par le cas plus simple de la répartition des points sur une droite. Des études partielles de ce genre ont été déjà entreprises à propos de la structure des cristaux, des liquides et des gaz et fournissent des images particulièrement suggestives, telles que celle de l'ordre à petite distance; il faudrait les généraliser.

Idée de méthode. — Il ne faut pas s'étonner de cette rencontre. La métallogénie — comme d'ailleurs peut-être d'autres sciences naturelles — doit, si elle veut progresser, parcourir une marche inverse de celle de la physique. Celle-ci a commencé par étudier des phénomènes globaux, parce qu'ils étaient à l'échelle humaine, tels que la température et la pression des gaz; la physique moderne a reconnu que ces apparences exprimaient seulement des moyennes statistiques de mouvements individuels très

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



PRODUCTION DE CUIVRE PAR COMTÉS AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

compliqués dont les lois comportent un mélange d'influence de causes simples et de hasard ; ces mouvements individuels sont

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

à une échelle beaucoup plus petite que celle de nos perceptions ordinaires. En métallogénie, au contraire, le phénomène brut révélé par l'observation de tous les jours, correspond à ces mouvements moléculaires ou atomiques de la physique ; il faut que la métallogénie s'élève jusqu'à des notions globales, analogues à la température ou la pression de la physique, si elle veut voir clair dans l'objet de son étude ; il faut aussi que la métallogénie, s'inspirant de ce que fait la physique, fasse comme cette dernière sa place à ce qu'on est convenu d'appeler le hasard.

L'exemple de la physique moderne semble montrer, en effet, que si l'on regarde les phénomènes avec trop de détail, à une échelle trop grande, un certain désordre apparaît et la prévision précise de chaque événement devient impossible ; en revanche, les mêmes études nous ont appris que ce désordre apparent est soumis à des lois qui sont de deux sortes : — tout d'abord, quantitativement, certaines moyennes, certaines probabilités peuvent se calculer ; ensuite, à défaut d'image précise, on peut généralement fournir un schéma qui renseigne d'une manière qualitative sur le problème en cause. C'est en s'inspirant de cet exemple que la métallogénie pourra sans doute dépasser l'état dans lequel elle se trouve actuellement.

Conclusions.

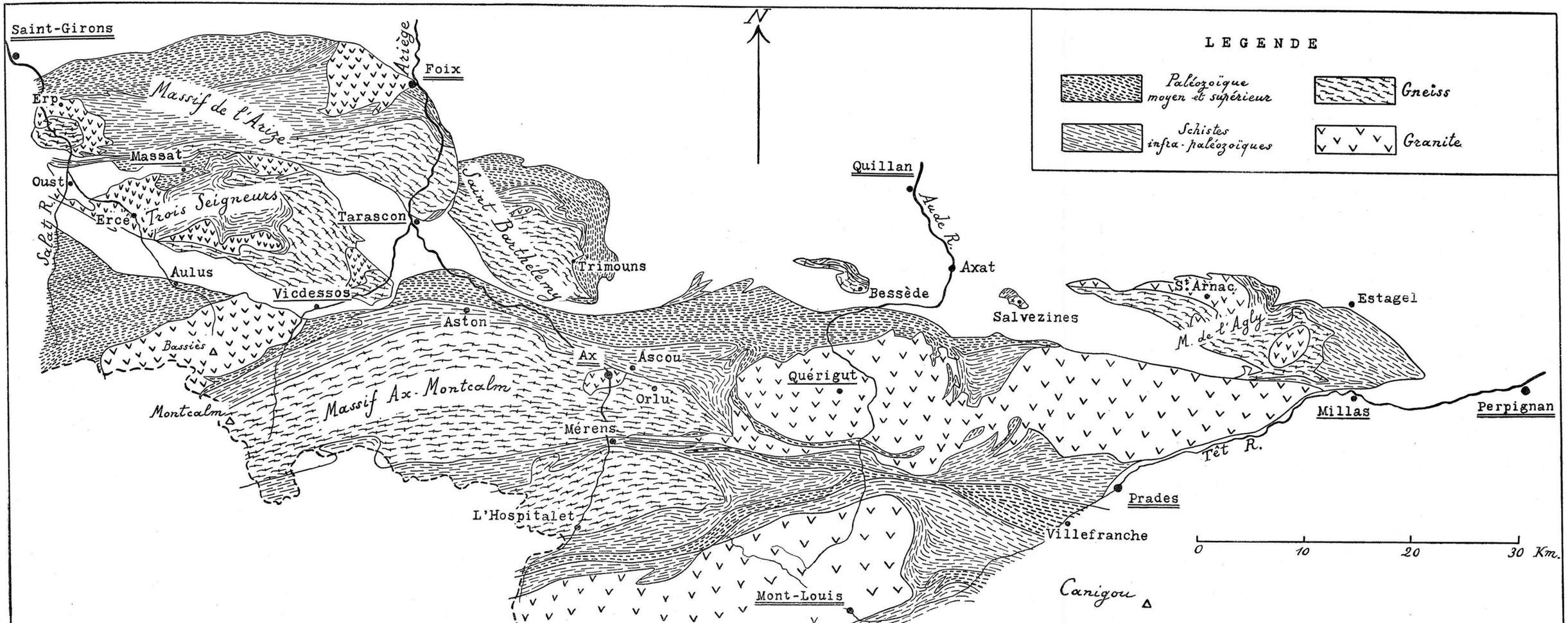
En tout cas, dans la mesure où les remarques précédentes sont justifiées, on est donc conduit à proposer, à titre d'hypothèse, les lois suivantes pour la répartition régionale des gisements minéraux d'origine magmatique :

1° Comme pour toute autre répartition différenciée de points, les éléments minéraux s'ordonnent en groupes hiérarchisés que l'on peut distinguer en considérant des échelles convenables et de plus en plus petites : éléments, gisements, districts, régions.

2° Cette répartition autour de centres d'attraction n'est jamais entièrement régulière : elle est soumise, dans une mesure plus ou moins large, à l'influence du hasard, c'est-à-dire d'un grand nombre de petites causes.

3° A aucun moment cependant de cette analyse on ne voit apparaître de répartition uniforme ; le hasard est toujours tempéré par des causes plus importantes qui créent des centres d'attraction.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



MASSIFS ANCIENS DES PYRÉNÉES ARIÉGEOISES

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1

1a

1b

2

3a

2a

3

4

4a

8

7

8a

6

5

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

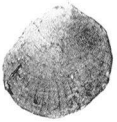
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

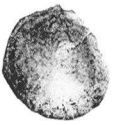
Bull. Soc. Géol. de France S. 5 ; t. VIII ; pl. III

1

1a

4


5


5a

2

2a

2b

6

3

7a

7

9

10

11

12

8

8a

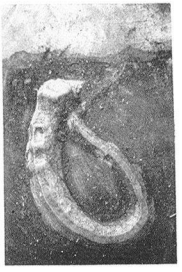
9a

17

13

14

15


16

18

20

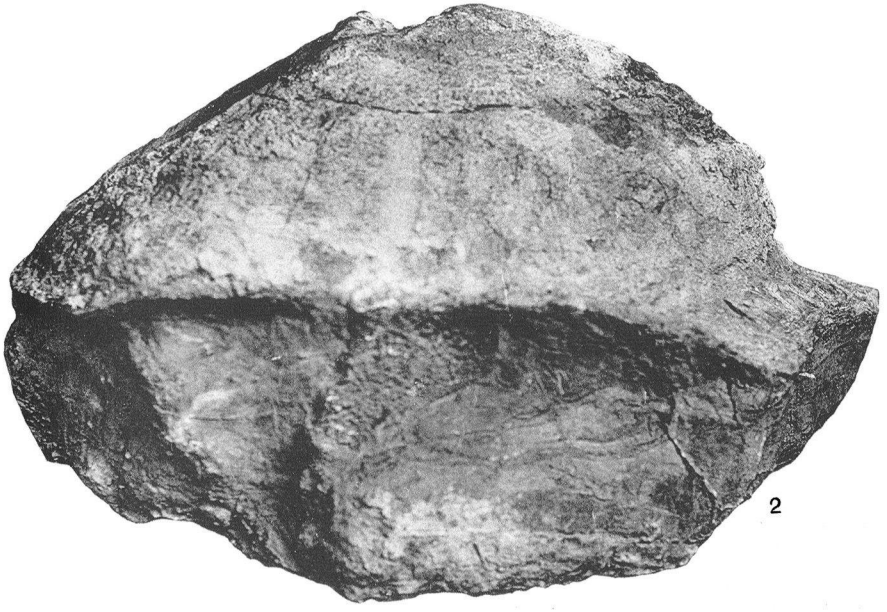
19

19a

Cl. Mémin

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

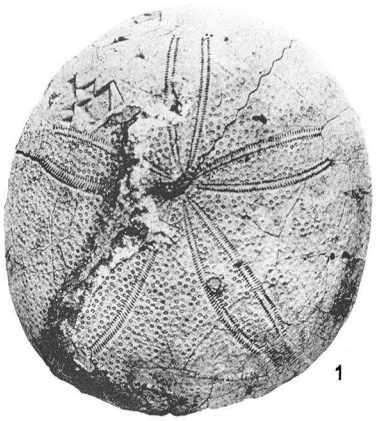
1



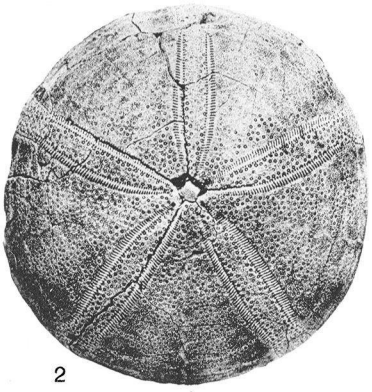
2

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

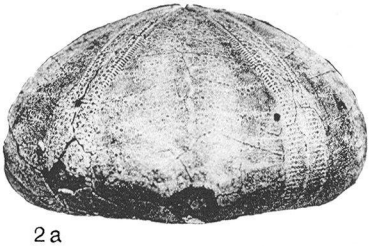
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



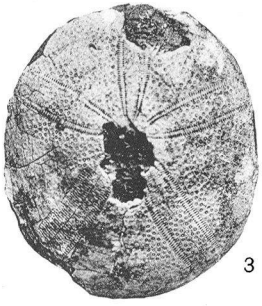
1



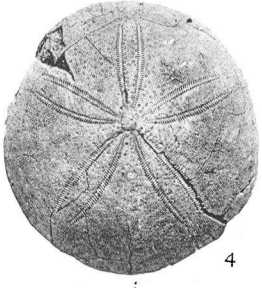
2



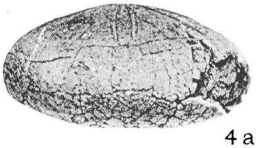
2a



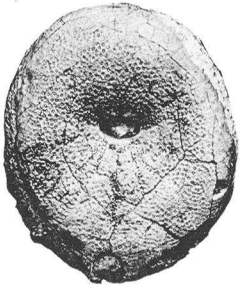
3



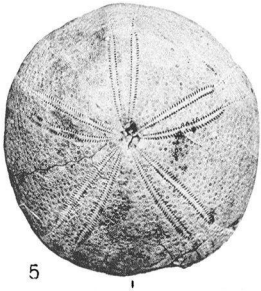
4



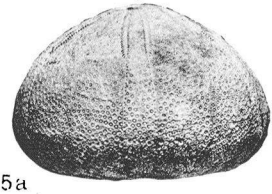
4a



6



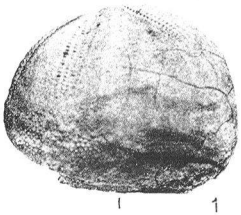
5



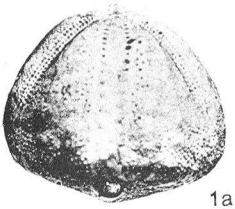
5a

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

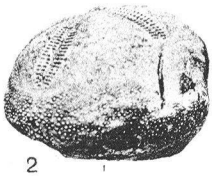
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



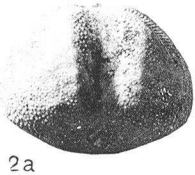
1



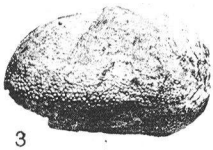
1a



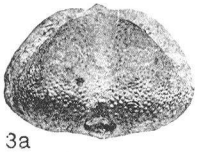
2



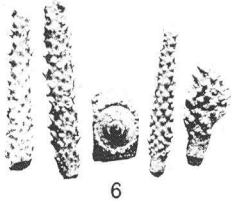
2a



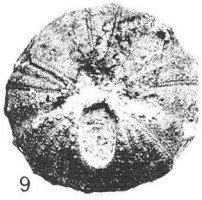
3



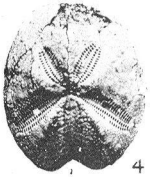
3a



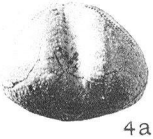
6



9



4

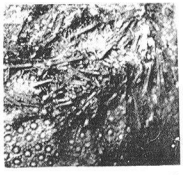


4a

7 ×3

9a

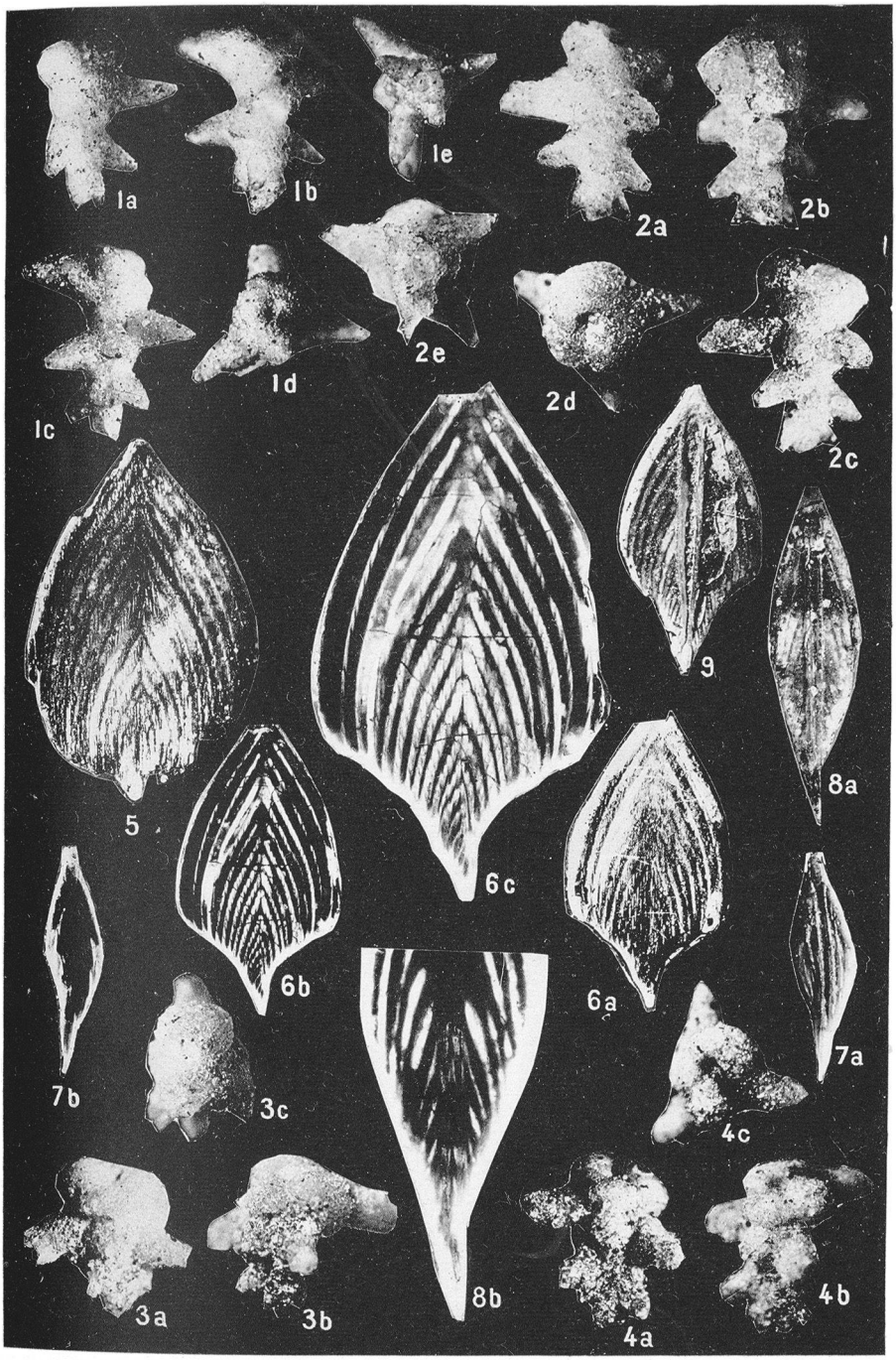
5



8 ×3

9b

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

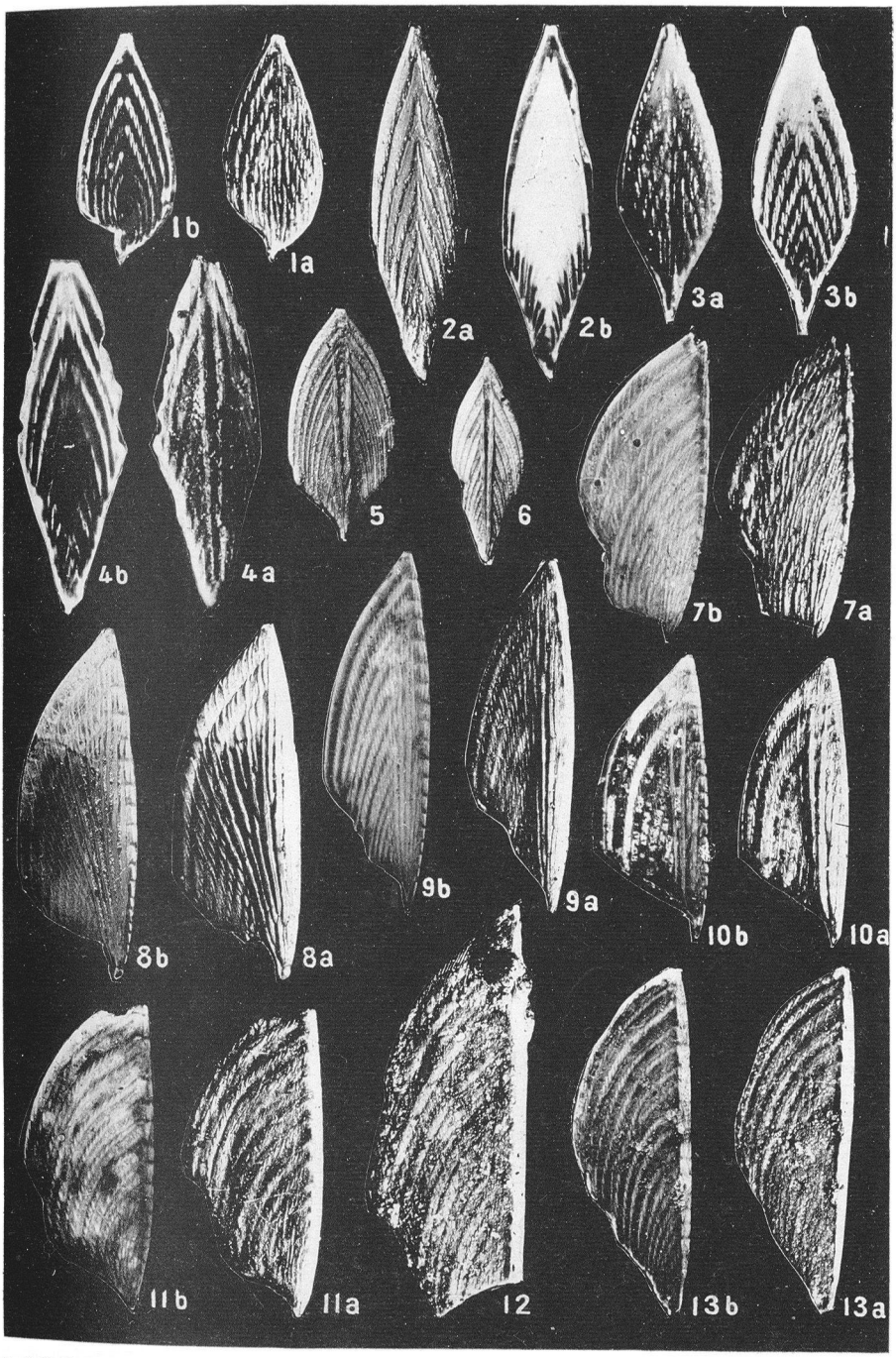


Cl. P. Marie

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

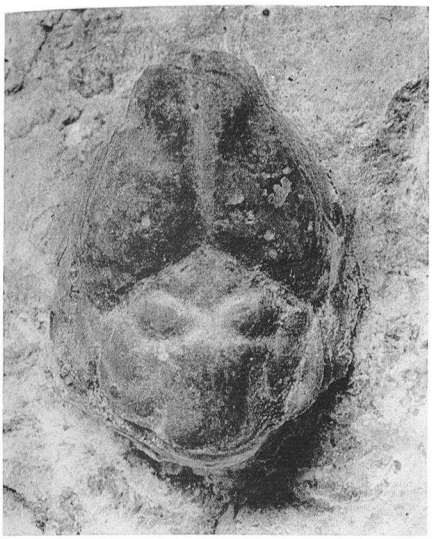
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Bull. Soc. Géol. de France S. 5 ; t. VIII ; pl. VIII

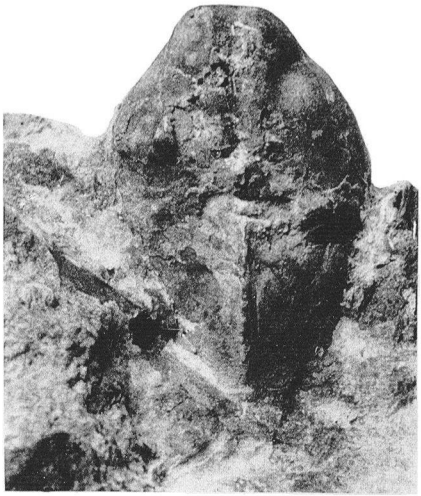


Cl. P. Marie

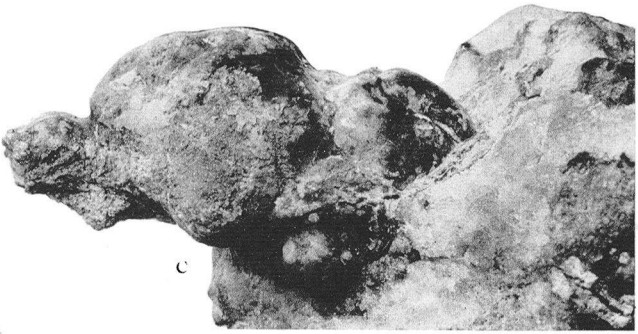
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



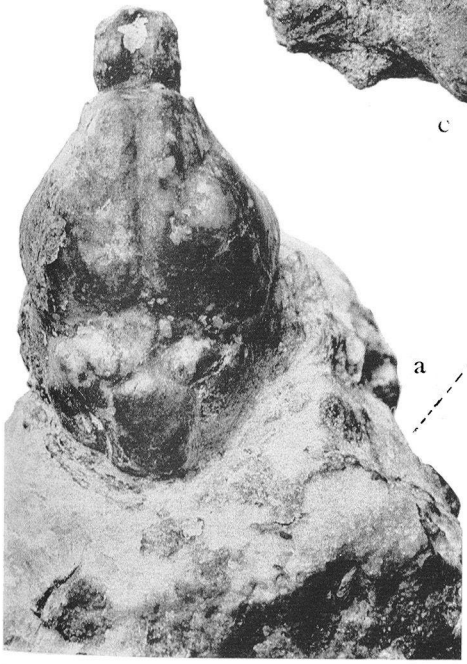
1



2

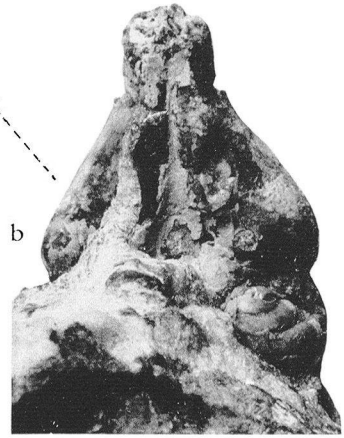


c



a

3

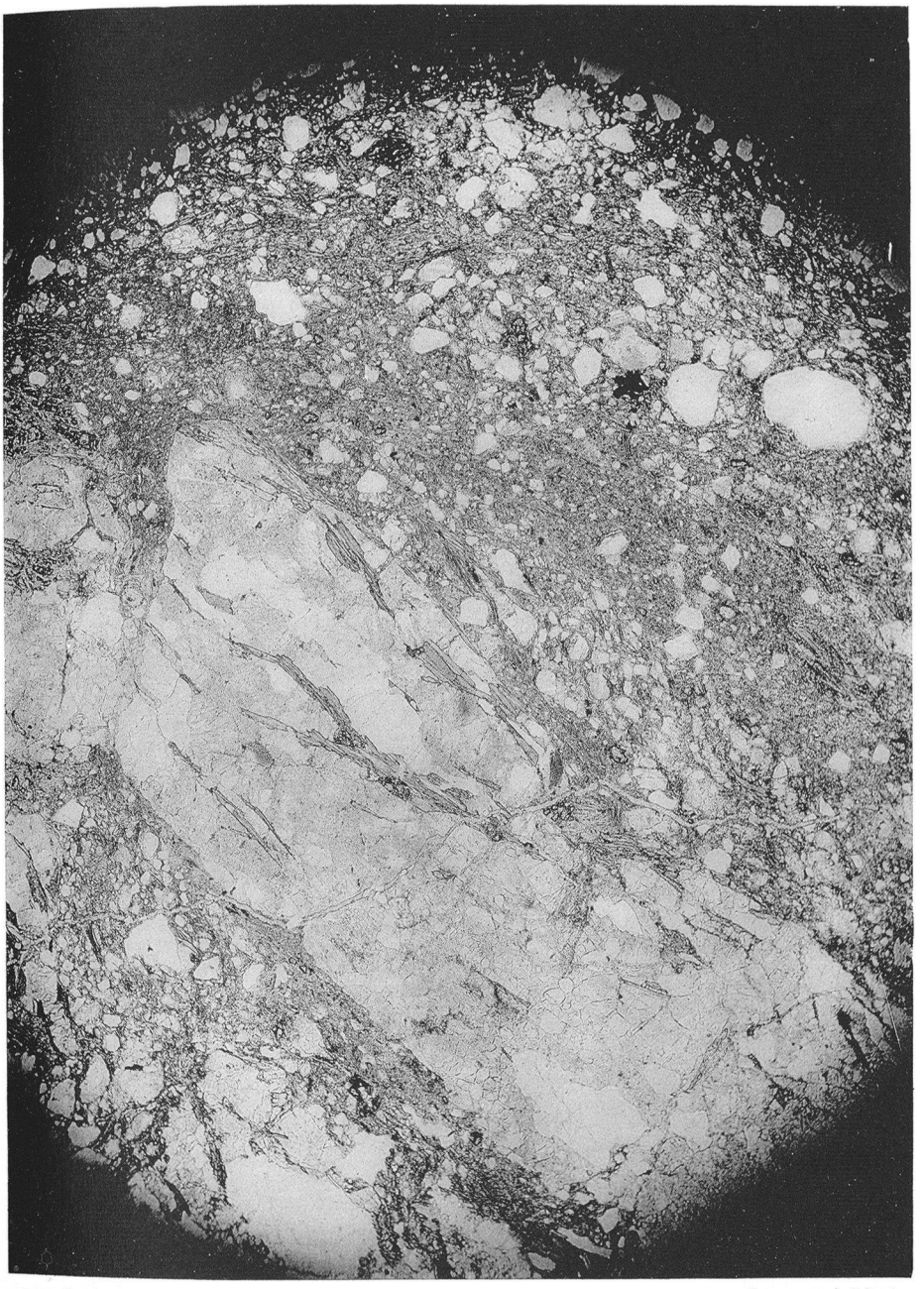


b

Cl. Cintract

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Cl. H. Ragot *Lum. nat.* ×25

Gneiss à grenat broyé. Carrière à l'Ouest de Rivolet.
Une épave de gneiss entourée de mouture.

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cl. H. Ragot *Lum. nat.* ×75

Oligoclasite métamorphisée par le granite
Carrière au Nord de Serfavre sur la route de Rivolet à Saint-Cyr.
Plagioclases en grands cristaux et en microlites restés intacts.
La pâte vitreuse est saupoudrée de biotite en fins cristaux polysynthétiques de néogénèse

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Étude pétrographique des sédiments arénacés du Crétacé inférieur dans le Bassin de Paris méridional

par **André Vatan**[1].

Résumé.

L'Aptien et l'Albien du Bassin de Paris méridional comportent plusieurs niveaux sableux : l'Aptien, des sables grossiers glauconieux, l'Albien, les Sables de la Puisaye. Ces sédiments ont été étudiés au point de vue de leur morphologie, de leur calibrage (granulométrie), de leur composition minéralogique.

Les sables aptiens présentent, tant au point de vue morphologique, granulométrique, que minéralogique, une grande ressemblance entre eux. Ils portent la marque de phénomènes éoliens, sont peu calibrés, grossiers, riches en éléments métamorphiques, surtout en staurotide.

Les Sables de la Puisaye sont nettement marins (subanguleux, fins, assez bien calibrés). Ils sont riches en éléments métamorphiques (staurotide, disthène), et plus riches en zircon que les sables aptiens.

Cette abondance des minéraux de métamorphisme se retrouve dans la plupart des cortèges minéraux des sables tertiaires du Bassin de Paris. Le disthène y est abondant alors qu'il est très rare dans les roches du Massif Central et des Vosges. Il indiquerait ainsi une origine armoricaine.

On retrouve les sables crétacés dans les alluvions anciennes de la Sauldre, alluvions portant la marque d'un phénomène éolien très poussé.

L'Albien dans le Bassin de Paris méridional, au niveau de la Loire, se présente suivant la trilogie classique :

Sables de la Puisaye,

Argiles de Myennes,

Sables verts.

Les sables verts ne dépassent guère la Loire à l'Ouest (Le Mivoie, Saint-Satur). Les argiles de Myennes reposent alors sur l'Aptien, représenté par des sables glauconieux grossiers et des grès ferrugineux.

Cet ensemble de l'Aptien et de l'Albien réalise assez bien un cycle sédimentaire. Le Barrémien est en effet représenté par des formations continentales (argiles rouges). A cet épisode conti-

1. Note présentée à la séance du 7 mars 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

nental succède une transgression amenant des sables glauconieux, puis viennent des faciès plus profonds argileux, enfin des faciès moins profonds sableux. L'ensemble se termine par des graviers phosphatés, indice d'instabilité, annonciateurs de la transgression cénomanienne.

Dans cette note, nous essaierons d'analyser les sédiments arénacés : Sables aptiens et Sables de la Puisaye au point de vue de leur morphologie, de leur calibrage (granulométrie), et des enseignements que l'on peut en tirer pour la connaissance des conditions de dépôt. Nous ferons enfin leur étude minéralogique dont nous obtiendrons des renseignements sur l'origine du matériel.

On retrouve les sables crétacés dans les alluvions anciennes de la Sauldre, alluvions portant la marque d'un phénomène éolien très poussé[1]. Nous terminerons par une vue d'ensemble sur les sédiments sableux du Bassin de Paris.

Le matériel étudié a été recueilli en grande partie au cours de la révision de la Feuille de Gien (quart SE), dans la région située au N de Sancerre (Cher), et dans la partie de la Puisaye touchant la Loire (F. de Clamecy).

Les sables inférieurs sont bien représentés. A Crésancy (Les Épinières) (F. de Bourges), des intercalations gréseuses très riches en hématite ont fourni : *Parahoplites tardefurcatus*, *P. Milleti* d'Orb., des brachiopodes, des tubulures de vers. L'épaisseur des sables aptiens est d'environ 10 mètres.

Les Argiles de Myennes succèdent, épaisses d'une vingtaine de mètres. Elles ne sont guère fossilifères. L'analyse thermique et l'examen microscopique nous ont montré que ces argiles sont formées en presque totalité de kaolinite teintée par des oxydes de fer[2].

Puis viennent les Sables de la Puisaye très épais en Puisaye, à l'Est de la Loire (une centaine de mètres) mais s'amincissant à l'Ouest, après la traversée de la Loire. Ils sont couronnés par

1. A. Vatan. Sur la présence de sables éoliens sur la bordure SE de la Sologne. *C. R. S. G. F.*, 1937, p. 179.

2. Les argiles de Myennes ont été étudiées par plusieurs auteurs :

M. Laville. Étude géologique sur les gisements des argiles de France. Mémoires publiés par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, année 1906, p. 1 à 13.

E. Lavezard. Contribution à l'étude des argiles de France. Mém. publiés par la Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale. 1906, p. 137 à 147.

Thiébault. Contribution à l'étude des sédiments argilo-calcaires du Bassin de Paris. Thèse. Sc. phys. Paris, 1925, p. 113. Cet auteur cite les minéraux suivants : tourmaline, rutile, zircon, topaze, disthène.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

une couche de graviers phosphatés, peu épais, très fossilifères, dont les fossiles ont été étudiés par de Loriol[1].

Les Sables de la Puisaye s'étendaient à l'Est en transgression sur le Morvan, comme l'ont montré les recherches de l'abbé Parat. Dans cette direction, à l'extérieur de l'auréole crétacée, il faut signaler, notés eIV sur la Feuille de Clamecy, des sables reposant directement sur le Rauracien. On sait maintenant que ces sables ne sont pas autre chose que des lambeaux de sables de la Puisaye (Étais, Nièvre)[2].

Technique employée.

L'étude complète d'un sédiment arénacé comporte : une analyse physique, une étude morphologique, une étude minéralogique. Dans d'autres publications nous avons décrit la technique employée[3], nous ne ferons donc que la rappeler.

L'examen des caractères morphologiques se fait au binoculaire en éclairant latéralement l'objet par une lumière dirigée. L'analyse physique se fait par un jeu de tamis à mailles métalliques. Cette méthode est la plus rapide et la seule utilisable pour des sables grossiers, mais elle présente des inconvénients certains. Cela tient d'abord au principe même du tamisage qui sépare les grains suivant leur plus petit diamètre et non d'après leur volume, ensuite à des imperfections du matériel : irrégularité des mailles, pertes, difficultés à réaliser le même mouvement pour tous les tamis, etc. Les résultats obtenus ont été exprimés graphiquement par la courbe exprimant les masses cumulatives en fonction des mailles : $m = f(x)$, m étant la masse des grains de taille supérieure à x la maille du tamis. Cette courbe présente l'avantage sur la courbe de fréquence ordinaire (courbe en cloche) de n'être pas influencée par l'échelle des tamis employés. Dans ce mode

1. de Loriol. Études sur la faune des couches du Gault de Cosne (Nièvre). *Mém. Soc. Pal. suisse*, 1882.

Selon M. Ch. Jacob, les argiles de Myennes représenteraient la zone II à *Hopl. interruptus* et les Sables de la Puisaye appartiendraient à la zone III à *Schloenbachia inflata*. (Études paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines. Thèse, Paris, 1907). Pour M. Barrois les Sables de la Puisaye feraient partie au contraire de la zone II. Voir P. Lemoine. Géologie du Bassin de Paris, pp. 149, 150.

2. P. Lemoine. Compte rendu Coll. C. G. F., camp. 1912. *B. S. C. G. F.*, t, XXII, p. 42.

— Sur quelques points de la géologie des terrains superficiels de la région entre Cosne et Clamecy (Nièvre). *B S. G. F.* (4), XII, 1912, p. 88.

3. a) Vatan et H. Farchad. Étude minéralogique des sédiments arénacés du Tuanétien. *B. S. G. F.*, VI, 1936, p. 331.

b) H. Aimen et A. Vatan. Contribution à l'étude pétrographique des sables stampiens. *B. S. G. F.*, 5e série, t. VII, p. 141 à 162, année 1937.

Toutes ces recherches ainsi que celles faisant l'objet de la présente note ont été faites au Laboratoire de Géologie de la Sorbonne.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de représentation, si les grains sont de taille régulièrement croissante, la fonction est linéaire, la courbe est donc une droite. Plus l'accroissement de la taille des grains est rapide, plus la pente de la droite est forte sur l'axe des x. C'est généralement le cas des sables fluviatiles, c'est celui de certains sables marins côtiers. Si au contraire il y a un maximum pour une certaine taille, c'est-à-dire si les courants ont opéré un certain calibrage, la courbe présente un palier. C'est généralement le cas des sables marins. Plus le palier est étendu, plus le calibrage est marqué. Les sables éoliens bien caractérisés présentent des courbes très régulières et symétriques par rapport à leur point d'inflexion ; ils reflètent d'ailleurs souvent les caractères des sables dont ils sont issus.

Sables aptiens.

Étude morphologique.

Les caractères morphologiques sont les mêmes pour tous. Le matériel fin (moins de 0,3 mm.) est en général anguleux. On observe cependant quelques grains arrondis. De 0,3 mm. à 0,75 mm. le nombre des grains émoussés est beaucoup plus grand, mais il reste encore une proportion élevée de grains subanguleux. De 0,75 mm. à 1,35 mm., les grains sont arrondis dans une forte proportion et ces grains arrondis sont souvent dépolis. Les parties grossières (plus de 1,35 mm.) portent également des traces d'usure, mais les grains sont seulement très émoussés. Quelques grains peuvent porter des marques de percussion en arc, semblables en plus petit à ce guillochage comparable à des empreintes d'ongle dans une matière plastique que l'on observe dans certains galets (chattermarks).

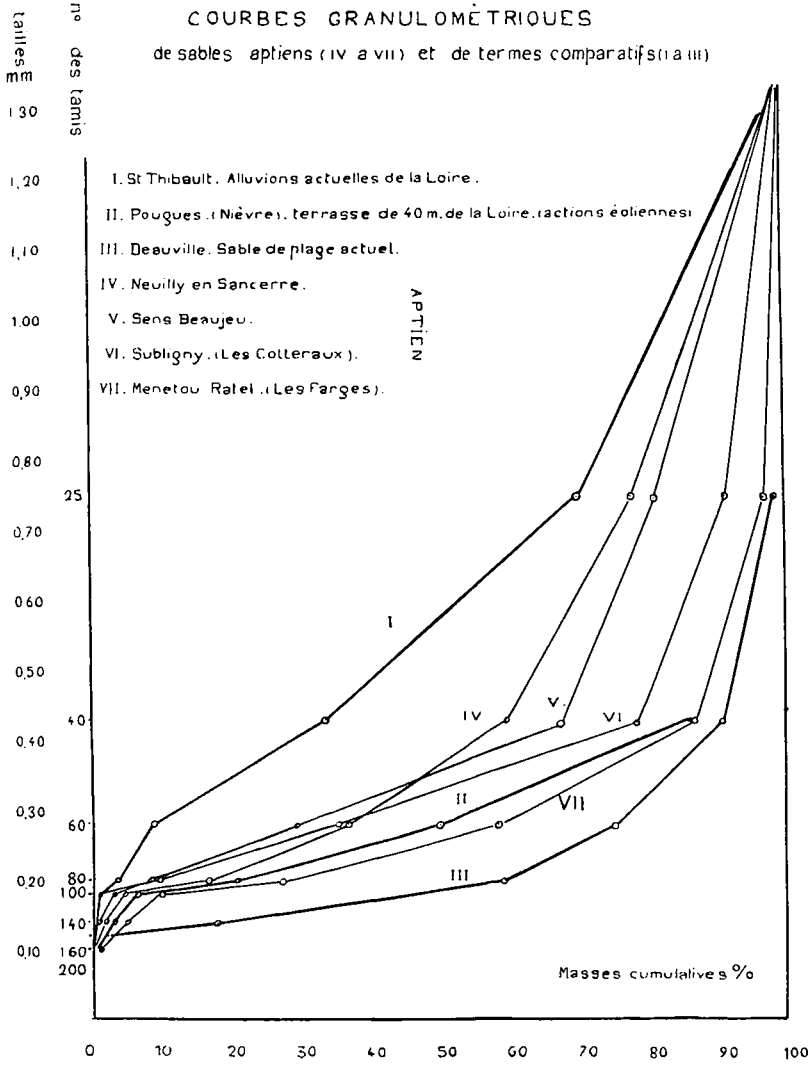
Quelles remarques suggère cette morphologie ?

Cette usure peut être le fait soit d'un phénomène éolien, soit d'une très grande ancienneté du matériel. Dans le sens de cette seconde hypothèse on ne connaît rien à l'appui. Dans notre région les formations détritiques antérieures (Trias, Permo houiller) ne contiennent pas de grains ayant des caractères de forme comparables, et s'il est possible que le démantèlement de ces terrains ait pu fournir du matériel au Crétacé inférieur, la forme actuelle des grains n'était pas préexistante. On peut donc supposer avec vraisemblance que cette morphologie a été acquise en même temps que se faisait la sédimentation. L'abondance relative des grains roulés et mats suggère un phénomène éolien. Sur un échantillon du Noyer (Cher), communiqué à M. A. Cailleux, il a été reconnu 14 % de grains éoliens.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Analyse physique.

Les courbes de granulométrie présentent entre elles un grand air de famille. Elles ont en moyenne une pente assez forte,



indice d'un classement peu marqué. Il y a cependant un certain calibrage entre 0 mm. 2 et 0 mm. 4. La marque du vent se fait seulement sentir sur cette portion de la courbe et sur la branche montante de la partie non calibrée.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Comme éléments de comparaison, nous avons figuré un sable fluviatile actuel, un sable de terrasse fluviatile remanié par des actions éoliennes, un sable de plage actuel. On peut constater ainsi que les sables aptiens réalisent un état intermédiaire entre le type fluviatile et le type de plage et qu'il y a une certaine ressemblance entre leurs courbes et la courbe de comparaison d'un sable fluviatile remanié par le vent.

Les courbes granulométriques des sables aptiens rappellent celles des « Sables à galets de Saclas ». Les formations à galets de Saclas représentent dans le Stampien supérieur de la région d'Étampes, des dépôts littoraux d'une mer en régression (*op. cit.*, p. 158).

Étude minéralogique.

Les minéraux lourds ont été séparés à l'aide du bromoforme (densité 2,9), et montés au Baume de Canada. Une partie en est réservée pour des mesures complémentaires, dans les cas d'indétermination.

Il y a grande uniformité dans la composition des sables aptiens. Les résultats sont exprimés dans le tableau ci-dessous où nous donnons le pourcentage relatif des minéraux transparents. Ces chiffres sont obtenus en faisant la statistique sur 100 grains.

TABLEAU I.

Pourcentage relatif des minéraux transparents des sables aptiens du Cher.

		Andalousite	Staurolide	Disthène	Sillimanite	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Tourmaline	Glaucophane
Sens Beaujeu		12	38	16		6	2			25	
Les Farges (Le Noyer)		8	30	11		8	3			40	
Les Cottereaux (Subligny)			16	12		38	4			10	
Les Riaux (Subligny)		4	30	10		18	6			12	
Base des Argiles de Myennes	Les Farjauts (Menetou-Ratel)		12	2	1	45	8	2	1	26	
	Caloison (Parassy)	1	2	29		47	9		1	10	1

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il ne faut donc voir dans ces chiffres que l'expression de l'ordre de grandeur, ces chiffres étant d'autant plus exacts qu'ils portent sur un plus grand nombre de grains.

Les échantillons des localités suivantes, trop pauvres en minéraux lourds pour fournir une statistique, ont fourni les minéraux suivants, par ordre d'abondance :

Menetou-Ratel (Les Champions). Staurotide abondante, andalousite bourrée d'inclusions opaques, disthène, tourmaline, zircon en fuseaux, sans facettes cristallines, produits opaques, abondants.

Menetou-Ratel (La Forêt). Cortège identique, glauconie altérée.

Neuilly-en-Sancerre — —

Morogues — —

Les deux derniers échantillons du tableau (Caloison, commune de Parassy et Les Farjauts, commune de Ménetou-Ratel) ont été prélevés un peu plus haut dans la série, à la base des argiles de Myennes. Leur composition minéralogique diffère assez nettement de celle des sables aptiens.

Voici la composition moyenne des 6 échantillons : andalousite : 6, 2 ; staurotide 23 ; disthène : 12, 6 ; zircon : 29 ; rutile : 5 ; tourmaline : 24, 5 ; brookite, anatase. Les éléments de métamorphisme, la staurotide en particulier, y jouent donc un rôle primordial.

Sables de la Puisaye.

Le contraste est frappant entre les sables de la Puisaye et les sables inférieurs aptiens. Les sables de la Puisaye sont anguleux ou subanguleux à toutes les tailles.

Analyse physique.

Dans l'établissement des courbes de granulométrie, on a tenu compte pour certains échantillons de la matière argileuse qu'il a été nécessaire de séparer par décantation. (Voir figure 2.)

Les courbes sont celles de sables nettement marins. Elles présentent un palier entre 0 mm. 1 et 0 mm. 3. Elles rappellent celles des sables marins du Stampien.

Étude minéralogique.

La composition minéralogique est donnée dans le tableau ci-dessous exprimant la composition centésimale des éléments transparents.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

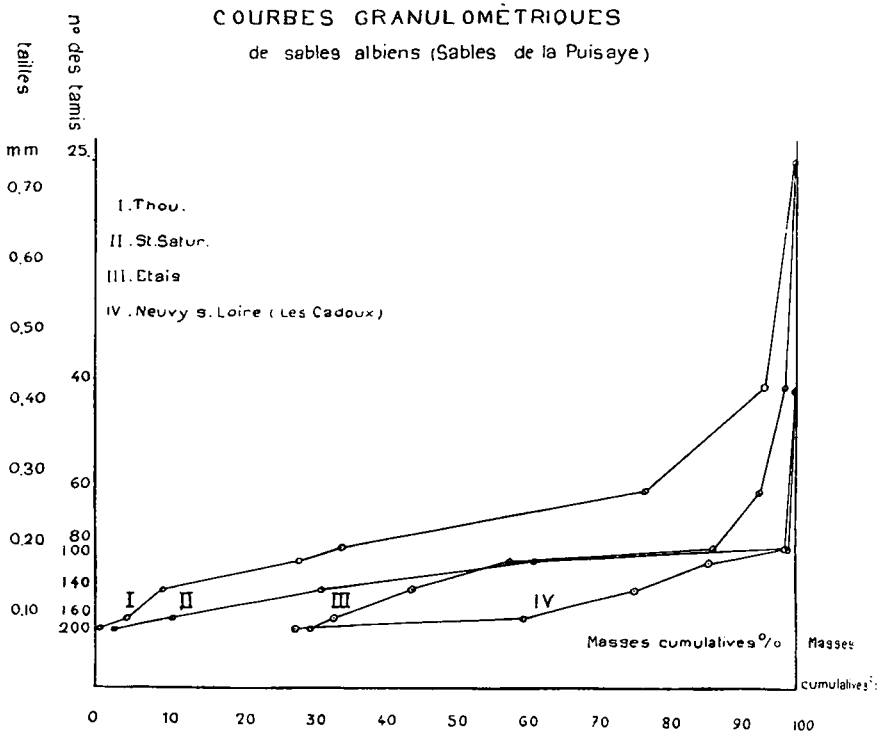


Tableau II.

Pourcentages relatifs des minéraux transparents des sables de la Puisaye.

Minéraux transparents	Andalousite	Staurotide	Disthène	Topaze	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Tourmaline	Épidote	Hornblende	Monazite
Saint-Satur.....	2	18	11		22	13			34			
Jars (Les Deschamps).		7	9		67	9	2	1	3			2
Jars (Les Bondoirs)...		15	10		44	10	1		19			1
Thou.....	1	9	11	1	11	7	1	1	58			
Neuvy-sur-Loire..... (Les Cadoux)	2	13	2	2	53	17	2	1	6	1	1	
Etais.....		20	13		37	10			20			

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il y a beaucoup de ressemblance dans la composition minéralogique des échantillons étudiés. Les éléments métamorphiques sont moins abondants que dans les sables inférieurs, l'andalousite est rare, la proportion de staurotide nettement moins forte. Le disthène par contre conserve à peu près sa proportion. La tourmaline garde dans le cortège une place importante. L'anatase et la brookite sont à signaler.

Voici la composition centésimale moyenne des 6 échantillons du tableau, staurotide : 15, disthène : 10, zircon : 40, rutile : 9, tourmaline : 25, andalousite, anatase, brookite.

Quels résultats peut-on tirer de cette étude minéralogique? L'origine métamorphique du matériel ne fait pas de doute : la roche mère était formée de schistes cristallins traversée par des filons de pegmatite ayant fourni la tourmaline. Nous comparons ce cortège minéral à ceux des autres sédiments sableux du Bassin de Paris. Il reste auparavant à expliquer la différence notable de composition entre les sables inférieurs et les sables de la Puisaye, alors que le bassin d'alimentation a dû rester le même à peu de chose près. C'est dans la taille des grains que l'on doit chercher l'explication. On constate, en effet, en mesurant les tailles des individus cristallins, que pour chaque espèce il y a une taille de fréquence maximum et que ces tailles sont très différentes suivant les minéraux. L'andalousite, la staurotide, ont ce maximum entre 0,3 mm. et 0,4 mm., la tourmaline et le disthène plus allongés, entre 0,3 mm. et 0,5 mm. Par contre, le zircon et le rutile sont de petite taille : 0,1 mm. à 0,2 mm. Ainsi, partant de 0 mm. 2, une diminution de la grosseur des grains favorisera un enrichissement en rutile et zircon, un accroissement de taille, un enrichissement en staurotide et andalousite. Le disthène et la tourmaline, possédant des gammes de taille plus étendues, sont moins sensibles à ces variations. Le classement par gravité, s'il existe, ne semble pas appréciable.

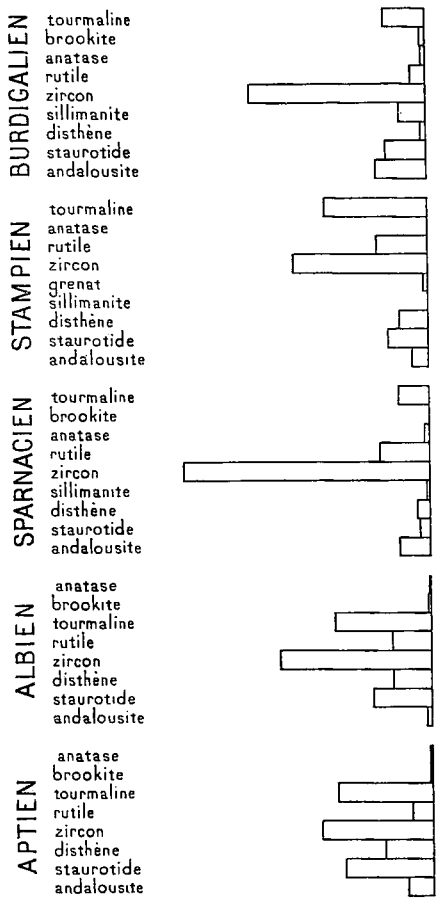
Comparaison avec les autres sédiments sableux du Bassin de Paris.

Il y a un grand air de famille entre tous les sables marins du Bassin de Paris. Le Sparnacien et les Sables de la Sologne font figure à part. Le Sparnacien est caractérisé par une grande richesse en zircon et sa pauvreté relative en éléments métamorphiques[1].

1. A. Vatan. Étude minéralogique comparée des sédiments arénacés du Bassin de Paris. *CR. Acad. Sc.*, t. 105, p. 70, 5 juillet 1937.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Dans le diagramme suivant nous donnons une représentation graphique de la richesse moyenne des sédiments crétacés étudiés dans la présente note, des Sables sparnaciens, stampiens et des Sables sparnaciens, stampiens et des Sables de la Sologne.



Les sédiments du Sparnacien et du Vindobonien (Sables de la Sologne et cailloutis préligériens) sont tous issus du Massif Central, mais au Sparnacien l'érosion est moins poussée et les schistes cristallins sont encore en grande partie recouverts de terrains sédimentaires. Le matériel métamorphique joue un grand rôle au Vindobonien, mais dans les deux cas, parmi ces éléments métamorphiques, le disthène a un rôle effacé. Nous savons en effet que le disthène est rare dans le Massif Central. Les alluvions actuelles de la Loire, fidèle reflet de la pétrographie du bassin, en contiennent très peu. Le disthène est, par contre, abondant dans les sédiments marins crétacés et tertiaires. Ainsi que l'a fait remarquer depuis longtemps M. Cayeux, ce minéral est très précieux pour déceler le sens des courants. Dans la mer de la craie, il indique un courant SW. On peut donc penser que les courants marins ont conservé la même direction au cours des temps géologiques depuis le Crétacé moyen et qu'ils venaient de l'Ouest en entraînant du matériel armoricain.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur l'évolution et la classification des Hippurites de la Provence

par **André Antonini**[1].

Première partie

Orbignya Woodward 1862.

Dès la base de l'Angoumien apparaissent, côte à côte, l'*O. resecta* Defrance *sp.* et l'*O. Requieni* Matheron *sp.*, à caractères internes voisins.

O. resecta, comme nous l'avons déjà dit [5], est la forme primitive de toutes les *Orbignya*. Mais revoyons cette question.

Toucas, parlant d'*O. Requieni* [4], s'appuie sur la grande abondance, dans les premiers bancs de l'Angoumien, de cette forme à *pores fins et peu allongés* (p. 9), pour lui attribuer l'origine des *Orbignya*. Selon lui, *O. resecta* serait moins abondante dans ces mêmes bancs et, à cause de ses pores tendant à s'élargir, fournirait une variété établissant le passage avec les formes à pores polygonaux.

Ce critérium de plus ou moins grande abondance est sans valeur car il résulte de l'examen des figures types, comme déjà dit ([5], p. 47), qu'*O. resecta* possède une arête cardinale plus courte qu'*O. Requieni*, donc plus primitive.

Se basant sur la forme des pores *petits*, *arrondis ou allongés*, *quelquefois en croissant*, Douvillé avait pressenti le caractère primitif d'*O. resecta*. Les pores d'*O. Requieni*, toujours d'après Douvillé, sont *petits*, *ressemblent à ceux d'O. resecta au centre de la valve*, *tandis qu'ils sont plus longs et nettement linéaires à la périphérie*.

L'évolution n'a donc pu s'effectuer, selon nous, qu'à partir d'*O. resecta*, par transformation des pores périphériques.

La présence sur certaines *O. Toucasi* d'Orbigny *sp.* de pores à la fois polygonaux et linéaires au centre de la valve (Toucas [4], p. 57) permet de le croire ; commencée sur *O. Requieni*, la transformation gagne peu à peu le centre de la valve pour don-

Note présentée à la séance du 6 décembre 1937.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ner *O. Toucasi* en passant par *O. resecta* var. *subpolygonia* Toucas.

Et l'évolution peut se résumer ainsi : la transformation restant partielle, on arrivera aux formes à pores polygonaux ; si elle devient totale aux formes à pores linéaires.

Nous avons cru voir enfin ([5], p. 49) que l'apophyse myophore d'*O. Requieni* présentait des caractères plus évolués que celle d'*O. resecta*.

L'espèce d'origine des *Orbignya* est donc bien l'*O. resecta*.

Orbignya à pores linéaires.

En Provence, cinq groupes :

1) Groupe de l'*O. canaliculata*.

Groupe primitif. C'est notre ancien groupe d'*O. resecta* ([5], [6]).

Il comprend les formes suivantes :

O. resecta Defrance *sp.* et ses variétés *Requieni* Matheron, *oblonga* Antonini dans l'Angoumien ; *O. incisa* Douvillé *sp.* au Coniacien (mutation d'*O. resecta*) ; dans le Santonien inférieur et moyen *O. Matheroni* Douvillé *sp.* (mutation d'*O. incisa*) et ses variétés *praecanaliculata* Toucas, *cristata* Douvillé et *montsecana* Douvillé. Enfin, au Santonien supérieur, *O. canaliculata* Rolland du Roquan *sp.* (mutation d'*O. Matheroni*) avec sa variété *conica* Antonini.

Au sujet d'*O. resecta* var. *oblonga*, rappelons que l'exemplaire type a son arête cardinale largement tronquée, alors que pour celle des échantillons des Corbières *dans tous les cas l'échancrure de l'extrémité se montre assez faible* [7]. Nous avons indiqué l'Angoumien. Pour M. Sénesse ([7], p. 102) Angoumien supérieur seul.

2) Groupe de l'*O. meridionalis*.

Une seule espèce :

O. meridionalis Antonini 1936.

Ajoutons à la description déjà donnée [6] de cette espèce du Santonien supérieur, quelques compléments.

Sa valve supérieure possède des pores serrés, non inclus dans un réseau de mailles polygonales.

Nous avons vu [6] qu'*O. meridionalis* différait notablement de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

certaines espèces connues, et ne pouvait être rangée dans certains groupes.

Elle diffère encore d'*O. corrugata* MATHERON *sp.* et d'*O. intermedia* MATHERON *sp.* On ne peut la placer dans le groupe d'*O. bioculata* où les espèces sont à arête cardinale réduite et à valve supérieure plus épaisse, avec mailles polygonales enserrant des pores uniques, ni dans le groupe d'*O. rennensis* où les pores sont dirigés vers le centre des nombreuses mailles polygonales qui couvrent toute la valve supérieure, ni dans celui d'*O. variabilis* où les pores sont polygonaux.

Jusqu'au jour où pourraient se révéler des formes antérieures appartenant à ce groupe, nous considèrerons *O. meridionalis* comme une mutation d'*O. Matheroni* et cela à cause de la forme voisine, seulement différente, dans sa section — par son arête cardinale tronquée — qui existe au même niveau : *O. canaliculata* var. *conica*. M. Sénesse a retrouvé dans les Corbières des spécimens pouvant lui être rapportés (*O. cf. meridionalis* [7], p. 131, pl. VI, fig. 2).

3) Groupe de l'*O. organisans*.

Parlant de ce groupe, nous avons dit ([5], p. 54) qu'il comprenait *des individus laissant apercevoir très souvent les mailles polygonales qui enserrent les pores*. Rectifions : nous voulions simplement dire que les pores, tout en restant linéaires, occupaient parfois le fond d'alvéoles à contours plus ou moins polygonaux.

Ce groupe comprend, en Provence, trois formes :

Au Coniacien : *O. socialis* DOUVILLÉ *sp.* (mutation d'*O. resecta* var. *Requieni*) et sa variété *constricta* ANTONINI. Au Santonien inférieur et moyen *O. socialis* var. *irregularis* TOUCAS.

Nous pensons que l'*O. compressa* SÉNESSE ([7], p. 122, pl. II, fig. 3 et 4 ; pl. VII, fig. 2 ; pl. VIII, fig. 3), malgré ses piliers pincés à leur base, est assez voisine d'*O. socialis*, les autres caractères paraissant identiques à ceux de cette espèce.

M. Sénesse dit lui-même que *la taille, l'arête cardinale, l'appareil cardinal, la cavité accessoire antérieure, la lame et l'apophyse myophore sont comparables à ceux de l'O. socialis* ([7], p. 122).

Examinons donc les caractères restants.

A) Les pores de la valve supérieure sont *linéaires, assez ouverts, assez superficiels, occupent le fond d'alvéoles peu profonds* ([7], p. 122).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cependant M. Sénesse ajoute qu'ils sont *moins ouverts, situés au fond d'alvéoles moins élargis, donc plus superficiels* ([7], p. 122) que dans *O. socialis*.

Pour sensibles que soient ces différences, il nous paraît assez difficile, à cause des ressemblances déjà signalées, d'éloigner ces deux espèces autant qu'a pu le faire M. Sénesse en plaçant *O. compressa* dans un groupe où les pores ne sont jamais situés au fond d'alvéoles, même lorsqu'une certaine usure a pu intervenir.

B) *O. compressa* possède des piliers pincés à leur base, le premier étant assez allongé, le second *très long, parfois lamelliforme, le plus souvent comprimé, presque pédiculé* ([7], p. 122 et 123) alors que dans *O. socialis* ils sont plutôt élargis.

Nous avons cité néanmoins ([5], p. 55) des *O. socialis* à premier pilier lamelliforme ; Toucas a figuré ([4], p. 34, fig. 54) une section des Corbières à premier pilier assez allongé, presque lamelliforme et à second pilier plus long, nettement pincé. Enfin, M. Sénesse dit qu'à Tuchan ([7], p. 121) le deuxième pilier d'*O. socialis* est assez long, lamelliforme, ne se montrant *jamais élargi à sa base*. Il donne même une section (pl. VIII fig. 2) où ce pilier tend à se rétrécir.

Malgré cela aucune *O. socialis* connue n'a ses piliers comprimés tous deux sur un même individu. *O. compressa* s'en écarte donc, mais si l'on remarque qu'elle a été recueillie dans le gisement qui a fourni à M. Sénesse des *O. socialis* à second pilier quelquefois comprimé, le rapprochement avec celle-ci s'en trouvera facilité. Et, si l'on tient compte de la variabilité dont sont affectés les piliers d'*O. socialis*, on pourra peut-être alors considérer l'*O. compressa* comme une *O. socialis* légèrement plus évoluée.

C) L'ornementation des valves ([7], p. 122) n'exclut pas ce rapprochement.

D) Il est regrettable que M. Sénesse n'ait pu délimiter exactement les niveaux de Tuchan, mais il ressort de son texte qu'*O. compressa* et *O. socialis* s'y trouvent parallèlement.

Conclusion. — *O. compressa* ne peut être, à notre avis, qu'une variété d'*O. socialis*.

Groupes de l'*O. sublaevis* et de l'*O. turgida*.

La présence au Santonien inférieur et moyen de formes telles qu'*O. corrugata* Matheron *sp.* et *O. intermedia* Matheron *sp.*, à caractères plus évolués qu'*O. sublaevis* (arête cardinale réduite

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dans les deux formes, apophyse myophore non tronquée dans *O. intermedia* alors qu'elle l'est encore dans *O. sublaevis*) permet d'envisager d'une façon nouvelle l'évolution du groupe d'*O. turgida*.

4) Groupe de l'*O. sublaevis*.

Groupe nouveau. Débute au Coniacien avec *O. elongata* (mutation d'*O. resecta* var. *oblonga*, semble-t-il).

Caractères principaux. — Arête cardinale assez longue dans les formes anciennes se réduisant par la suite. Piliers lamelliformes, peu ou pas pincés, jamais pédiculés. Apophyse myophore triangulaire et échancrée puis sans trace de troncature. Pores très contournés d'abord, moins par la suite. Mailles polygonales plus ou moins nombreuses.

Quatre formes provençales :

O. elongata Antonini.

Exemplaire type décrit et figuré en 1933 ([5], p. 57, pl. I, fig. 9 et 10).

M. Sénesse lui rapportant une forme recueillie dans les Corbières en donne une description ([7], p. 125 et 144) d'où il semble ressortir que seule la longueur de l'arête cardinale sépare *O. elongata* d'*O. sublaevis*.

Revoyons donc ces deux espèces et procédons à leur comparaison avec l'exemplaire des Corbières.

A) Les pores d'*O. elongata* sont *linéaires*, *longs et serrés*, *excessivement contournés*, *les formes en croissant y étant rares* ([5], p. 57). Ils sont, de plus, répartis uniformément, dirigés vers le centre de la valve et non groupés dans un réseau de mailles polygonales.

B) Les pores d'*O. sublaevis* sont *linéaires*, *plus ou moins contournés*, *les formes en croissant y dominant* ([5], p. 58).

Que voyons-nous encore sur la figure de Toucas représentant une *O. sublaevis* ([4], pl. V, fig. 1) si ce n'est que les pores sont, pour ainsi dire, tous en croissant? Ils sont aussi plus espacés, plus courts que dans *O. elongata* et moins pelotonnés sur eux-mêmes.

Et l'on saisit déjà la non-identité d'allure des pores entre *O. elongata* et *O. sublaevis*, contrairement à ce qu'affirme M. Sénesse ([7], p. 144).

Autre différence : *O. sublaevis* possède des mailles polygonales alors qu'elles sont absentes chez *O. elongata*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

C) L'arête cardinale d'*O. elongata* est moins robuste que celle d'*O. sublaevis*, parce que plus longue, plus effilée, moins large à sa base et à corps plus grêle. Il suffira, pour s'en convaincre, de rapprocher les nombreuses sections données par les auteurs et, en particulier, celle de l'*O. sublaevis*, comparable à la forme type, que Toucas a figurée ([4], p. 42, fig. 68).

Ainsi, et sans examiner les autres caractères internes déjà précisés ([5], p. 57 et 58), on peut dire qu'*O. elongata* et *O. sublaevis* ne seront jamais confondues.

D) Voyons maintenant l'exemplaire des Corbières. A cause de ses pores *identiques à ceux de l'O. sublaevis qui existe sur les mêmes lieux* ([7], p. 144), *en V, en U, serpentiformes et surtout hamuliformes* ([7], p. 125) et à cause de ses *bandes imperforées formant un réseau de mailles polygonales* ([7], p. 125), il diffère essentiellement d'*O. elongata* où les pores en V, en U, hamuliformes sont très rares et où il n'existe pas de mailles polygonales.

Donc, si l'on considère que certaines *O. sublaevis* sont pustuleuses et costulées ([4], p. 42) comme le spécimen des Corbières, il est certain que celui-ci a ses valves nettement *en faveur du rattachement à l'O. sublaevis* ([7], p. 125). Sa section ([7], pl. VI, fig. 1) présente une arête moins saillante que dans *O. elongata* parce que plus large, moins aiguë, proportionnellement plus courte et plus massive pour une taille de l'animal plus grande et un test plus épais.

L'acuité de l'arête est cependant plus prononcée que dans *O. sublaevis* ; l'exemplaire des Corbières appartiendrait alors à une forme intermédiaire.

M. Sénesse attribue à l'exemplaire des Corbières la base du Santonien inférieur ([7], p. 144). Il en conclut que *O. elongata* appartient à ce niveau, alors que nous l'avons placée, avec doute il est vrai [5], dans le Coniacien. Mais on sait que le type d'*O. sublaevis* a été trouvé au sommet du Santonien inférieur. L'exemplaire des Corbières, selon nous intermédiaire entre celle-ci et *O. elongata*, serait donc bien, comme l'avance M. Sénesse, de la base du Santonien inférieur. Mais il semble alors qu'*O. elongata*, beaucoup moins évoluée que ces deux formes, doive véritablement se trouver à un niveau plus bas, qui ne peut être que le Coniacien.

Observations. — *O. elongata* est-elle bien à sa place dans le groupe de l'*O. sublaevis*? Nous le croyons, car le processus d'évolution paraît clair : *O. elongata* ne possède pas de mailles polygonales ; celles-ci apparaissent sur *O. sublaevis*, encore peu

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

développées, et atteignent leur maximum sur les formes suivantes.

Nous ne pouvons faire autrement. *O. elongata*, en effet, ne peut être rangée dans le groupe d'*O. canaliculata* où l'arête est toujours tronquée dans ses représentants provençaux ; ni dans le groupe d'*O. organisans* où les pores sont souvent assez ouverts et les piliers peu développés ; ni dans celui d'*O. bioculata* où les pores sont très espacés et placés chacun au centre d'une maille polygonale ; ni dans les groupes d'*O. variabilis* et d'*O. Toucasi* où les pores sont polygonaux ; ni enfin dans le groupe d'*O. rennensis* où les mailles polygonales recouvrent toute la surface dès son premier représentant avec pores dirigés vers le centre de ces mailles.

Conclusion. — *O. sublaevis* et *O. elongata* sont deux formes spécifiquement distinctes ; l'exemplaire de M. Sénesse n'est qu'une *O. sublaevis* moins évoluée dans un seul de ses caractères.

O. elongata a donné au Santonien inférieur et moyen, et cela par mutation, *O. sublaevis* Matheron *sp.* 1842, qui possède une variété *nodulosa* Matheron. Au Santonien supérieur on trouve *O. vermiculata* Matheron *sp.* (mutation d'*O. sublaevis*). Puisque nous avons signalé aux Martigues une forme identique à *O. vermiculata* ([5], p. 62, pl. III fig. 7 et 8), celle-ci pourrait bien être la forme que Toucas a eu en vue lorsqu'il a cité la présence assez rare d'*O. sublaevis* dans le Santonien supérieur de ce lieu ([4], p. 42).

5) Groupe de l'*O. turgida*.

Débute au Coniacien avec *O. elongata*. Les espèces sont caractérisées par leur grande taille. Leur évolution, par rapport à celles du groupe précédent, est plus rapide :

1° Sur l'arête cardinale, plus réduite que dans *O. sublaevis* dès le Santonien inférieur.

2° Sur l'apophyse myophore, arrondie au Santonien alors que toujours tronquée dans *O. sublaevis* du même étage.

Ce groupe comprend deux espèces :

O. intermedia Matheron *sp.* et *O. corniculum* Matheron *sp.*

Au sujet de la première, rappelons que jusqu'à ce jour nous l'avons rapportée à *O. sublaevis* et ce ne peut être H. Douvillé qui l'ait rapportée à *O. sublaevis*, ainsi que l'affirme M. Sénesse ([7], p. 126), puisque nous avons été le premier à scier l'exemplaire type, le décrire et le figurer. *O. intermedia* caractérise

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

le Santonien inférieur et moyen ; c'est une mutation d'*O. elongata*. *O. corniculum*, mutation d'*O. intermedia*, se trouve dans le Santonien supérieur. Sa section *diffère très peu d'O. turgida des Corbières* ([5], p. 63, pl. IV fig. 1, 2 et 3). Cependant, à cause de la plus grande longueur de sa valve inférieure (jusqu'à plus de 52 cm.), elle s'en écarte. Nous considérerons donc *O. turgida* et *O. corniculum* comme deux mutations d'*O. intermedia*.

II

Orbignya à pores polygonaux.

En Provence, deux groupes :

1) Groupe de l'*O. Toucasi*.

En Provence : *O. praetoucasi* Toucas du Coniacien et *O. Toucasi* d'Orbigny *sp.* du Santonien inférieur et moyen (mutation d'*O. praetoucasi*).

2) Groupe de l'*O. variabilis*.

Une seule forme provençale : *O. Peroni* Douvillé *sp.* du Santonien supérieur (mutation d'*O. sarthacensis* Coquand *sp.*).

Toucas a pensé que ces deux groupes ont pu provenir d'*O. resecta* var. *subpolygonia* Toucas. Signalons cependant l'absence, en Provence, de cette importante variété.

Deuxième partie

Vaccinites Fischer 1887.

Tous les *Vaccinites* dérivent du *V. praepetrocoriensis* Toucas de l'Angoumien inférieur.

I

Vaccinites à pores réticulés ou denticulés.

En Provence, huit groupes distincts :

1) Groupe du *V. sulcatus*.

Groupe primitif. Arête cardinale toujours tronquée. Piliers à évolution complexe. Pores réticulés dans la première forme

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

avec traces très nettes de trabécules, devenant plus fins dans la seconde. Dans les formes suivantes, inexistantes en Provence, ils sont presque subpolygonaux avec seulement quelques denticules. Ce groupe renferme donc, en puissance dès ses formes anciennes, les caractéristiques des pores de tous les *Vaccinites*.

Deux espèces : *V. praepetrocoriensis* Toucas à l'Angoumien inférieur et *V. inferus* Douvillé *sp.* (mutation du premier) à l'Angoumien inférieur et moyen.

2) Groupe du *V. dentatus*.

Comprend en Provence : *V. marticensis* Douvillé *sp.* (mutation du *V. praepetrocoriensis*) au Coniacien ; *V. dentatus* Matheron *sp.* 1842 et *V. intermedius* Antonini (mutations du *V. marticensis*) au Santonien inférieur et moyen. Enfin, au Santonien supérieur, *V. latus* Matheron *sp.* (mutation du *V. dentatus*).

L'exemplaire décrit par M. Sénesse ([7], p. 128) et considéré par lui comme un *V. dentatus*, est peut-être (il n'a pas été figuré) assimilable à notre *V. intermedius*, à cause de son apophyse myophore non échancrée.

3) Groupe du *V. longistylus*.

Groupe nouveau. Arête cardinale très longue et très fine. Premier pilier élargi à la base. S'éloigne donc du groupe du *V. dentatus* où l'arête est moyennement longue et assez épaisse, et du groupe du *V. galloprovincialis* où le premier pilier n'est jamais élargi à la base.

Il ne comprend, en Provence, qu'une seule forme : *V. longistylus* Antonini 1933 ([5], p. 72, pl. IV, fig. 4) du Santonien inférieur et moyen, qui semble être une mutation du *V.* cf. *marticensis* du Coniacien des Corbières ([7], p. 110, pl. I, fig. 11).

4) Groupe du *V. petrocoriensis*.

Arête cardinale toujours longue, très longue même dans *V. Repelini*, et à sommet arrondi. Premier pilier d'abord court et robuste, élargi à la base, puis légèrement plus long et plus élargi. Dent postérieure dépassée dans la dernière forme, seulement atteinte par l'arête cardinale dans les premières. Apophyse myophore d'abord épaisse et échancrée, plus tard ovale, moins large et sans troncature. Valve inférieure d'abord ornée de côtes fines avec stries d'accroissement nombreuses ; entièrement lisse dans *V. Repelini* avec stries très prononcées.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ce groupe est représenté en Provence par le *V. petrocoriensis* Douvillé *sp.* (mutation du *V. praepetrocoriensis* à faible troncature) à l'Angoumien supérieur et par le *V. Repelini* Antonini au Santonien inférieur et moyen (mutation du *V. occitanicus* Sénesse du Coniacien des Corbières).

5) Groupe du *V. Combaluzieri.*

Comprend des spécimens à organes épais :

1° Arête cardinale très forte, à sommet arrondi, ne dépassant pas la dent postérieure.

2° Premier pilier d'abord trapu, non élargi à la base, légèrement allongé et rétréci par la suite, mais encore épais.

3° Second pilier courtement pédiculé et massif.

4° Apophyse myophore d'abord tronquée puis arrondie sans troncature.

Nous rangerons dans ce groupe le *V. corbaricus* Douvillé sp. var. *spissa* Sénesse ([7], p. 116, pl. III, fig. 1) sous le nom de *V. spissus* Sénesse.

V. spissus s'éloigne en effet du *V. corbaricus* par son arête beaucoup plus massive, son premier pilier plus court, plus large et plus épais. On doit même, selon nous, le chasser du groupe du *V. galloprovincialis*, dont il ne possède aucun des caractères. *V. spissus* est une mutation de *V. petrocoriensis*. Ce groupe ne comprend, en Provence, qu'une seule espèce : *V. Combaluzieri* Antonini 1933 [5].

V. Combaluzieri ne pourra jamais se confondre avec *V. galloprovincialis*, son premier pilier étant pincé à la base alors que dans l'exemplaire type du *V. galloprovincialis* il est à bords parallèles. De plus, son arête cardinale est plus courte, plus épaisse, et l'écart arête-second pilier plus grand.

6) Groupe du *V. Moulinsi.*

En Provence, cinq formes : *V. Rousseli* Douvillé *sp.* à l'Angoumien supérieur (mutation du *V. praepetrocoriensis*) ; au Coniacien *V. Moulinsi* d'Hombres Firmas *sp.* 1838 (mutation du *V. Rousseli*) avec sa variété *praebeaussetensis* Antonini. Puis *V. beaussetensis* Toucas au Santonien inférieur et moyen (mutation du *V. Moulinsi* var. *praebeaussetensis*). Enfin, au Santonien supérieur, *V. rugosus* Antonini (mutation du *V. beaussetensis*).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

7) Groupe du *V. galloprovincialis*.

Matheron a donné [2] deux espèces :

V. protis et V. tenuistriatus, sans aucune description. On trouvera celle-ci dans notre travail ([5], p. 81 et 82).

Du *V. protis*, la section représentée par Matheron ([2], pl. E-24, fig. 1 *b*) n'est pas celle de l'exemplaire type que nous avons été le premier à décrire et représenter ([5], p. 81, pl. VI, fig. 3 et 4). Douvillé, plus tard, créa un nom nouveau, *V. corbaricus*. Et en 1904 Toucas créa le *V. praecorbaricus*.

Or, il se trouve [5] que *V. corbaricus* et *V. praecorbaricus* ne sont autres que *V. tenuistriatus* et *V. protis*.

Que faut-il en déduire ?

1° que Douvillé et Toucas ont ignoré les formes de Matheron ? Peut-être.

2° que *V. corbaricus* DOUVILLÉ 1890 doit être remplacé par *V. tenuistriatus* MATHERON 1880, ainsi que nous l'avons déjà fait ([5], p. 82) ? Nous le croyons.

3° que *V. praecorbaricus* TOUCAS, contrairement à ce que nous avions pensé ([5], p. 81 ; [6], p. 120), doit être conservé, la section du *V. protis* n'ayant été figurée qu'en 1933 ? Oui, mais il n'en reste pas moins vrai que le nom de *V. praecorbaricus*, qu'il nous faut maintenir, par respect des lois d'antériorité, est impropre à cause du nom que porte, dans le même groupe, la forme suivante. *V. praetenuistriatus* eût été plus convenable.

Cinq formes de ce groupe existent en Provence :

V. praecorbaricus TOUCAS à l'Angoumien supérieur (mutation du *V. praepetrocoriensis*). Au Coniacien *V. tenuistriatus* MATHERON *sp.* (mutation du *V. praecorbaricus*) avec sa variété *praegalloprovincialis* ANTONINI. Au Santonien inférieur et moyen *V. galloprovincialis* MATHERON *sp.* 1842 (mutation du *V. tenuistriatus* var. *praegalloprovincialis*) avec sa variété *major* ANTONINI.

8) Groupe du *V. giganteus*.

Trois formes provençales :

A l'Angoumien supérieur *V. praegiganteus* TOUCAS (mutation du *V. inferus*). Au Coniacien *V. giganteus* D'HOMBRES-FIRMAS *sp.* 1838 (mutation du *V. praegiganteus*). Au Santonien inférieur et moyen *V. giganteus* var. *major* TOUCAS (mutation du *V. giganteus*).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

II

Vaccinites à pores subréticulés.

Un seul groupe, celui du *V. inaequicostatus*, avec deux représentants : *V. Zurcheri* Douvillé *sp.* (mutation du *V. praegiganteus*) au Coniacien et *V. Chaperi* Douvillé *sp.* (mutation du *V. Zurcheri*) au Santonien inférieur et moyen.

Les tableaux ci-après peuvent servir de résumé.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

[1] Matheron Ph. (1842). — Catalogue méthodique et descriptif des corps organisés fossiles des Bouches-du-Rhône, etc... (*Extr. rép. trav. soc. stat. Marseille*, t. VI).

[2] Matheron Ph. (1880, 1881, 1886). — Recherches paléontologiques.

[3] Douvillé H. (1893-96, 1910). — Études sur les Rudistes (*Mém. S. G. F., paléont.*).

[4] Toucas A. (1903-1904). — Études sur la classification et l'évolution des Hippurites (*Mém. S. G. F., paléont.*).

[5] Antonini A. (1933). — Essai de révision des Hippurites de la Provence (*Ann. Fac. Sc. Marseille*, t. VI, p. 43-98, 8 pl.).

[6] Antonini A. (1936). — Sur les Hippurites de Provence et, en particulier, sur une nouvelle *Orbignya* du Santonien d'Auriol (*C. R. som. S. G. F.*, fasc. 7, p. 118-120., 1 fig.).

[7] Sénesse P. (1937). — Contribution à l'étude du Crétacé supérieur des Corbières méridionales (Toulouse, 182 p., 9 fig., 14 pl.).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ÉVOLUTION ET CLASSIFICATION DES *ORBIGNYA* EN PROVENCE

Etages	Niveaux	Groupe de l'*O. canaliculata*	Groupe de l'*O. meridionalis*	Groupe de l'*O. organisans*	Groupe de l'*O. sublaevis*	Groupe de l'*O. turgida*	Groupe de l'*O. Toucasi*	Groupe de l'*O. variabilis*
SANTONIEN	Supérieur	*O. canaliculata* et *var. conica*	*O. meridionalis*		*O. vermiculata*	*O. corniculum*		*O. Peroni*
	Inférieur et moyen	*O. Matheroni* et var. *cristata praecanaliculata montsecana*		*O. socialis var. irregularis*	*O. sublaevis* et *var. nodulosa*	*O. intermedia*	*O. Toucasi*	
CONIACIEN		*O. incisa*		*O. socialis* et *var. constricta*	*O. elongata*		*O. praetoucasi*	
ANGOUMIEN	Supérieur	*O. resecta var. oblonga*	..... Origine des groupes d'*O. sublaevis* et d'*O. turgida*.					
	Inférieur	*O. resecta* et *var. Requieni*	..... Type primitif. Origine de toutes les ***Orbignya***					

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ÉVOLUTION ET CLASSIFICATION DES *VACCINITES* EN PROVENCE

Étages	Niveaux	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Groupe du ***V. sulcatus***	Groupe du ***V. dentatus***	Groupe du ***V. longistylus***	Groupe du ***V. petrocoriensis***	Groupe du ***V. Combaluzieri***	Groupe du ***V. Moulinsi***	Groupe du ***V. galloprovincialis***	Groupe du ***V. giganteus***	Groupe du ***V. inaequicostatus***
Santonien	Supr		*V. latus*	?	?	?	*V. rugosus*			
Santonien	Infér. et moyen		*V. intermedius* *V. dentatus*	*V. longistylus*	*V. Repelini*	*V. Combaluzieri*	*V. beaussetensis*	*V. galloprovincialis* et *var. major*	*V. giganteus var. major*	*V. Chaperi*
Coniacien			*V. marticensis*	*V. cf. marticensis* (des Corbières)	*V. occitanicus* (des Corbières)	*V. spissus* (des Corbières)	*V. Moulinsi* et var. *praebeaussetensis*	*V. tenuistriatus* et *var. praegalloprovincialis*	*V. giganteus*	*V. Zurcheri*
Angoumien	Supér.				*V. petrocoriensis*.....	Origine du 5e groupe.	*V. Rousseli*	*V. praecorbaricus*	*V. praegiganteus*....	Origine du 9e groupe.
Angoumien	Infér.	*V. inferus*	.....						Origine du 8e groupe	
		V. praepetrocoriensis	..... Type primitif. Origine de tous les ***Vaccinites***.....							

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Recherches sur les Mollusques continentaux :

1° Un nouveau *Clavator* fossile dans les calcaires lacustres hammadiens des Confins algéro-marocains du Sud

2° Présence d'une espèce de *Stenomelania* dans le calcaire lacustre ludien de Chatillon-sur-Loire (Loiret).

par **Paul Jodot**[1].

1° Un nouveau *Clavator* fossile dans les calcaires lacustres hammadiens des Confins algéro-marocains du Sud.

Pl. XII, fig. 1-7.

Dans son étude sur les Confins algéro-marocains du Sud, M. Menchikoff[2] indique deux séries continentales au-dessus des couches rouges post-turoniennes : « 1° Les formations hammadiennes, à la base desquelles, j'ai recueilli, dit-il, des Gastéropodes d'eau douce, malheureusement indéterminables. — 2° Les conglomérats des chebkhas, bien développés à l'Est et à l'Ouest de Bou-Anane, et qui sont localement en discordance de 90° sur les couches post-turoniennes. »

M. Menchikoff a eu l'obligeance de me remettre les Gastéropodes de la première formation. Ces fossiles furent recueillis (juin 1933) en 2 points du bord N de la grande Hammada, rive droite de l'Oued Guir (feuille de Bou-Anane de la carte du Maroc au 200.000e) : 1° Dans le gisement de Teniet Soltane ($x = 710$, $y = 137$) à une trentaine de kilomètres au SSW de Bou-Anane, les Mollusques se trouvent au-dessous du calcaire beige-blanchâtre, dans les calcaires très durs et à taches roses. — 2° A Gara Tiriatine ($x = 690$, $y = 148$) à environ 35 km. à l'WSW de Bou-Anane, on les rencontre aussi dans les gros bancs de calcaires roses, inférieurs aux calcaires blanchâtres du sommet.

De son côté, M. F. Daguin m'a fort aimablement envoyé un morceau de calcaire lacustre rose avec 2 très mauvais spécimens du même Gastéropode. Cet échantillon provient d'une petite hammada située à 5-6 km. SE de Bou-Denib non loin du blockhaus ; il fut récolté le 17 novembre 1923 en compagnie du colonel Bélouin, commandant des Territoires du Sud, et de M. Despujols, chef du Service des Mines du Maroc.

Au microscope, ce dernier calcaire fossilifère rose est constitué par

1. Note présentée à la séance du 4 avril 1938.

2. N. Menchikoff. Études géologiques sur les Confins algéro-marocains du Sud. *B. S. G. F.*, (5), VI, 1906, p. 146.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les petits fragments anguleux ou peu roulés d'un calcaire remanié, formé lui-même de minuscules grains agrégés et non classés de calcite impure. Ces débris sont liés entre eux, par un ciment de même nature à éléments plus fins et moins purs irrégulièrement teintés par de l'oxyde de fer. Un certain nombre de taches ferrugineuses rouges plus ou moins circulaires, visibles à l'œil nu, sont réparties sans ordre à travers la roche. De la calcite beaucoup plus pure comble quelques cavités de formes irrégulières. Un très grand nombre de petites plages isolées en quartz de néoformation se trouvent disséminées au hasard, sur toute l'étendue de la plaque mince. Enfin, les restes organiques sont représentés uniquement par des fragments de test de Gastéropodes.

En somme, ce calcaire lacustre est formé de petits débris anguleux ou peu émoussés, empruntés presque sur place aux calcaires de la région : bien certainement, ils ne furent entraînés par le flot des oueds que pendant un très court trajet. L'hydrate de fer a pris possession de la roche après la sédimentation de cette dernière ; il s'est transformé en oxyde rouge. Plus tard encore, le quartz d'origine secondaire pénétra de place en place le calcaire ainsi que les débris fossiles, en conférant à la roche une très grande dureté. L'origine primitive de la silice du quartz n'est pas connue.

Les Gastéropodes de ces 3 gisements appartiennent à une seule espèce de Pulmoné terrestre. Tous sont mutilés. Pas un seul ne montre les tours embryonnaires ou l'ouverture complète. Les mieux conservés ont subi des déformations accidentelles postérieurement à la fossilisation. On désespérait de les identifier, quand un dégagement heureux, en libérant un bon moule interne, permit de se représenter enfin la forme de l'ouverture (pl. XII, fig. 1 *a-c*), indispensable pour préciser le genre. Bien que la plus grande partie du péristome reste inconnue, on reconstitue néanmoins le galbe général des coquilles. Ces fossiles s'identifient avec le sous-genre *Leucotaenius* P. Fischer 1883 (= *Pseudoclavator* L. Germain 1913), génotype *L. Favannei* Lmk. Ce sous-genre ainsi que le s.-g. *Clavator*, appartiennent au genre *Clavator* E. Von Martens 1880, tous cantonnés actuellement à Madagascar.

Leucotaenius diffère de *Clavator*, d'après M. L. Germain, par la forme plus courte de la coquille, par l'ouverture différente et par l'ornementation picturale.

L'espèce-type qui provient de Teniet Soltane, prendra le nom de *Clavator* (*Leucotaenius*) *soltanensis* nov. sp. (pl. XII, fig. 2, 3, 4 *a-b*). Elle est ainsi caractérisée :

Coquille de forme ovale, conique, composée de 7-8 tours régulièrement recouverts, les 2 derniers sont plus larges et le dernier bien convexe à la base. L'indication carénale, visible sur les tours des jeunes

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

exemplaires du sous-genre *Clavator*, ne paraît pas exister ; en tous cas, s'il y en a une, elle est moins nette. Les sutures sont simples et peu profondes. La columelle droite est allongée et élargie à la base ; en ce point et latéralement, la région infracolumellaire est incurvée en dehors (fig. 3), où elle masque en partie la fente ombilicale étroite et allongée ; tandis que du côté interne, elle est comprimée obliquement et renversée à l'intérieur de l'ouverture ; elle offre ainsi une disposition analogue à celle de *Clavator kantarensis* Jod. var. *Laffitei* Jod [1]. La forme de l'ouverture est ovale-oblongue peu allongée. Le plan de l'ouverture semble à peine incliné par rapport à l'axe longitudinal. Le bord interne est garni d'une forte patulescence. Le bord externe, qui n'est intact dans aucun échantillon, paraît avoir été simple, subvertical et à peine convexe; il rejoint la base arrondie de l'ouverture, puis le péristome se continue vers la columelle par un labre subréfléchi presque rectiligne qui forme avec l'extrémité du bord sous-columellaire subvertical un angle à peu près droit fortement arrondi. Le test blanc-laiteux, maculé de petites taches ferrugineuses roses, est en calcite pesante et épaisse (0 mm. 07 à 0 mm. 09 sur le dernier tour) ; les stries d'accroissement longitudinales et obliques sont presque complètement masquées. Cette sculpture n'est réellement visible que sur de rares échantillons particulièrement bien conservés ; on voit alors les stries crispées aux sutures.

On trouvera dans le tableau ci-après les principales dimensions de la nouvelle espèce hammadienne et de ses variétés.

N° des figures de la planche	Espèces mentionnées	Longueur		Diamètre		Ouverture	
		de l'échantillon	totale reconstituée, + ou —	maximum	minimum	Hauteur	Diamètre
		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
4 *a-b*	*Clavator* (*Leucotaenius*) *soltanensis* nov. sp. adulte.	32.2	33.4	20.8	18	16.5	11.8
3	» » non adulte....	27	29	17	14.8	15	9
2	» » jeune.....	10	11.5	7.5	5.7	5.8	
5	» » var. *conoideus* nov. var.....	24.5	26	15.5	13.3	14.3	9.5
7 *a-b*	» » var. *elongatus* nov. var.....	37	41	22	19.3	± 20	± 12

1. P. Jodot. Une espèce ancestrale des *Clavator* de Madagascar, Pulmonés terrestres rencontrés dans les poudingues aquitaniens du Sud-constantinois (Algérie). *B. S. G. F.*, (5), VI, 1936, p. 69-78, pl. VIII.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Certains détails morphologiques du Gastéropode sud-marocain se retrouvent bien voisins sur les coquilles de plusieurs genres vivants dont les aires de dispersion actuelle sont très éloignées les unes des autres : l'enroulement des tours de la spire rappelle celui d'*Amphidromus perversus* L. de Cochinchine ; l'angle infra-columellaire de l'ouverture paraît construit comme dans plusieurs espèces de *Rhabdotus* du Pérou, etc. Mais ces particularités n'intéressent qu'une partie du Mollusque, tandis que la forme du sous-genre *Leucotaenius* correspond mieux à l'ensemble des caractères de la coquille saharo-marocaine.

Leucotaenius soltanensis peut se comparer aux *L. Favannei* Lmk. quaternaire et actuel de Madagascar :

« Dans la majorité des cas, les individus fossiles (quaternaires de cette dernière espèce) ne présentent aucune différence avec les exemplaires actuels » (L. Germain) [1]. Quant aux espèces hammadiennes, elles offrent une morphologie générale très comparable avec celle des coquilles malgaches, des proportions analogues et un même galbe de la spire, mais *L. Favannei* de Madagascar diffère de l'espèce nord-africaine par la convexité très accusée du labre, le diamètre plus large de l'ouverture, le méplat infra-columellaire non incurvé qui reste sensiblement aplati dans le plan de l'ouverture, ainsi que par le système de striation plus visible. Comparées aux mensurations du tableau, les dimensions des coquilles malgaches sont aussi beaucoup plus importantes [2] : les espèces quaternaires restent comprises entre 50 et 62 mm. de longueur; leur diamètre maximum oscille entre 30 et 34 mm. D'autre part, les coquilles vivantes mesurent 56 à 58 mm. de hauteur sur 34 mm. de diamètre.

Ainsi définie, la nouvelle espèce *Clavator* (*Leucotaenius*) *soltanensis* nov. sp. se rencontre à Teniet Soltane, à Bou-Denib et très rarement à Gara Tiriatine où les échantillons sont de petite dimension.

A côté de la forme typique, on constate plusieurs variétés intéressantes à préciser, car le polymorphisme de cette espèce est tout à fait comparable à celui qui existe chez *L. Favannei* quaternaire et actuel :

A. — Tous les échantillons du gisement de Gara Tiriatine sont de taille réduite. La longueur varie de 28 à 30 mm. ; un seul

1. L. Germain. Paléontologie de Madagascar : IX. Mollusques quaternaires terrestres et fluviatiles. *Ann. de Paléontologie*, t. X, 1916-1921, p. 21-56, pl. III-VII (juin 1921).

2. Ces chiffres sont empruntés à M. Germain (*Ann. de Paléontologie*, X, 1916-1921, p. 38).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

atteint 33 mm. Par leurs caractères, ces coquilles appartiennent à l'espèce *L. soltanensis* ; elles sont en tous points identiques aux spécimens jeunes de même grandeur de Teniet Soltane. Cependant, on ne s'explique pas qu'aucun des échantillons ne présente une taille normale. Comment croire que M. Menchikoff a récolté spécialement des formes jeunes, à l'exclusion des autres, ou encore que les coquilles de ce gisement n'y devenaient pas adultes. N'aurait-il pas existé plutôt, à l'emplacement actuel de Gara Tiriatine, une colonie isolée de mollusques moins bien développés par suite de conditions biologiques défectueuses ? Dans ce cas et si ces conditions sont confirmées dans l'avenir, on devra créer pour ces coquilles une variété *minor* nov. var.

B. — Dans les gisements de Teniet Soltane et de Gara Tiriatine, on trouve avec l'espèce typique de rares échantillons coniques (var. *conoideus* nov. var., pl. XII, fig. 5), dont les premiers tours de spire possèdent un enroulement serré, tandis que les suivants conservent l'allure normale de l'espèce.

C. — La variété *elongatus* nov. var. (pl. XII, fig. 1 *a-c*, 7 *a-b*) s'applique aux coquilles dont le dernier tour non ventru, comme dans le type, est peu convexe ; le mollusque prend un aspect plus allongé. Il se rapproche ainsi des espèces vivantes de Madagascar, *Leucotaenius crassilabris* Gray, ou *L. Heimburgi* Kob., de forme moins ventrue et à callosité aperturale plus marquée que *L. Favannei* Lmk. Je figure aussi (pl. XII, fig. 6) un moule interne de la variété *elongatus* pour montrer les tours nettement étagés. Cette variété *elongatus* s'observe à Teniet Soltane. A Gara Tiriatine, elle n'atteint pas sa taille normale.

1° On vient de voir que *Leucotaenius soltanensis* et ses variétés s'apparentent avec les formes vivantes et quaternaires de *L. Favannei* Lmk. D'un autre côté, la présence de *Leucotaenius*, sous-genre de *Clavator*, dans les calcaires lacustres du Sahara marocain, est à rapprocher de l'existence du sous-genre *Clavator*, dans les poudingues de l'Aurès [1], où se rencontre *C. kantarensis* Jod., ancêtre des *Clavator* de Madagascar. Également, dans chacun des sous-genres *Clavator* et *Leucotaenius*, la fossilisation et l'épaisseur du test restent comparables entre espèces tertiaires et entre fossiles quaternaires : à ce sujet, j'ai indiqué (1936, p. 74) que « chez *L. Favannei* Lmk. du Quaternaire de Madagascar, quelques coquilles montrent un épaississement notable du test ». Dans ces conditions, par leurs espèces très voisines, *Clavator* (*Leucotaenius*) *soltanensis* nov. sp. est à *Cla-*

1. P. Jodot. *Loc. supra cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

vator (*Leucotaenius*) *Favannei* Lmk. comme *Clavator* (*Clavator*) *kantarensis* Jodot de l'Aquitanien sud-constantinois est à *Clavator* (*Clavator*) *Grandidieri* Cr. et Fisch. var. *minor* Germ. du Quaternaire de la Grande Ile. En définitive, les formes nord-africaines peuvent être considérées comme les ancêtres des coquilles malgaches ; mais il est impossible actuellement de décider si les espèces citées de *Leucotaenius* appartiennent à la même lignée ancestrale, ou bien aux formes évolutives de deux groupes phylétiques parallèles.

2° D'après l'identification de cette nouvelle espèce de *Leucotaenius*, la région des Confins algéro-marocains du Sud fut colonisée également, en dehors de l'Aurès, par une faune à *Clavator*. Ce nouveau centre de dispersion malacologique attire l'attention sur la répartition géographique étendue de cette faune dans l'Afrique du Nord avant son émigration à Madagascar ; mais la colonie saharo-marocaine ne nous fixe pas encore sur le cheminement à travers l'Afrique, emprunté par les descendants de cette faunule.

3° A propos des conclusions à tirer de la découverte de *Leucotaenius soltanensis*, comme on retrouve identiquement les mêmes problèmes qui se présentèrent déjà à la suite de mon travail sur *Clavator kantarensis*, et que l'examen des fossiles hammadiens n'apporte pas de solutions nouvelles, je continue à maintenir les déductions générales publiées dans mon étude de 1936. Si certaines des hypothèses, émises dans cette note, ont paru osées à l'époque, aujourd'hui, par la présence dans une autre région nord-africaine d'un second mollusque également réfugié depuis à Madagascar, les conclusions énoncées antérieurement prennent une signification toute nouvelle et se trouvent singulièrement renforcées.

4° Quant à la position stratigraphique des calcaires à *L. soltanensis*, ni M. Menchikoff, ni M. Daguin n'ont eu la possibilité de dater ces couches post-turoniennes. Il est pourtant nécessaire de le faire. En attendant des précisions stratigraphiques, la paléontologie fournit un renseignement précaire qu'on peut utiliser, faute de mieux : puisque les sous-genres *Clavator* et *Leucotaenius* n'ont jamais cessé de coexister à Madagascar, depuis le Quaternaire jusqu'à l'époque actuelle, cette association n'aurait-elle pas existé déjà (?) avant leur migration dans la Grande Ile, quand ils peuplaient l'Afrique du Nord. Ainsi, les calcaires lacustres hammadiens à *Leucotaenius soltanensis* auraient pu se déposer au moment où les poudingues à *Clavator kantarensis* de l'Aquitanien supérieur se rassemblaient dans le Sud-Constantinois. A cette époque, les conditions météorologiques dans lesquelles vécurent

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les 2 espèces nord-africaines nous sont indiquées par le climat chaud actuel de Madagascar.

Cette période géologique se place « avant l'établissement du régime désertique dans le Sahara, et avant l'envahissement du Nord de l'Afrique par la faune paléarctique » (1936, p. 77).

On pourrait, semble-t-il, adopter, au moins provisoirement, l'âge aquitanien des formations de l'Aurès pour dater les calcaires lacustres saharo-marocains.

2° Présence d'une espèce de *Stenomelania* dans le calcaire lacustre de Châtillon-sur-Loire (Loiret).

Pl. XII, fig. 8 *a*, *b*, *c*.

Parmi les fossiles de la collection G. F. Dollfus déposés à l'École nationale supérieure des Mines, figurent, en vrac dans une cuvette, plusieurs mollusques (moules internes) non déterminés provenant du calcaire lacustre de Châtillon-sur-Loire (Loiret). J'ai identifié les mieux conservés : *Limnea Durandi* G. F. Dollfus, *Planorbis* nov. sp. ancêtre du *P. landonensis* G. F. Dollfus du calcaire lacustre de Château-Landon qui sera décrit ultérieurement, et *Melanopsis* (*Stylospirula*) *mansiana* Noulet du Mas-Sainte-Puelle signalé pour la première fois dans le groupe des calcaires lacustres, dits de Briare, d'âge ludien[1].

A ces échantillons était joint un Gastéropode unique et mutilé, comprenant les 2 derniers tours de la spire dont la délicate ornementation est conservée grâce au contre-moulage de la coquille par le calcaire lacustre très fin (pl. XII, fig. 8 *a*, *b*, *c*).

Le 1er tour visible en haut, sur la photographie, en réalité le 3e avant l'ouverture, est un moule interne grossier et fruste. Les 2 autres tours conservés sont régulièrement turriculés, médiocrement convexes et séparés par une suture nette, inclinée, mais peu profonde. Le dernier tour, très haut, est obtusément anguleux à la base. La columelle se montre tordue. L'ornementation très estompée et visible seulement à la loupe, se compose sur l'avant-dernier tour, de plis costiformes peu proéminents (accentués par la photographie), régulièrement espacés, inclinés suivant la direction des stries et s'arrêtant entre le 1er tiers et

1. L'étiquette qui accompagne ces fossiles porte : « Châtillon-sur-Loire. Calcaire de Brie. » On sait, en effet, que G. F. Dollfus classait dans le Sannoisien le groupe des calcaires de Briare. Or, ces calcaires sont surmontés par les cailloutis à chailles roulées d'âge ludien ; d'autre part, une partie des Mollusques qui les caractérisent se retrouvent dans les niveaux ludiens de Headon Hill, du Mas-Sainte-Puelle, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

la moitié de la hauteur du tour. Tandis que sur le dernier tour, où les plis sont à peine visibles vers la suture, cette ornementation est remplacée par des stries d'accroissement peu accentuées, longitudinales, un peu flexueuses, irrégulières et non serrées, qui couvrent les 2/3 de la hauteur du tour en s'arrêtant à hauteur de l'angle basal de la coquille ; au-dessous, toute la portion du test qui se continue jusqu'à l'extrémité de la région infracolumellaire, reste lisse. L'ouverture est subovale-pyriforme, aiguë au sommet, subanguleuse en coin à la base ; de part et d'autre de la partie anguleuse, le bord droit se montre peu arqué, et le bord basal rectiligne jusqu'à l'extrémité de la columelle. Le labre paraît avoir été simple.

Hauteur des 2 derniers tours.....	9 mm. 5
Diamètre maximum.....	5 mm.
» minimum	4 mm. 5
Hauteur de l'ouverture.....	6 mm.
Diamètre de »	3 mm.

D'après la reconstitution qu'il est possible d'en faire, en s'appuyant sur les caractères précédents ainsi que sur d'autres renseignements exposés plus loin, la coquille devait présenter une forme générale allongée à spire élevée et à tours nombreux régulièrement étagés. Le test de la coquille était mince. La sculpture, différente sur les 2 derniers tours, laisse supposer que des plis existaient sur la hauteur entière de la spire polygirée ; il est probable que l'ornementation devait être plus accusée sur les premiers tours, et que les détails décroissaient sur les suivants pour devenir de plus en plus frustes sur les derniers.

L'identification de cette coquille pouvait sembler délicate à préciser en raison de la mutilation du péristome et de l'absence des premiers tours de la spire, mais l'existence de plis fournit un excellent point de repaire. En effet :

1° La présence de cette ornementation élimine délibérément tous les genres de la famille des *Stenogyridae* auxquels on devait songer de prime abord, étant donné la forme de l'ouverture et le galbe de la spire turriculée.

2° Il est plus vraisemblable de rapprocher ce mollusque de la famille des *Melaniidae* ; mais, on peut hésiter entre les 2 genres, *Goniobasis* Lea et *Stenomelania* P. Fischer, pourtant bien éloignés l'un de l'autre :

A. — Plusieurs caractères de notre coquille se retrouvent dans le genre *Goniobasis* Lea ; entre autres, l'angle basal du dernier tour, qui a motivé le choix du nom de ce genre, la forme de l'ouverture, ou encore l'indication que les tours sont presque unis ou qu'ils possèdent une ornementation peu marquée. L'espèce la

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plus proche du Gastéropode du Loiret serait *Goniobasis gracilenta* MEEK[1] des Fort Union Laramie Beds (= Paléocène), à spire plus conique, aux sutures moins inclinées, et dont le dernier tour moins haut atteint un diamètre plus large. Par contre, toutes les autres espèces américaines de *Goniobasis* de l'Éocène-Oligocène sont nettement différentes : elles possèdent une ornementation d'autant plus vigoureuse que les espèces sont plus récentes, et la forme de la coquille se modifie en accusant un diamètre de plus en plus important. La morphologie de ces espèces s'éloigne donc progressivement des caractères de l'échantillon de Châtillon-sur-Loire, dont nous connaissons l'âge ludien.

Je crois être prudent en éliminant le genre *Goniobasis* ; au reste, il eût été bien curieux qu'un rameau de ce genre, strictement localisé en Amérique du Nord depuis le Crétacé supérieur jusqu'à l'époque actuelle, arrivât en France au Ludien. On comprendrait difficilement que son apparition dans le Bassin de Paris à l'époque mésonummulitique correspondit au moment exact où les communications et les échanges de faunes entre le continent nord-américain et l'Europe devinrent particulièrement difficiles.

B. — J'ai plutôt l'impression que la coquille du Loiret s'identifie avec les formes vivantes de *Stenomelania* P. FISCHER 1885 (génotype : *Melania aspirens* HINDS), sous-genre de *Melania* qui ne paraît pas avoir été signalé à l'état fossile[2].

Elle rappellerait moins les espèces actuelles indo-pacifiques *Stenomelania aspirens* HINDS ou *S. aculeus* LEA que *S. macilenta* MENKE ou mieux *S. plicatilis* MOUSSON [3] des îles Fidji. Cette dernière, comme notre fossile, possède le dernier tour très haut, les sutures un peu obliques, l'ouverture comportant un coin à la base très analogue de forme, et l'ornementation peu accentuée [4]. De vant cette concordance de caractères, je propose de dédier la coquille nouvelle à la mémoire du regretté G. F. Dollfus, auteur de la découverte : *Melania* (*Stenomelania*) *Dollfusi* nov. sp.

On peut s'étonner de mon hésitation à choisir entre des genres

1. WHITE. A review of the non-marine fossil mollusca of North America, 1883. *U. S. Geol. Surv. Ann. Rep.*, pl. 26, fig. 12-13.

2. M. COSSMANN. Essai de paléoconchologie comparée. VIII, 1909, p. 125.

3. A. BROT. Matériaux pour servir à l'étude de la famille des Mélaniens. Notice sur les Mélaniens de Lamarck conservés au musée Delessert et sur quelques espèces nouvelles ou peu connues. Genève, 1872, p. 39, pl. IV, fig. 9-10, de préférence à fig. 11.

4. Je complète la description de cette espèce vivante pour aider à mieux se représenter la forme fossile : elle possède 7 à 9 tours peu convexes, un test mince, une ornementation de plis costulés décroissante depuis les premiers tours jusqu'aux derniers où des stries onduleuses les remplacent, le péristome droit, la columelle peu excavée, etc...

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

aussi différents zoologiquement que *Goniobasis* ou *Stenomelania*. Ce rapprochement n'est nullement surprenant ; il y a longtemps que les malacologistes ont signalé combien plusieurs *Goniobasis* des États-Unis d'Amérique ressemblent à certaines formes de *Melaniidae* des îles du Pacifique et de l'Extrême-Orient.

Dans l'état actuel de nos connaissances, le sous-genre *Stenomelania* paraît avoir émigré de France après le Ludien ; il a dû se réfugier, en compagnie de plusieurs espèces continentales du même niveau stratigraphique, dans les régions indo-pacifiques où les espèces de ce sous-genre vivent actuellement. Cette hypothèse serait conforme à ce que l'on sait des affinités morphologiques des fossiles ludiens non-marins du Mas-Sainte-Puelle, de Headon Hill, etc... avec un certain nombre d'espèces vivantes, localisées aux Indes, en Chine, au Japon, à Java et dans plusieurs îles du Pacifique.

Ainsi, les considérations sur la migration des mollusques ludiens renforcent les données morphologiques en faveur de *Stenomelania* Fisch.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII

Fig. 2. — ***Clavator*** (***Leucotaenius***) ***soltanensis*** nov. sp. jeune échantillon (× 2).
Fig. 3. — ***Id.*** » non adulte montrant la forme de la columelle.
Fig. 4 *a*, *b*. — ***Id.*** » adulte.
Fig. 5. — ***Id.*** » var. ***conoideus*** nov. var.
Fig. 6. — ***Id.*** » var. ***elongatus*** nov. var. Moule interne.
Fig. 7 *a*, *b*. — ***Id.*** » adulte.
Fig. 1 *a*, *b*, *c*. — ***Id.*** » moule interne, délimitant la forme de l'ouverture avec la columelle et le péristome partiellement conservés.
Fig. 8 *a*, *b*, *c*. — ***Melania*** (***Stenomelania***) ***Dollfusi*** nov. sp. (× 2) du calcaire lacustre ludien de Châtillon-sur-Loire (Loiret). Collection G. F. Dollfus à l'École des Mines : Paléontologie.

Les échantillons 1 à 5 et 7 proviennent de Teniet Soltane (Confins algéro-marocains du Sud). Le n° 6 a été récolté à Gara Tiriatine (*id.*).

Les figures 1 *a*, *b*, *c*, 3, 4 *a*, *b*, 5, 6 et 7 *a*, *b*, sont en grandeur naturelle.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'Aalénien du Mont Matheron près Solliès-ville (Var)

par **H. Parent** [1].

Les quatre zones classiques de l'Aalénien s'observent rarement en Basse-Provence en succession directe avec leurs Ammonites caractéristiques [2]. Un affleurement de Lias supérieur des environs de Solliès-ville montre cette superposition ; il est situé exactement sur le flanc S du Mt Matheron, à l'endroit où l'abrupt des Baux-Rouges commence à se développer vers l'W ; on y rencontre successivement de bas en haut :

1° Zone à *Dumortieria pseudoradiosa*, avec *Dumortieria flexicosta*, *Dumortieria* cf. *radiosa*.
2° Zone à *Harpoceras opalinum*, avec *Harpoceras opalinum*, *Pleydellia aalensis*, *Hammatoceras subinsigne*.
3° Zone à *Harpoceras Murchisonæ*, avec *Harpoceras Murchisonæ*.
4° Zone à *Harpoceras concavum* (sans Ammonites caractéristiques), avec *Plagiostoma Hersilia*,

Cet Aalénien est visible au N d'une ligne de contact anormal orientée E-W. Considérée d'abord comme une faille verticale, prolongeant une surface de décollement située à l'W [3], puis reconnue comme une surface de chevauchement [4], cette ligne de fracture, presque verticale à Solliès-ville, se couche peu à peu, en direction du Mt Matheron, vers le S.

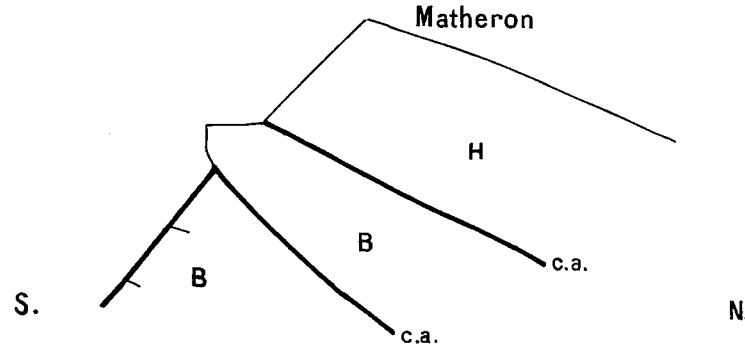
La direction du chevauchement est nettement nord-sud.

Au Mt Matheron les calcaires dolomitiques hettangiens chevauchent les calcaires zoogènes du Bathonien [5] ; ils reposent à peu près horizontalement sur un ensemble de Bathonien, qui

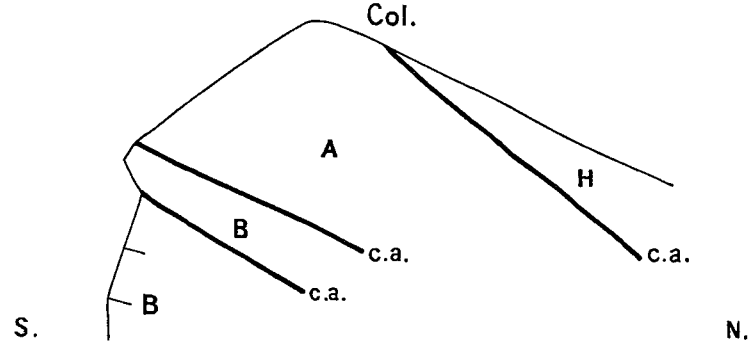
1. Note présentée à la séance du 4 avril 1938.
2. A. Lanquine. Le Lias et le Jurassique des Chaînes provençales, tome I. *Bull. des Services de la Carte géologique de France*, n° 173, tome XXXII, pages 149, 163, 170.
3. Émile Haug. Les nappes de charriage de la Basse-Provence, 1re partie : La région toulonnaise. *Mém. pour servir à l'expl. de la Carte géol. de Fr.*, 1925, p. 278.
4. A. Lanquine. *Op. cit.*, page 158.
5. La surface de chevauchement, tracée sur la Carte géologique (feuille de Toulon au 50.000e) suivant la ligne de crête, doit être reportée au S sur le flanc de la montagne, là où commence la falaise.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

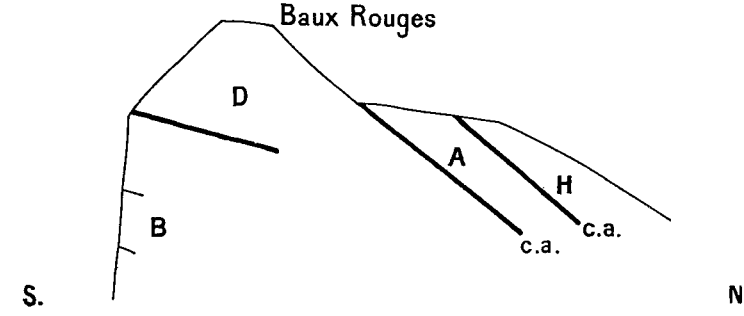
est lui-même charrié et redressé vers le S au-dessus d'un Bathonien inférieur en place. (Coupe 1.)



Coupe 1.



Coupe 2.



Coupe 3.

Coupes 1 à 3. — *Légende* : H Hettangien, A Aalénien, B Bathonien, D Dolomies néojur., c. a. contact anormal.

Un peu à l'W, au N des Baux-Rouges, l'Hettangien recouvre anormalement des calcaires à silex du Lias supérieur, renver-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sés et appliqués sur les dolomies néo-jurassiques, superposées de ce côté au Bathonien. (Coupe 3.)

Entre le Matheron et les Baux-Rouges, cette fois sur le flanc S, au-dessous du col qui sépare les deux hauteurs, une masse épaisse de 40 à 45 m. de Lias à silex est pincée entre l'Hettangien à l'E et les dolomies néo-jurassiques à l'W; elle repose, en concordance *apparente*, sur le Bathonien, en bancs légèrement inclinés au N. Cette masse, circonscrite par des failles, se relie au delà du col au Lias signalé sur le flanc N des Baux-Rouges. (Coupe 2.)

Le Lias du Matheron présente les caractères suivants : le calcaire est siliceux, d'une grande dureté, à silex concassés, rougis ; il est peu fossilifère, sauf certains bancs qui sont riches en Térébratules.

1. Les premiers lits de calcaire à silex qui surmontent le Bathonien en contact anormal sont toarciens, ils contiennent : *Rhynchonella curviceps* Quenst., *R. cynocephala* Ed. Richard, *R. Bouchardi* Dav., *Terebratula decipiens* E. E. Desl. (ab.), *T. punctata* Sow. (rare), *Zeilleria Lycetti* Dav.

2. Les bancs suivants renferment : *Belemnites apiciconus* Blainv., *Dumortieria flexicosta* Ernst., *Dum.* cf. *radiosa* V. Seebach, *Terebratula Stephani* Dav., *T. decipiens* E. E. Desl., *Rhynchonella quadriplicata* Zieten, *Montlivaultia* et *Thecosmilia* (ab. dans un même banc). (Les *Dumortieria* sont de petite taille).

3. J'ai recueilli un peu plus haut, dans des couches moins fossilifères : *Harpoceras* (*Pleydellia*) *aalense* Zieten (très beau spécimen), *Hammatoceras subinsigne* Oppel (ex. de petite taille), *Terebratula Stephani* Dav. (ex. de grande taille).

4. Les fossiles sont plus abondants dans les bancs supérieurs (principalement les Brachiopodes et les Lamellibranches) : *Harpoceras* (*Ludwigia*) *Murchisonæ* Sow. (deux échantillons, dont une petite forme à côtes bien marquées et un ex. plus grand, fortement costulé), *Belemnites apiciconus* Blainv., *Bel. Munieri* Desl., *Terebratula Stephani* Dav. (ex. de grande taille, de forme très allongée, avec les deux plis du bord frontal très aigus ; ab.), *Ter. ovoides* Sow. (forme triangulaire, à commissure frontale rectiligne), *Ter. infraoolithica* Desl. (forme triangulaire à deux plis frontaux bien marqués), *Ter. perovalis* Sow. (grande forme ; commissure frontale à deux ondulations ; rare), *Rhynchonella subobsoleta* Dav. (ex. très bombés ; ab.) *Rh. quadriplicata* Zieten (petits ex.), *Trigonia striata* Mill., *Cucullœa subdecussata* Munst., *Avicula inæquivalvis* Sow. *Rhabdocidaris major* Cotteau (radioles), *Rhabd. horrida* Agassiz (radioles).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5. De nouveau, les fossiles deviennent rares : absence de Brachiopodes, d'assez nombreuses *Belemnites*, plusieurs *Plagiostoma Hersilia* d'Orb., avec *Ctenostreon Wrighti* Bayle.

La série aalénienne qui précède est visible au Matheron sur une hauteur qu'on peut évaluer à 15 m. D'autres calcaires à silex succèdent aux couches à *Plagiostoma Hersilia* ; ils ont une épaisseur plus grande que la succession aalénienne étudiée et se suivent jusqu'à la crête qui relie le Matheron aux Baux-Rouges ; une lame de calcaires dolomitiques hettangiens s'intercale entre les deux séries vers l'W, contre les dolomies néo-jurassiques.

Cette deuxième masse liasique contient une faune très pauvre : empreintes de Lamellibranches et coupes de Brachipodes peu déterminables ; seuls les bancs qui terminent l'affleurement près du col sont de nouveau assez fossilifères sur une hauteur de 4 à 5 m. ; certains lits calcaires contiennent de nombreuses Térébratules ; il en est de même sur le flanc N jusqu'à la surface de chevauchement de l'Hettangien.

J'ai pu reueillir dans ces bancs à la suite d'assez nombreuses visites : *Harpoceras opalinum* Reinecke (petit ex. lisse), *Terebratula Stephani* Dav. (nombreux ex. de taille moyenne), *Ter. decipiens* Desl. (à bord frontal terminé par 2 angles mousses ; très ab.), *Ter. infraoolithica* Desl. (ab.), *Ter. ovoides* Sow., *Rhynchonella curviceps* Quenst., *Rh. plicatella* Sow., *Ostrea sportella* Dum., *Amussium pumilus* Lamk., c'est-à-dire la faune de la partie moyenne de l'Aalénien, en répétition au-dessus de la succession entière, indice d'un deuxième ensemble liasique renversé sous l'Hettangien.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le Caucase, d'après l'excursion du XVIIe Congrès géologique international

par **Jean Goguel**[1].

Résumé

Tectonique du Grand Caucase : rôle de la zone du flysch ; importance de la discordance jurassique supérieure sur le flanc nord ; plissements de la zone du Rion au Sud de la zone du flysch.

L'excursion A 4 a du XVIIe Congrès géologique a été consacrée à l'étude du Grand Caucase, à l'Ouest de la route militaire de Géorgie.

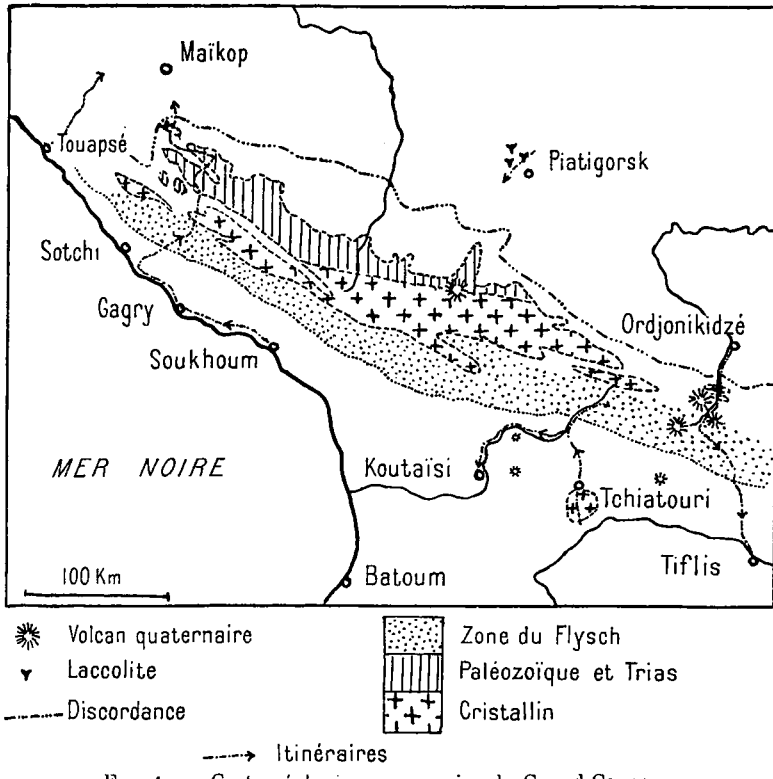


Fig. 1. — Carte géologique sommaire du Grand Caucase.

La carte ci-dessus (fig. 1) montre quels ont été les itinéraires

1. Note présentée à la séance du 2 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

parcourus, qui ont permis d'observer trois coupes complètes de la chaîne, suivant la route de Géorgie, d'Ordjonikidzé (Vladi Caucase) à Tbilissi (Tiflis); dans la région du parc national, entre Gagry et Maïkop, et au Nord de Touapsé, et une coupe limitée au versant sud, dans la région du Rion, au Nord de Tchiatouri.

L'élément le plus caractéristique du Caucase paraît être, au point de vue tectonique sinon au point de vue orographique, la zone du flysch. Ce mot n'est pas pris dans son sens alpin, et désigne des dépôts jurassiques et crétacés très épais, sous un faciès très monotone de calcaires, schistes et grès, remplissant un sillon continu qui se prolonge dans le Petit Caucase à l'Est. La stratigraphie de cette zone, longtemps obscure, a accompli récemment des progrès importants. Malgré l'uniformité des faciès, on a pu caractériser plusieurs niveaux, comme les lydiennes du Cénomanien d'Ananour, qui se suivent sur des centaines de kilomètres. De rares et pauvres gisements fossilifères ont permis de reconnaître un certain nombre d'étages, et par suite de dater, au moins approximativement, tous les termes de la série. D'une façon générale, on trouve les terrains les plus anciens (Jurassique) au Nord, et les plus récents (Crétacé) au Sud. Mais l'ensemble est extrêmement déformé, et forme un très grand nombre de plis, souvent isoclinaux, couchés vers le Sud, avec de nombreux contacts anormaux, par lesquels les terrains les plus anciens chevauchent vers le Sud sur les plus récents. La monotonie du style tectonique résulte évidemment de l'uniformité lithologique de la série.

Au Sud, la zone du flysch est limitée par un contact anormal d'une certaine importance ; près de la route de Géorgie, à Argoumi, un lambeau de charriage appartenant à la zone du flysch subsiste à 5 km. en avant de ce contact. Au Sud du parc national, le flysch crétacé vient reposer sur un Crétacé autochtone de faciès tout différent.

Au Nord, les roches cristallines de la zone axiale, dans la partie centrale où nous n'avons pas eu l'occasion de les observer, chevauchent la zone du flysch, et des roches intrusives récentes sont en relation avec cet accident.

La route de Géorgie coupe l'extrémité orientale de la zone cristalline axiale, représentée par deux coins granitiques qui semblent jaillis verticalement au sein du Lias vulcanogène (défilé de Darial).

A l'autre extrémité de cette zone, le parc national montre des lambeaux étendus des terrains anté-jurassiques. Des schistes

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

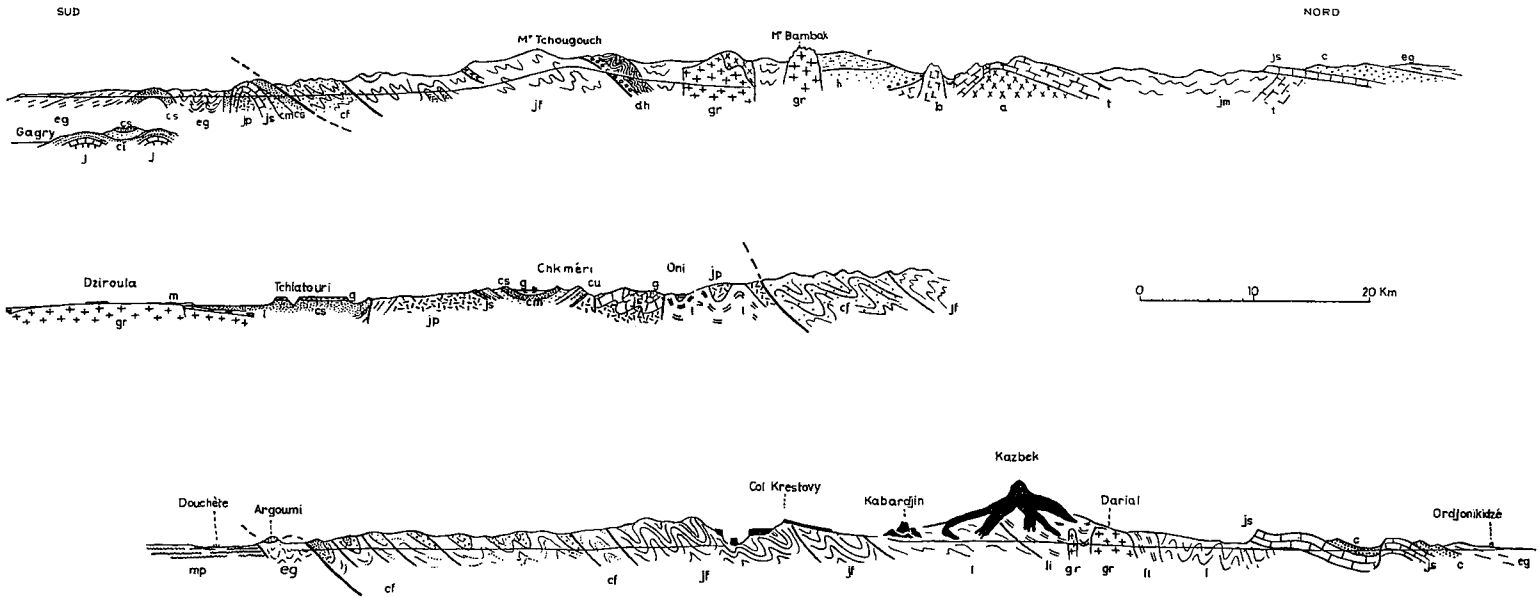


FIG. 2. — Coupes du Grand Caucase : 1) dans la région du parc national, 2) dans la région du Rion, et 3) le long de la route de Géorgie.

gr, granite ; *a*, Précambrien ; *b*, Cambrien ; *dh*, Dévonien (?) et Carbonifère inférieur ; *h*, Carbonifère à plantes ; *r*, Permien ; *t*, Trias ; *li*, Lias inférieur ; *l*, Lias ; *jp*, série phorphyritique ; *jm*, Jurassique moyen ; *js*, Jurassique supérieur ; *jf*, flysch jurassique ; *ci*, Crétacé inférieur ; *cu*, Urgonien ; *cm*, Crétacé moyen ; *cs*, Crétacé supérieur ; *cf*, flysch crétacé ; *eg*, Éocène et Oligocène ; *g*, Oligocène ; *m*, Miocène ; *mp*, Néogène. Les laves quaternaires sont en noir.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

cristallins précambriens, un Cambrien parfois calcaire, assez métamorphique, sont injectés de granites et de diorites. Des grès et conglomérats, comprenant la base du Carbonifère, sont assez fortement disloqués. Au contraire, les grès et conglomérats à houille et plantes du Carbonifère supérieur et les grès rouges du Permien, formant un ensemble concordant, le Permien supérieur marin, et le Trias marin, sont tectoniquement très tranquilles, et parfois tabulaires sur de grandes distances. Seul, l'affleurement le plus méridional (Carbonifère inférieur) a été nettement poussé vers le Sud sur les schistes jurassiques, mais, dès qu'on s'éloigne du bord de la zone du flysch, on ne trouve plus que de larges horsts, surgis par failles au sein des schistes jurassiques, et un anticlinal très ample de calcaires triasiques épais. En dehors de cette surrection même, ces terrains anciens forment au milieu des schistes des masses tectoniquement inertes.

La mise en place de ces horsts est datée avec précision par la transgression sur l'un d'entre eux du Callovien. Tout le jurassique supérieur est presque horizontal ; comme le Crétacé qu'il supporte, il plonge très légèrement vers le Nord sous l'épaisse série tertiaire de Maïkop.

350 km. plus à l'Est, le long de la route de Géorgie, le Jurassique supérieur est ondulé et faillé, mais la discordance sur les schistes liasiques très redressés est frappante. Nos confrères soviétiques considèrent cette discordance comme tectonique, et donnent comme argument l'absence par place du Callovien, étiré. Par analogie, on peut cependant penser qu'il s'agit d'une discordance stratigraphique, marquant une phase tectonique importante. Là où des mouvements plus récents ont atteint une certaine importance, comme le long de la route de Géorgie, la discontinuité lithologique très tranchée que constitue cette discordance a fort bien pu y localiser quelques étirements.

Dans l'intervalle entre ces deux points, Fournier [1], après Abich, avait signalé une discordance du Jurassique supérieur, mais placée à un niveau plus récent. Tout en restant sceptique à l'égard de cette discordance, Marcel Bertrand [2] soulignait, dans le compte rendu des excursions du VIIe Congrès géologique, l'opposition entre le Caucase tabulaire, formé de Jurassique supérieur, et le Jurassique inférieur plissé. Le plus vrai-

1. Description géologique du Caucase central. Marseille, 1896, p. 121.
2. Les excursions du VIIe Congrès géologique international en Russie. *B. S. G. F.*, 3, XXV, 1897, p. 705, et Œuvres, t. III, p. 1473.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

semblable est donc d'admettre une importante discordance dans le Jurassique supérieur du versant nord.

Au milieu de la série tertiaire horizontale, à une centaine de kilomètres au Nord de la chaîne, nous avons visité près de Piatigorsk les curieux laccolithes de trachy-liparite, dont certains entraînent jusqu'au jour des lambeaux crétacés (fig. 3). Dans leur voisinage jaillissent plusieurs sources thermales carbonatées, très fréquentées.

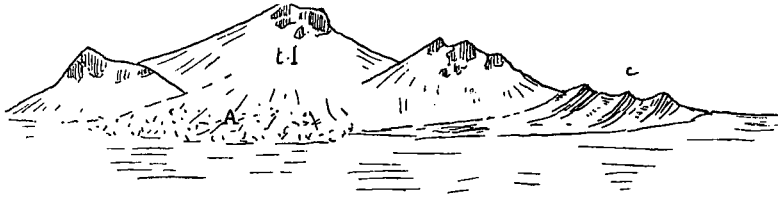


FIG. 3. — Le mont Betchaou vu du Sud.
Laccolithe de trachy-liparite (*tl*), ayant entraîné un lambeau du Crétacé supérieur et moyen (*c*), renversé, au milieu du plateau tertiaire (près de Piatigorsk).

Nous avons dit que le bord sud de la zone du flysch est marqué par un chevauchement de celui-ci. Le long de la route de Géorgie, ce chevauchement se fait sur des argiles et conglomérats éocènes et oligocènes, assez plissés, mais qui ne forment qu'une bande étroite. On considère aujourd'hui comme appartenant à ces conglomérats des blocs jurassiques de faciès inconnus dans la région, attribués autrefois à des klippes.

Immédiatement au Sud, à Douchète, on trouve des conglomérats néogènes subhorizontaux, qui s'étendent jusqu'à Mtzkhetha, à 15 km. au Nord de Tbilissi, formant la « zone rigide de la Koura ». On constate cependant quelques ondulations de ces conglomérats, qui jouent le même rôle que la Nagelfluh au front des Alpes, et mêmes des indices de mouvements quaternaires.

Plus au Sud, à Mtzkhetha et à Tbilissi, la série éocène et oligocène, où les tufs jouent un rôle important, et le Crétacé supérieur plus à l'Ouest, sont plissés et appartiennent à la zone de Trialéti, début de l'Anti-Caucase.

Dans la région du Rion, on voit apparaître une zone dont l'holomogue n'existe pas au Nord de Tbilissi. La zone rigide de la Koura est ici représentée par le massif granitique de Dziroula, pénéplanisé dès avant le Lias. On ne trouve que sur les bords du massif des restes des différentes transgressions, séparés par des lacunes et des érosions très importantes. Seuls, les sables miocènes s'étendent sur tout le plateau et sont postérieurs aux petites failles qui l'affectent.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Au Nord, du côté de Tchiatouri, par exemple, on trouve sur le granite du Lias (calcaires rouges fossilifères associés à des assises vulcanogènes), sur lequel repose le Crétacé supérieur. L'Oligocène, transgressif, débute par une couche manganésifère très riche.

L'allure tabulaire des assises, indiquant le prolongement du massif granitique en profondeur, se poursuit sur quelques kilomètres au Nord de Tchiatouri, jusqu'à une grande flexure, au delà de laquelle tout le mésozoïque est plissé. La série reste de caractère assez néritique, coupée de nombreuses lacunes. Le Lias supérieur et le Bajocien sont représentés par une épaisse série vulcanogène (série porphyritique), formée de tufs, coulées et conglomérats. Le Jurassique supérieur est séparé par une discordance assez marquée de l'ensemble du Bathonien schisteux et de la série phorphyritique. Suivant les points, il comporte une série d'assises marines, ou se réduit aux couches rouges continentales du Tithonique. Le Crétacé inférieur comporte un beau développement de l'Urgonien, formé de calcaires blancs à débris et à Réquiénies qui ne diffèrent de ceux du midi de la France que par la présence d'éléments siliceux détritiques. Il passe latéralement à des calcaires marneux à Céphalopodes (Gagry). On trouve des lacunes en certains points dans le Cénomanien gréseux, et le Crétacé supérieur est représenté par d'épais calcaires blancs lités. Tantôt, il passe d'une façon continue à l'Éocène, et tantôt l'Oligocène est transgressif.

Une telle alternance de couches calcaires et marneuses devait, sous l'influence de la compression latérale tertiaire, donner naissance à des ondulations de type jurassien. C'est bien ce qu'on observe, sauf dans la série porphyritique, qui se comporte comme une masse relativement inerte. Le jeu complexe des transgressions et des érosions, dont nous n'avons pu donner qu'une faible idée, montre que la région du Rion a toujours joui de la mobilité qui a finalement permis ces plissements, contrairement au massif de Dziroula, dont les bords seuls ont été atteints par les transgressions les plus importantes.

Le long de la côte de la mer Noire, les plis de la zone du Rion, très atténués, s'ennoient régulièrement vers le Nord-Ouest. Les marnes schisteuses du Tertiaire sont très plissées entre les anticlinaux mésozoïques, mais, du côté de la mer, plongent régulièrement vers le Sud.

Dans la région de Touapsé, la plus occidentale qu'il nous ait été donné d'observer, le style tectonique, caractérisé par des plis déversés et des écailles poussées vers le Sud, reste le

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

même, mais les caractères stratigraphiques diffèrent sensiblement de ceux de la zone du flysch. Les étages du Crétacé, calcaires ou gréseux, sont beaucoup plus dissemblables, et les plis sont en conséquence plus largement individualisés. Le Crétacé atteint presque le bord de la mer, et les dépôts tertiaires qui le bordent sont très plissés. Le Jurassique, situé plus au Nord, diffère plus encore du flysch : au-dessus de la série porphyritique, il comporte des schistes argileux noirs épais, surmontés par un calcaire tithonique. Dans le chevauchement sur le Crétacé, celui-ci s'étale en formant un flanc inverse.

Sur le versant nord, on trouve des conglomérats dans le Tithonique et le Valanginien, redoublés par une série d'écailles poussées vers le Sud. Le Crétacé moyen et supérieur présente la régularité habituelle du flanc nord, et plonge doucement sous la série tertiaire de Maïkop subhorizontale.

Sans vouloir remonter aux formations continentales du Carbonifère et du Permien inférieur, aux transgressions marines limitées du Permien supérieur et du Trias, on peut, semble-t-il, résumer ainsi l'histoire du Caucase depuis le début du Jurassique :

Un sillon subsident très continu donne lieu à la sédimentation de terrains très épais, sous le faciès monotone du flysch, tandis que le flux et le reflux des mers épicontinentales se poursuit sur ses marges, concurremment avec une activité volcanique assez intense, en particulier au Lias supérieur et au Bajocien.

La phase d'orogénèse active du Jurassique supérieur n'a pas marqué la fin du sillon du flysch. Ses manifestations sont surtout sensibles sur les marges ; au Nord, elle a entraîné la formation d'une série de horsts de terrains anciens au sein des schistes jurassiques, et elle a produit quelques plissements au Sud. Son effet éventuel sur les dépôts du flysch a été masqué par les mouvements ultérieurs.

Et la sédimentation reprend, épaisse et continue dans la zone du flysch, épicontinentale sur ses marges ; très régulière au Nord, entrecoupée de lacunes au Sud, sur les bords du massif de Dziroula, fréquemment émergé.

Le début du Tertiaire marque la fin du sillon du flysch. Il est vraisemblable que des mouvements tectoniques se sont échelonnés dans tout le Tertiaire, mais les plus importants semblent dater du Tertiaire supérieur. Le principal effet en a été l'écrasement très poussé de la zone du flysch, dans des conditions de dissymétrie telles que des chevauchements se produisaient du

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Nord vers le Sud, dans l'intérieur du sillon comme sur ses bords. La marge sud, chevauchée par le flysch, subissait elle-même l'influence de la poussée orogénique et formait une série de plis d'allure subalpine.

Au Quaternaire, comme à beaucoup d'époques géologiques antérieures, le Caucase a été le siège de phénomènes volcaniques importants ; la route de Géorgie, qui passe au pied du volcan du Kazbek, haut de 5.043 m., et du Kabardjin, et au voisinage d'autres centres éruptifs, permet d'étudier les coulées, parfois très épaisses, qui s'échelonnent au contact des terrasses et des moraines des glaciations successives.

On doit une grande admiration aux géologues dont le travail dans ces régions ingrates a amené la Géologie caucasienne à son état actuel, et en particulier à nos guides, MM. Renngarten, Guérassimov, Kouznétsov, Béloussov, Robinson, Vialov, et Mmes Kotchavara et Mordvilko. Je tiens à leur renouveler ici l'expression de mes remerciements pour la parfaite organisation de l'excursion, et pour les explications qu'ils nous ont prodiguées avec un dévouement inlassable. Les livrets-guides qu'ils ont rédigés — en français — représentent une précieuse mise au point à laquelle on aura souvent recours à l'avenir.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur deux nouveaux végétaux permiens

par **H. Th. Tchirkova** et **M. D. Zalessky** [1].

Le point le plus septentrional où la flore permienne soit connue en Sibérie, se trouve le long de la côte du golfe d'Enissei et de la mer de Kara, près du Cap Makarevitch et sur certaines rivières se jetant dans le golfe et dans la mer de Kara. Près du Cap Makarevitch, on a découvert une nouvelle espèce de *Callipteris* en compagnie de *Pecopteris anthriscifolia* (Goeppert) ; sur la rivière Mikhailovka, on a trouvé une nouvelle espèce de *Chiropteris*, et sur la rivière Lemberova, *Petscheria elongata* Zal. La constatation dans les lieux indiqués de nouveaux représentants des genres *Callipteris* et *Chiropteris*, en compagnie de *Pecopteris anthriscifolia* et des formes nouvelles de *Noeggerathiopsis* et *Cordaites* proches de celles observées dans le bassin de Kousnetzk, dans l'assise koltchouguinienne (*Noeggerathiopsis borea* Tschirkova et Zal., *N. rutliformis* Tschirkova et *Cordaites gladiolus* Tschirkova et Zal.), ainsi que de *Petscheria elongata* Zal. fréquente dans cette même assise, atteste que les dépôts contenant cette flore doivent être mis probablement en corrélation avec l'assise koltchouguinienne, c'est-à-dire qu'ils appartiendraient au Permien supérieur.

Dans la présente note, nous décrivons ces deux espèces nouvelles de *Callipteris* et de *Chiropteris*.

Callipteris karskiana Tschirkova et Zal. n. sp.

Fig. 1.

Fronde bippinée, connue dans sa partie apicale, avec un rachis solide, atteignant dans la partie inférieure de la portion de la fronde jusqu'à 2 mm. de largeur. Ses pennes primaires, alternant, presque opposées, disposées sur la penne de la fronde d'un seul côté de cette dernière, à une distance de 23 mm. l'une de l'autre, de forme lancéolée, celles du bas du fragment, les plus longues, d'environ 10 cm. de longueur sur environ 22 mm. de largeur ; celles qui les suivent plus haut, diminuant graduellement dans leurs dimensions, étalées, dressées, attachées sur le rachis de la fronde sous un angle de 35°. Les pinnules

1. Note présentée à la séance du 2 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

couvrant les pennes primaires et attachées à celles-ci à des angles très ouverts qui se rapprochent de l'angle droit, allongées, relativement étroites, se rétrécissant graduellement vers le sommet pointu arrondi, dans la partie médiane des pennes, d'environ 11 mm. de longueur et environ 3,5 mm. de largeur, mais à la base des pennes et près de leur

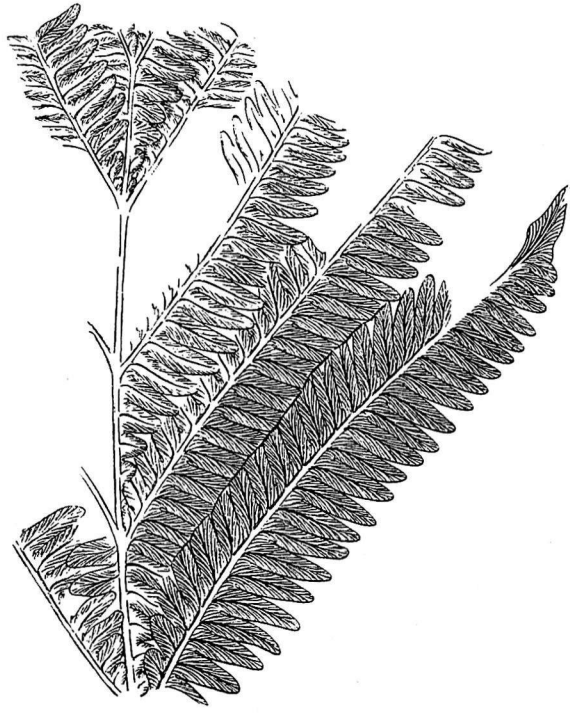


FIG. 1. — *Callipteris Karskiana* TSCHIRKOVA et ZAL. nov. sp. | : |

sommet diminuant brusquement dans leurs dimensions. Des pinnules semblables à celles qui sont attachées sur la penne, mais de dimensions plus petites, couvrent de même le rachis principal de la fronde, entre les pennes primaires. Le sommet de la fronde se termine par une paire de petites pennes qui se séparent et de cette manière la fronde apparaît paripennée.

La nervation des pinnules est fine et élégante. La nervure médiane de la pinnule est droite, facile à tracer jusqu'à son sommet, un peu décurrente seulement à sa base, ou bien même par endroits, à peine décurrente. Les nervures secondaires de la pinnule se détachent de la nervure médiane aussi bien que de l'axe portant les pinnules, et elles sont bifurquées à leur base.

Cette espèce est connue par un fragment de la partie apicale d'une fronde représentée sur la figure 1, portant des pennes

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

primaires partiellement conservées de dimensions différentes et par les empreintes de portions isolées de pennes primaires. Elle a été découverte en compagnie de *Noeggerathiopsis borea* Tschirkova et Zal., proche de *Noeggerathiopis aequalis* (Goeppert), forme *acuminata* Zal. des flores de la Toungouska et de Kousnetzk et avec *Pecopteris anthriscifolia* (Goeppert), f. *petschorensis* Zal.

Provenance : rive du golfe de l'Enisseï (mer de Kara), près du cap Makarevitch. Affl. 63, collection Alexandrov, 1937.

Chiropteris incisa Zal. et Tschirkova n. sp.

Fig. 2.

La feuille pédonculée, de contour réniforme, avec un petit sinus sur son bord antérieur marquant une incision à peine indiquée qui le sépare en deux grosses parties arrondies à leurs bords, ayant plus de 6 cm. de largeur et environ 4 cm. de longueur entre le pédoncule et le sinus. Le bord antérieur de la feuille est convexe, avec un sinus

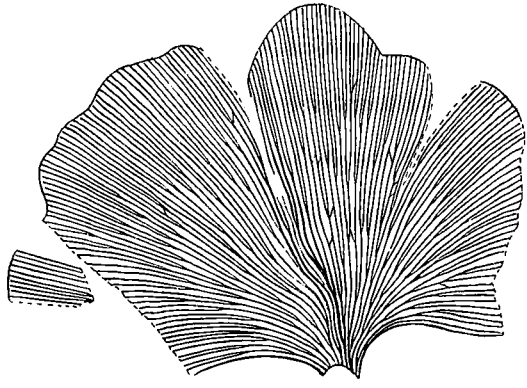


Fig. 2. — *Chiropteris incisa* Zal. et Tschirkova nov. sp. | : |

au milieu. Le bord postérieur est concave, avec la base du pédoncule saillant vers le bas, à son milieu, qui se prolonge par ce dernier. La dimension de la feuille pouvait, cependant, atteindre une grandeur supérieure à la grandeur indiquée plus haut, car on connaît une empreinte d'un fragment de feuille de cette espèce qui ne montre pas de bord naturel de ses parties, atteignant jusqu'à 68 mm. de longueur. La feuille pouvait atteindre 8,6 cm. de largeur. La nervation des feuilles est divergente en éventail à partir du pédoncule. Les nervures se dichotomisent plusieurs fois (jusqu'à 4), traversant le limbe foliaire et s'approchant de son bord supérieur à 0,5 cm., au nombre de 8. Entre ces nervures on observe à certains endroits des

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

anastomoses obliques dirigées de gauche à droite, et aussi, plus rarement, de droite à gauche, vers le haut.

Cette nouvelle espèce de *Chiropteris* se rapproche par ses anastomoses espacées entre les nervures et par la densité de ces dernières de *Chiropteris palmilobata* ZAL. forme caractéristique de l'assise koltchouguinienne du bassin de Kouznetzk, dont le limbe foliaire, contrairement à l'espèce observée, est fortement démembré.

L'espèce décrite ici est représentée par quelques empreintes d'une seule feuille incomplète (fig. 2) et d'un petit fragment d'une autre feuille, se trouvant sur un échantillon de roche provenant de la rive droite de la rivière Mikhailovka, à 6 km. de son embouchure. Affl. 102, collection Lutkevitch.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Contribution a l'étude géologique des Lamidats de Bibemi et de Boubandjidda (Cameroun septentrional)

par **René van Aubel** [1].

La région faisant l'objet de cette étude s'étend entre Garoua et la frontière occidentale de l'A. E. F. — E. Krenkel (I) et F. Behrend (VI) ont résumé les travaux qui y furent exécutés par les géologues allemands. Nous avons publié nous-même une esquisse géologique (II), à échelle réduite, de la contrée étudiée.

I. GÉOLOGIE GÉNÉRALE

Les formations régionales se classent comme suit, *de bas en haut :*

1. *Complexe basal* : vieux socle sédimentaire *pré*-Muva-Ankole, de faciès gneissique, largement injecté d'*orthogneiss* acides et basiques.

2. *Série métamorphique* (Muva-Ankole), quartzito-schisteuse, calcareuse au sommet, qu'injectent trois veines granitiques étagées (termes 3 à 5).

3. *Première venue granitique post-Muva* (granite G I). Granite amphibolo-biotitique de trois types différents ; faciès de la zone Bila-Koum (Est de Rey-Bouba) ; faciès de l'Hossere Ngoï [2], près de Weimba (Beimba) et de la frontière de l'A. E. F. ; faciès de la zone Doukouroum-Bani, au Nord de Rey-Bouba.

Les éléments de ce granite sont fréquemment orientés ; mais le faciès gneissique est localisé. De rares pegmatites accompagnent G I.

4. *Deuxième venue granitique* (G II). Des intrusions de diorites, gabbros et hornblendites annoncent la venue G II et sont localisées entre le village Madjouhala et le maïo Maha [3] (lamidat de Bibemi). Ces roches présentent exceptionnellement le faciès rubané, et ce, dans leurs digitations de faible puissance. Un granite biotitique leucocrate (G II) leur fait suite : ses éléments

1. Note présentée à la séance du 2 mai 1938.
2. Hossere = montagne, en dialecte Foulbé.
3. Maïo = rivière, en dialecte Foulbé.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sont occasionnellement orientés ; le faciès gneissique est inconnu. A ce granite s'associent de nombreux schizolites — granulites, pegmatites, aplites — ainsi que les filons quartzeux auro-pyrito-mispickelifères des maïos Bidjou (à l'Est de Rey) et de la Louwa (lamidat de Bibemi).

5. *Troisième venue granitique* (G III) : granite acide *rosé* et ses dérivés :

A, pegmatites, à muscovite et feldspaths rougeâtres.

B, roches microlithiques *anciennes* : porphyres quartzifères et porphyrites, en massifs et filons.

6. Venue épidotique et venue calcifère hydrothermales.

7. Grès, arkoses et argillites (Crétacé supérieur ou éocène).

8. Roches microlitiques *récentes*, de nature basique : basaltes, andésites porphyrites, en filons.

9. Formations quaternaires, gréso-sableuses du Tchad.

II. LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

1. *Le Complexe basal.*

Ce groupe est représenté par des lambeaux fort déchiquetés enclavés dans les granites plus récents G I à G III.

A. *Zone Wiemba-Nganadje* (Boubandjidda).

Au Sud de Wiemba, affleure un îlot cristallophyllien. Il est formé d'amphibolites, de kinzigites, de paragneiss biotitiques rubanés (D = N 50° E ; i = SE 75°) toutes roches mal feuilletées, grenatifères, aux minces bandes ferriques et leucocrates alternées. La biotite ambrée domine. Au contact des filons d'*orthogneiss*[1], ces roches renferment de petits cristaux aciculaires gris brun, altérés et difficilement identifiables[2]. D'autres paragneiss montrent des inclusions verdâtres, pseudomorphoses probables de cordiérite. Plus au Sud apparaissent des gneiss biotitiques, leucocrates et grenatifères, et des leptynites. Fort onduleuse, la foliation est, en moyenne, orientée : D = N 70° W ; i = NE 70°. On y voit des intercalations d'une suite d'*orthogneiss* biotitiques clairs, bien zonés, de foliation plus lâche.

1. Les critères, utilisés sur le terrain pour distinguer les orthogneiss des paragneiss, ont été indiqués dans une note précédente (*B. S. G. F.*, 5e série, t. 7, 1937, p. 306). Voir aussi : J. D. Trueman, *Journ. Geol.*, vol. 20, 1912, p. 228-258, 300-315.)

2. Vraisemblablement de la sillimanite (positive, suivant l'allongement). Dans les roches de contact, la biotite se transforme en un aggrégat de fines aiguilles de sillimanite (F. Angel, Grundriss der mineralparagenese, 1932, p. 140).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'ensemble est largement disloqué par le granite *non-gneissique* G I et des injections, filets et fuseaux, d'une roche quartzo-feldspathique blanchâtre. Cette série paragneissique forme un synclinal s'ennoyant au Sud-Ouest.

Du maïo Linjari au maïo Djarouroke, le sentier traverse un anticlinal fort démantelé — section proche du « plafond » de l'intrusion orthogneissique — formé de paragneiss amphibolo-biotitiques, largement injectés de granite G I et de schizolites associés (D = N 50° E ; i = subvertical). Les mêmes paragneiss (D = N 10° W) se rencontrent, en bordure de la Laoua, sous forme d'enclaves injectées et disloquées, dans le granite G III (D = N-S ; D = N 65° E).

Au Nord-Est de Ngwehingou, G I renferme des xénolithes volumineux, corrodés et fort déchiquetés, formés de paragneiss mélanocrates compacts, peu fissiles, à faciès local d'amphibolites ou de cornes. Les esquilles satellites — gneiss rubanés — ont subi l'injection lit à lit. Au contact, G I lui-même englobe des débris de cornéennes noirâtres et des ségrégations fémiques. Des filons de pegmatite (D = N 30° E), de granite rosé G III et de felsites leucocrates (D = N 30° E ; D = N 50° W) disloquent l'ensemble.

En bordure de la Lidi, au Sud de Ngwehingou, l'injection des paragneiss par le granite porphyroïde G I, est intense : l'ensemble prend l'aspect d'une *brèche intrusive*. Le sens d'écoulement du magma est marqué par l'orientation (E-W) du grand axe des enclaves volumineuses ; l'existence de tourbillons permit, aux petits xénolithes, de s'orienter obliquement à cette direction. Corrodés par le granite, les xénolithes présentent des contours guillochés. L'attaque des sédiments est, elle, fort poussée, l'enclave se réduit à un chapelet de débris fusiformes. Les gros xénolithes sont fréquemment injectés, parallèlement à leur grand axe, par un réseau plus ou moins serré de filets granitiques. Ailleurs, la digestion est complète, et l'on n'aperçoit plus dans le granite que des traînées parallèles, sinueuses et discontinues, de composition plus basique : une structure nébulitique typique. En bordure des enclaves, G I prend parfois le faciès gneissique et, entre deux xénolithes rapprochés, une structure pseudo-fluidale marquée par l'alignement des phénocristaux feldspathiques (D = E-W ; i = S 60°). Le granite rosé G III développe, à son tour, des amas et des filons dans le complexe basal de la Lidi. Entre deux filons G III rapprochés, le granite G I affecte un faciès pseudo-gneissique. Ces xénolithes ont la composition des diorites, des lamprophyres, des

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

quartzites feldspathisés, des cornes basiques, des amphibolites et hornblendites, des gneiss biotito-amphiboliques. Nombre de xénolithes affectent la texture schisteuse des gneiss et des micaschistes. D'autres sont massifs, holocristallins, mélanocrates, zonaires ; pas trace de foliation, mais une orientation grossière des éléments (E-W). La transformation est plus accentuée à la périphérie qu'au cœur des blocs intéressés, où subsiste la structure gneisso-schisteuse. Des phénocristaux feldspathiques, développés dans la masse ou à la périphérie de certains xénolithes, décèlent la perméabilité sélective des blocs affectés. Sur un espace restreint, la structure des cornéennes fait place à celle des magmas cristallins.

Remarque. On notera, dans la zone mentionnée, la rareté des roches muscovitiques (granulites, micaschistes) et de roches basiques holocristallines, et aussi la pénurie de minéraux de pneumatolyse et, dans les alluvions, l'absence de monazite et de cassitérite.

B. *Zone Gaba-Nganadje* (Boubandjidda).

Ici, l'enchevêtrement des paragneiss et des intrusions ignées (granites de tous âges) est inextricable, et l'on ne peut distinguer les divers termes sur une esquisse à petite échelle.

Dans la partie NE de la contrée, dominent les gneiss amphibolo-biotitiques (D = N 45°-60° E). Au SE de Gaba, les gneiss sont finement grenus, mélanocrates, peu fissiles, à faciès local de cornéenne (D = N 10° W).

C. *Zone Djimba-Doutaï* (Boubandjidda.)

La zone gneissique, figurée au contact sud des argilites d'Amouso-Hindar, est attribuée sur notre carte, par erreur, au système de Muva-Ankole. Elle ressort, en fait, au Complexe basal.

De nombreuses bandes de paragneiss rubanés, et de foliation serrée, sont enchâssées dans la masse plus étendue des orthogneiss granitiques. Elles appartiennent à une voûte anticlinale, fort arasée, s'étendant en direction S-W. La plage d'argilites est juchée sur le flanc nord de cette voûte et la dissimule aux investigations.

Le quartz, dans les gneiss, est peu abondant ; le feldspath et les éléments fémiques (hornblende dominante) s'y trouvent en proportion égale ; la pyrite, accompagnée ou non de pyrrhotine, est fréquente. Des filets ptygmatiques sillonnent les gneiss. Le faciès nébulitique est fréquent pour les vieux granites (ortho-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

gneiss). Des filons de granite leucocrate G II recoupent et rejettent toutes les intrusions précitées.

2. *La série métamorphique de Muva-Ankole.*

A. *Zone Lidi-Bidjou-Loubougue* (Boubandjidda).
Elle a fait l'objet d'une étude antérieure (II).

B. *Zone de l'Hossere Ngoï* (Boubandjidda).

Une bande de sédiments métamorphiques, enchâssés dans les granites G I, apparaît au pied sud de l'Hossere Ngoï. Largement injectée lit à lit (granite G I et G III), elle se compose surtout de gneiss et de micaschistes biotitiques. A sa périphérie, et à quelque distance du contact, le granite G I renferme de nombreuses esquilles métamorphisées : cornes, amphibolites zonaires ; gneiss mélanocrates de foliation serrée ; gneiss biotitiques zonaires, compacts, nullement fissiles.

C. *Bassin du maïo Bani, au Nord de Rey* (Boubandjidda).

Dans l'ensemble, ce bassin est granitique (G I). Des enclaves gneissifiées de granite G I, et des enclaves de paragneiss quartzitiques et de leptynites, apparaissent dans la masse de G II. Ce sont les débris bordiers du massif granitique de la Louwa, des restes déchiquetés de sa couverture sédimentaire. Signalons, en bordure du maïo Lahinde, la présence de gneiss topazifères (pycnite). Il ne semble pas que ce minéral fluoré ait été signalé déjà au Cameroun.

D. *Bassin de la Louwa* (Bibemi).

Dans la zone comprise entre les maïos Lombe et Poutire (village Adi) affleurent des artérites claires et rubanées, des leptynites en petits bancs, des gneiss basiques grenatifères, des amphibolites, des gneiss biotitiques finement zonés (D = N 45° E ; i = NW 45°-80°). L'ensemble est largement injecté par G I, G II et les pegmatites dérivées de G III. Les « greenstones » d'Adi, aux phénocristaux feldspathiques lamellaires, correspondent sans doute à d'anciennes intrusions de magmas effusifs. Les intrusions gabbroïdes et dioritiques, rencontrées dans cette zone, sont les avant-coureurs de l'intrusion granitique G II. — Vers l'Ouest (maïo Sembe), les couches passent de l'orientation N-E à l'orientatioe N-W, et le pendage s'inverse — prélude d'un ennoyage. En direction, on retrouve ces gneiss sur le maïo Louwa. De curieux cas de « contamination » (migma-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tites) s'observent dans cette région. Dans le même ordre d'idées, l'action des granulites G II sur les gneiss amphiboliques provoque, dans ces granulites, l'apparition hétéroclite et simultanée de muscovite, grenat et amphiboles noirâtres.

En bordure de la Louwa, les mesures mettent en évidence une agitation insolite. De brusques variations d'orientation (D = N 20° E à N 70° E ; D = N-S ; D = N 45°-60° W) et de pendage résultent de la présence d'une zone faillée de large amplitude (sheer zone), d'orientation D = N 35° E, localisée au confluent des maïos Louwa et Bifaï, à hauteur du village Biho. Cette faille est marquée par de nombreuses diaclases striées, une profusion de filons quartzeux (D = N 35° E) qui déplacent les filons G II, de brusques variations de faciès et une calcification généralisée affectant les roches des deux côtés de la dislocation (voir le paragraphe III).

Se déplace-t-on du maïo Poutire vers le Nord, on progresse de la périphérie vers le centre d'un synclinal sédimentaire, dont la zone gneissique Poutire-Lombe constitue la bordure. Dans le complexe formé de micaschistes et de schistes, les intrusions de G II et de gabbros se cantonnent dans les termes inférieurs ; les schistes supérieurs, en revanche, sont envahis par les granulites G II et tous les termes de passage entre la granulite et les quartz filoniens. L'action métamorphique décroît du Sud au Nord, et, sur la rive droite de la Louwa, d'Ouest en Est. Une coupe-type est la suivante, observée entre le passage de la Poutire et la tête de la Langere :

1. Micaschiste amphibolo-biotitique (passage local aux gneiss). Foliation serrée, faciès zonaire. Passe aux amphibolites zonaires, par diminution de la teneur en biotite.
2. Amphibolite verdâtre, à gros métacristaux d'amphibole (parfois gerbiforme).
3. Micaschiste muscovitique gris verdâtre, à disthène.
4. Micaschiste muscovitique, à disthène gerbiforme et métacristaux de grenat.
5. Phyllades bleutées à staurotide.
6. Quartzophyllades et quartzoséricitoschistes, à métacristaux de disthène, de grenat ou staurotide. Quartzites oligistifères.
7. Micaschiste muscovitique à gros grenats.
8 Schiste micacé grenatifère et quartzites en plaquettes.

Un réseau de filons quartzo-tourmalinifères, à sulfures locaux, et de tourmalinites micacées (D = N 40° E) recoupe de bout en bout la zone schisteuse, sur la rive droite de la Louwa. A leur

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

contact, les schistes se tourmalinisent ou se chargent de grandes lamelles de muscovite.

A l'Ouest, le synclinal sédimentaire, aux plis secondaires déjetés vers le Sud, est limité par une importante intrusion de granite G II. Les couches de cette région sont injectées et dérangées (du Sud au Nord, on lit successivement : D = N 30° E ; D = N 50° E; D = N 75°-80° E) ; uniforme et très redressé, le pendage est voisin de 80°. La répartition en apparence désordonnée des types gneissique et schisteux, leur dépendance certaine de la proximité et de l'étendue de massifs granitiques intercalaires, incite à voir, dans ces massifs mêmes, une suite de gâteaux laccolitiques ou de filons-couches de grande puissance. L'érosion, plus poussée, aboutirait à une zone d'enclaves xénolithiques. Les esquilles de schistes, enclavées dans le granite G II, ont le faciès de cornes grises à disthène ; les esquilles englobées dans les pegmatites et les filons de quartz se transforment en jaspilites noirâtres. L'intrusion lit à lit d'une pegmatite transforme une phyllade bleutée en corne tourmalinifère. Le quartz se substitue volontiers à la substance des phyllades. Certaines cornes micacées verdâtres résultent d'actions semblables sur des amphibolites schisteuses. Dans les mêmes conditions, une granulite non micacée se charge de mica verdâtre et renferme des grenats bruns.

E. *Bassin de la Reï* (Boubandjidda).

Le faciès rubané des gneiss clairs, formant l'ossature des Hossere Solire, Pani et Garko, résulte de l'injection de gneiss et de micaschistes biotitiques, que recoupe la route Tsholire-Rey, au NE de Tsholire. Dans la partie occidentale du massif, la foliation est orientée : D = N 70° W ; i = NE 80° ; elle s'oriente D = N 60° E ; i = NW 80°, dans la partie orientale. Au Nord de Tsholire, et jusqu'à la Tafore, on lit successivement D = N 60° E ; i = NW 80°, puis D = N 35° E ; i = 70°-80° NW, enfin D = N 30° W ; i = 75 NW. De nombreuses intrusions G I s'y rencontrent : parfois porphyroïde, aux éléments fréquemment orientés, ce granite n'affecte toutefois le faciès gneissique qu'au droit de zones cisaillées ou dans ses digitations de minime importance. Une large intrusion de G II s'intercale dans les mêmes couches. Entre la Tafore et la Louboungue, le pendage des micaschistes s'inverse brusquement (D = N 45° E ; i = SE 60°) au passage d'une intrusion de granite G II (faille). L'intrusion dépassée, on aborde une série de faciès un peu différent, formée de micaschistes, schistes et grauwakes (II). Des intru-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sions lit à lit de G III et de felsite rosés s'y observent en bordure de la Louboungue ; des intrusions de G I les affectent entre la Kitourou et la Namakel. Au Nord de la Namakel, la formation schisteuse est limitée par une large intrusion de granite G I (type Bila-Koum), de faciès légèrement gneissique.

Comparaison entre le Complexe basal et la série de Muva-Ankole.

Les deux séries subissent l'injection des granites G I à G III, d'âge post-Muva-Ankole. Ces granites, dans leur masse, présentent le faciès granitique normal. Local et peu fréquent, le faciès gneissique n'apparaît qu'en des points où cette structure s'explique aisément (périphérie des massifs, zones cisaillées, auréoles d'enclaves, digitations de faible puissance). Des granites nettement gneissiques se rencontrent, au contraire, et sur des étendues appréciables, dans les plages du Complexe basal. Ces *orthogneiss*, inconnus dans la série de Muva-Ankole et que disloquent les granites G I à G III, sont nécessairement antérieurs à ces derniers. Dénommons-les G 0.

Les xénolithes qu'enrobe, disloque et injecte G 0, prennent dans les plages G 0 l'orientation qu'ils doivent normalement adopter : leur grand axe et la foliation de G 0 (souvent aussi les contours de G 0) ont même orientation. Arrive-t-il que G I, G II ou G III disloquent ces mêmes paragneiss, il n'existe aucune relation entre la foliation du xénolithe *basal* et celle de G 0, d'une part, les contours de G I, G II ou G III et leur foliation locale, d'autre part. Une concordance satisfaisante s'observe, en revanche, quand les granites G I à G III envahissent les sédiments Muva-Ankole.

Enfin, la distribution des enclaves du Complexe basal, à l'intérieur des massifs G I-G III, n'obéit à aucune loi définie. Les xénolithes Muva se concentrent, au contraire, à la périphérie des massifs micaschisteux dont ils sont issus.

Dans les zones occupées par des sédiments Muva, la répartition des faciès métamorphiques dépend essentiellement de l'étendue et de la proximité des intrusions G I à G II, affleurantes ou souterraines. Ces dernières sont décelées, en surface, par l'abondance des schizolites et la morphologie de leur réseau, ou la production d'auréoles métamorphiques de contours définis. Rien de pareil dans les parties occupées par le Complexe basal : le faciès gneissique s'y observe seul. Le Complexe basal ne subsiste plus, dans la région qui nous intéresse, qu'à l'état de « racines », de lambeaux épars remaniés par G I et G III. On se trouve très fréquemment dans la zone de migmatisation, dans le

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

domaine des refusions régionales et des granitisations étendues. De-ci de-là subsistent encore de rares îlots des couches supérieures du Complexe, probablement des zones de dépression axiale, complètement entourées de terrains migmatisés et granitisés, ou même exclusivement granitiques.

D'autre part, la sillimanite et l'andalousite grise, relativement communes dans le Complexe basal, semblent faire défaut aux gneiss du Muva-Ankole.

Ces différences résultent, pensons-nous, de l'existence d'une phase primitive, orogénique et intrusive, intéressant le seul Complexe basal. Avant tout plissement de la série de Muva Ankole, la tectonique du socle était fixée ; injecté de granites G 0, le vieux bâti avait acquis une certaine rigidité. Prétendre, comme d'aucuns l'ont tenté, que le Complexe basal correspond au faciès profond d'une série sédimentaire, dont les couches de Muva-Ankole représentent un stade moins évolué ou un étage moins profond, ne rend pas compte des différences soulignées dans ce chapitre.

3. *Les couches crétacées et quaternaires.*

Nous dirons peu de choses de ces formations, minutieusement étudiées par nos devanciers (I, III, V, VI).

Mentionnons, toutefois, un gisement de roches crétacées, non signalé encore semble-t-il. Cet îlot se trouve au Sud de Rey-Bouba et de Tsholire, en bordure des maïos Amouso et Hindar. Il débute, sur les rives du maïo Sada, par un grès grossier de teinte jaune, renfermant de petits galets quartzeux et des barres sableuses. Cette assise est surmontée par un grès argileux jaunâtre, à grain fin, sur lequel repose une argilite lie de vin ou rouge brique, légèrement calcareuse, et semée de petits galets ovoïdes de quartz filonien. La cassure de cette argilite est conchoïdale ; la roche se débite en plaquettes. L'effervescence, provoquée par l'acide chlorhydrique, est due à l'inclusion de minuscules rognons calcareux. Vers le sommet, l'argilite rouge comprend de minces cordons calcaires (3 à 10 cm. d'épaisseur) de teinte blanc verdâtre, et vers la base, des barres d'argilite noire, de nature charbonneuse, mais exemptes de bitume.

Au-dessus, s'étendent des bancs de grès sableux brunâtres, aux éléments ténus ; on y voit des lits de petits galets quartzeux et des fuseaux plats d'une arkose grossière. La structure entrecroisée, à l'échelle microscopique, est fréquente dans les grès.

Le caractère, tantôt grossier et tantôt calibré, des éléments

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

gréseux, et l'intercalation d'argilites assez fines, semblent indiquer des transgressions et des régressions successives. Il est, dans cette série, des répétitions anormales d'assises, traces de failles normales et d'effondrements bordiers de la cuvette crétacée.

On notera l'absence de toute intrusion granitique dans la plage d'argilites. Celles-ci sont transgressives sur la surface érodée des granites. Les granites G I à G III, post-Muva, sont donc *pré-crétacés*. C'est là une confirmation de notre point de vue, quant à l'âge de la série schisteuse du maïo Lidi (II).

III. LES VENUES HYDROTHERMALES, CALCIFÈRES ET ÉPIDOTIQUES

Dans certaines régions bien définies, le bassin de la Louwa (Bibemi) et de la Bidjou (Boubandjidda), des filonnets et des veinules de calcite, isolés ou formant réseau, parfois des stockwerks, recoupent les formations sédimentaires et les roches ignées. Dans leur voisinage, suivant une bande de terrains définie, les roches sont carbonatées. L'attaque, par l'acide chlorhydrique, de ces roches est plus ou moins violente.

D'extension plus grande, mais associée aussi aux zones de perturbation tectonique, s'observe une certaine épidotisation d'origine hydrothermale.

A. *Calcification.*

L'effervescence, plus ou moins vive, qui détermine l'attaque des roches par l'acide chlorhydrique, peut être due aux causes suivantes :

1. La composition calcareuse originelle des couches étudiées. C'est, en grande partie, le cas des sédiments *supérieurs* de la série du maïo Lidi (II).

2. En surface, l'altération des plagioclases calciques libèrent $CaCO^3$.

3. Une effervescence *marquée* caractérise-t-elle des roches à muscovite, telles les granulites et les pegmatites (bassin de la Louwa, au village Biho), aucune des deux raisons précédentes ne peut être invoquée. Un *apport* doit être envisagé.

Dans la région du maïo Louwa, *toutes* les roches *antérieures aux basaltes*, ont subi une calcification appréciable. Des filets de calcite s'y rencontrent, disloquant des roches, telles des granites muscovitiques, où elles n'ont pu se former par exsudation. On voit, près de Biho, dans les fissures d'une granulite. des dépôts zonaires et crustiformes (4 mm. d'épaisseur) de calcite rappe-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

lant les bandes de Liesegang. Cette calcite, étudiée à l'aide de la lampe Argon (de la firme Ward) montre une fluorescence de tons rouges peu prononcée, sous l'action des rayons ultra-violets. Mais, c'est surtout à des veinules capillaires, échappant à l'œil nu, qu'est imputable cette calcification diffuse et étendue. Soulignons l'absence de carbonates de métaux lourds (sidérose).

Si l'on cherche à localiser, sur la carte, la portion du bassin de la Louwa, où cette calcification est décelable, on s'aperçoit qu'elle forme une bande de 3 à 4 km. d'orientation N 40° E, bordant la Louwa, à hauteur des confluents de la Langere et de la Bifaï. La calcification est donc en relation étroite avec la faille de la Bifaï, dont nous avons parlé plus haut, et l'on conçoit que les solutions calcifères aient emprunté, pour s'élever, les nombreuses fissures de cette zone faillée. Ainsi se trouve éliminée une intervention hydrothermale, résultant de l'action post-volcanique du foyer dont dérivent les roches microlitiques de Léré (A. E. F.), sis à 30 km. Les basaltes, d'ailleurs, ne sont pas affectés par la calcification. La venue calcifère est donc bien le dernier écho de la phase magmatique, à laquelle se rattache l'intrusion des trois granites G I à G III.

B. *Épidotisation.*

On distingue trois types d'épidotisation :

1. Une action *autométamorphique*, pour les roches ignées. Exemple : certains granites G I du type Bila-Koum.

2. Un type *filonien* aux épontes tranchées, de règle si la dislocation épidotique est oblique aux structures régionales. Elle s'accompagne souvent d'une faible imprégnation des épontes. C'est la forme la plus fréquente et la plus aisée à déceler.

3. *Imprégnation* épidotique, plus ou moins étendue, d'une zone écrasée ou cisaillée, sans qu'apparaissent les filonnets du deuxième type.

L'épidotisation des « cataclasites » se produit de façon peu régulière. On rencontre, dans les roches affectées, des fuseaux épidotisés, grossièrement parallèles, voisinant avec des bandes lenticulaires préservées de toute contamination. Ou bien, les bandes épidotisées verdâtres et les bandes réfractaires alternent, simulant une structure pseudo-fluidale, voir une injection lit par lit. Ailleurs, la cataclase est assez avancée pour que l'épidotisation conduise à la formation de roches jaune verdâtre, tantôt schistoïdes, tantôt felsitiques. Ce type est fréquent dans la partie septentrionale de la carte (maïo Maha et Biho) et dans le bassin

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de la Louwa, de part et d'autre de la faille de la Bifaï. Toutes les roches régionales anté-basaltiques, les granites à muscovite inclus, subissent ce type d'épidotisation.

4. Épidotisation par des actions de *contact*.

En bordure de la Louwa, les gneiss basiques sont recoupés par des veinules de calcite ; et l'on voit se développer, à leur contact, une *épidosite* jaune verdâtre. Dans la même région (aval du confluent de la Langere), on note la présence, dans le granite G II, d'enclaves épidotiques, semée de phénocristaux de feldspath blanc. Cette épidotisation semble résulter d'une injection granitique au sein d'une enclave xénolithique résorbée [1].

La présence de phénocristaux de feldspath attire l'attention ; car les épidosites étudiées ne renferment, d'habitude, que très peu de feldspath.

5. Citons enfin le cas d'une épidosite, dont la formation semble bien due à un processus de cristallisation *primaire*. A l'Est du village de Madjouhala, dans le massif de roches basiques, nous avons repéré une grosse veine d'épidosite, formée d'un assemblage pegmatoïde de feldspath blanc et d'épidote (cristaux d'épidote de 7 cm.), qu'enrobent des plages de quartz vitreux. Cette roche est certes postérieure à G II, mais il est impossible d'en déterminer l'âge de façon plus précise.

IV. TECTONIQUE

Comme toutes les autres portions du Continent africain, le Cameroun septentrional est soumis à l'influence des deux directions NE et NW, orthogonales et conjuguées. L'orientation générale NE domine, pour les sédiments et les grandes intrusions ignées, dans les diverses parties étudiées des lamidats de Bibemi et de Boubandjidda. A peine est-elle localement contrariée, vers la frontière de l'A E. F., par l'interférence de l'orientation majeure conjuguée NW. On remarquera que cette orientation NE est parallèle à l'ossature volcanique du Cameroun et à l'effondrement de Joula-Garoua (I, p. 1227). La permanence des directions primitives, au cours des âges géologiques, est ainsi mise en évidence.

A la bordure occidentale de la zone étudiée, sur la rive gauche de la Benoué, l'orientation NW revêt progressivement plus d'importance, et finit par régner seule (I, p. 1245).

1. J. DE LAPPARENT. Leçons de pétrographie, Paris, 1923, p. 151.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

On remarquera, toutefois, que les cassures filoniennes dans toute l'étendue du Boubandjidda et du Bibemi, affectent l'une ou l'autre orientation.

V. SOURCES THERMALES

Nous n'avons pu en découvrir dans la région traversée, et il paraît bien que les indigènes n'en aient jamais vues. Le volcanisme de cette contrée est « mort ». Important contraste avec la contrée, située au Sud de la Vina (zone de Ngaoundere), où ces sources sont très nombreuses et de types divers.

BIBLIOGRAPHIE

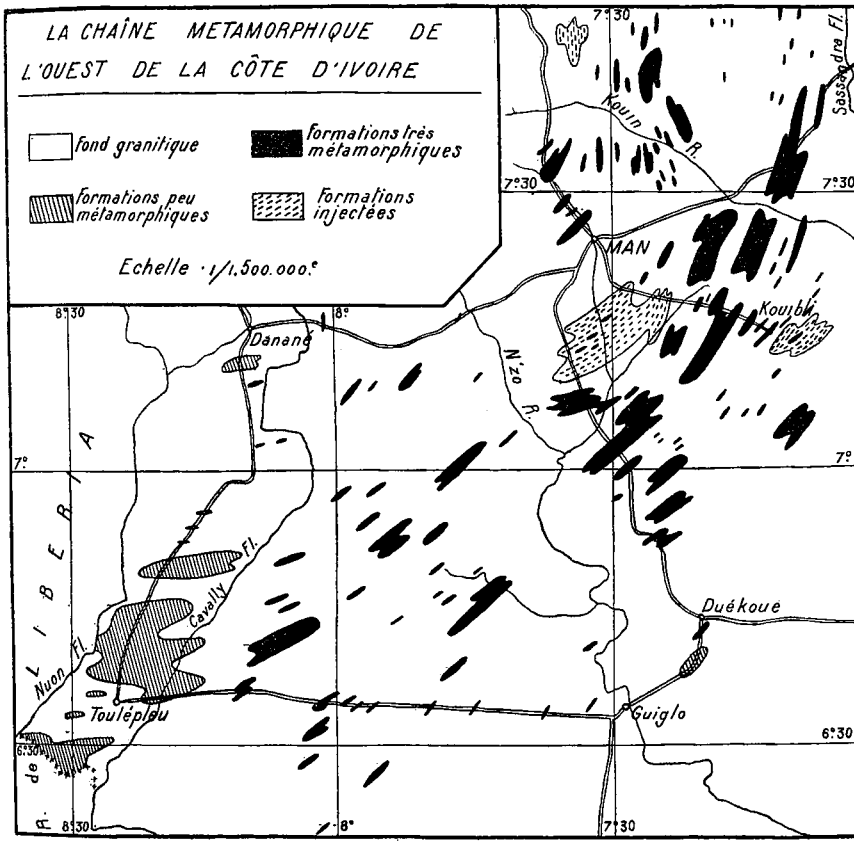
I. E. Krenkel. Geologie Afrikas, t. 3, 1934.
II. R. van Aubel. Sur la composition et l'attribution au crétacéo-jurassique de la série schisteuse du maïo Lidi (Cameroun septentrional). *Chronique des Mines coloniales*, mars 1937.
III. A. Demay. A. E. F. et Cameroun, *in* : La géologie et les mines de la France d'Outre-mer, Paris, 1932.
IV. P. Haugou. Carte géologique n° 2 du Camerou, Douala, 1935.
V. V. Babet et R. Furon. Sur les formations continentales post-hercyniennes de l'Ouest Africain (A. O. F. et A. E. F.), *CR. Ac. Sc.*, Paris, t. 201, juillet 1935.
VI. F. Behrend. Geologie von Kameroun und Togo. *Z. D. Geol. Gesells.*, Berlin, 1937, t. 89, p. 527-549.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La chaîne métamorphique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire

par **Pierre Legoux** [1].

La partie occidentale de la Moyenne Côte d'Ivoire est un pays essentiellement granitique. On y retrouve, au milieu d'un



fond granitogneissique, des lambeaux de roches métamorphiques, qui, à première vue, paraissent isolés les uns des autres, sans continuité.

1. Note présentée à la séance du 2 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

J'ai indiqué sommairement ailleurs[1] les variations de faciès du fond granitique et granitogneissique et les formes magnésiennes curieuses qui en résultent au Nord de la ligne brisée Danané-Man-Duékoué-Guessabo. Un autre faciès, non plus magnésien, mais simplement plus basique que le granite banal, est constitué par un massif de diorite qui s'étend de Danané à Toulépleu, à cheval sur la frontière de Libéria.

A propos de la série magnésienne, je notais, dans la communication citée, l'existence de lambeaux de roches métamorphiques et j'en indiquais les caractères pétrographiques. Je remarquais que ces lambeaux ne semblent pas sensiblement influencés par la nature de la roche magmatique qui les baigne et je les interprétais comme des *formations supracrustales*. Ces observations peuvent également se faire au passage diorite-granite.

Le tracé de la carte géologique de la région située entre le fleuve Nuon, qui forme frontière, et le fleuve Sassandra, fait ressortir une ordonnance remarquable dans la multitude de lambeaux métamorphiques que l'on y rencontre. Il suffit de jeter un coup d'œil sur un croquis à petite échelle (voir fig. jointe) pour rattacher tous ces fragments à un ensemble que nous appellerons la « Chaîne métamorphique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire ».

Cette chaîne, telle que nous pouvons l'observer actuellement, est essentiellement discontinue. La raison en est que nous nous trouvons en présence de formations très profondes qui ont été longuement décapées par l'érosion. Les édifices constitués par de puissants mouvements orogéniques ont été démantelés et rabotés jusqu'à leurs plus lointaines racines ; et ce sont ces racines que nous retrouvons aujourd'hui sous forme de lambeaux flottants, de *roof pendants* sans continuité. Le granite qui les enrobe[2] est un « granite diffus » (au sens d'E. Raguin). C'est vraisemblablement le granite syntectonique qui a pénétré les bases du massif plissé pendant sa surrection, et en a digéré les éléments de proche en proche. C'est pourquoi nous retrouvons ceux-ci discontinus. C'est également pourquoi ce granite, qui porte partout des traces de pressions (souvent assez intenses pour donner localement des structures cataclastiques) mais qui apparaît, au microscope, recristallisé en structure granoblas-

1. *CR. Ac. Sc.*, t. CCX, p. 158, 12 juillet 1937.

2. Nous groupons sous l'expression granite l'ensemble des granites *stricto sensu*, des diorites, plagioclasites quartziques et norites leucocrates qui constituent le « fond granitogneissique ».

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tique, est très constamment orienté parallèlement aux massifs métamorphiques. Cette orientation peut être due aux pressions régnant encore au moment de sa mise en place et de sa solidification. Nous pensons également que leur orientation pourrait être le dernier caractère des terrains cristallophylliens auxquels il s'est substitué par palingénèse. Il devient, dans de pareils cas, difficile de placer une coupure entre les granites et les gneiss.

Cette chaîne métamorphique est aujourd'hui représentée par trois catégories de roches :

1° des roches moins métamorphiques se rattachant sans difficulté aux arkoses métamorphiques connues dans le centre et l'Est de la Côte d'Ivoire, avec leurs formes de bordure plus évoluées : micaschistes et amphibolites fibreuses (lambeau du Sassandra) ; dans la même série (lambeaux de Toulépleu) schistes ferrugineux, actinolitiques, graphitiques ;

2° des roches hautement métamorphiques, formées d'une série quartzitique (quartzites à magnétite, grenat et hypersthène) et d'une série amphibolo-pyroxénique (amphibolites et pyroxénites grenues, avec les formes intermédiaires ; gneiss amphibolo-pyroxéniques) ; l'hypersthène est presque constant ; série quartzitique et série amphibolo-pyroxénique sont associées dans les grands massifs, mais conservent leur individualité propre ;

3° des roches d'injection à faciès rubané, formées de lits généralement amphiboliques pénétrés d'aplite grenatifère ou de plagioclasite (andésinite).

Les formes peu métamorphiques sont localisées aux extrémités connues de la chaîne et font un peu figure d'exceptions. Les quartzites et amphibolo-pyroxénites sont les représentants les plus typiques. Les massifs migmatitiques sont certainement très vastes et intéressent peut-être toute la région, mais nous n'avons marqué comme tels que les affleurements où trame et « ichor » se distinguent encore (adérite) ; ce sont les migmatites les moins refondues, celles où se retrouve la structure originelle.

Si l'on examine de plus près la répartition des roches, on aperçoit, au centre, une prédominance des quartzites. Une véritable chaîne partie de la région de Toulépleu (où l'on trouve des massifs schisteux) est d'abord jalonnée par des lambeaux de quartzite, puis prend forme dans la région de Baourobli (où elle correspond à des reliefs sensibles). Elle se dirige ensuite vers Kengro (sur la route Man Kouibli) et Tiébli (sur la route Man Séguéla). Au Sud-Est dominent les affleurements de pyroxénite.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

De l'autre côté, on retrouve des lambeaux de quartzite beaucoup moins considérables, des amphibolites et un massif de gneiss d'injection.

Dans le Nord-Ouest de la région cartographiée, les quartzites sont bien représentés, mais en petits lambeaux disséminés, ne formant pas de masses ni d'affleurements importants et n'influant pas sur la topographie comme dans le pays de plaine. Les alignements sont nets de la région Gbonné-Gaolé jusqu'à Zagoué-Diané. Ils correspondent à une digitation de la chaîne.

Le principal massif de gneiss d'injection s'étend au Sud-Sud-Est de Man entre les routes de Duékoué et Kouibli. Il comprend une partie sans hypersthène se raccordant au granite banal à microcline et une partie à hypersthène et perthite passant aux formes magmatiques magnésiennes. Deux autres petits massifs, magnésiens, existent à l'Est de Kouibli et au Nord de la digitation.

Ces observations permettent de reconstituer, avec une certaine part d'hypothèse, les processus qui ont présidé à la formation des terrains dans l'état où nous les trouvons actuellement. Ces études de vieux boucliers doivent être placées sous l'égide des géologues scandinaves et finlandais et notamment de Sederholm. Seuls leurs travaux permettent d'interpréter des aires essentiellement granitiques comme l'Ouest de la Côte d'Ivoire.

Nous retrouvons, sous forme de gneiss d'injection, de quartzites, d'amphibolites et de pyroxénites les derniers résidus de terrains très anciens et profondément modifiés. Ces terrains se sont, sous leur forme originelle, déposés à l'état stratifié et horizontal. Le socle qui les portait nous est absolument inconnu ; peut-être en subsiste-t-il des traces quelque part dans le fond granito-gneissique ; mais nous devons renoncer à les identifier ; à la suite de leurs multiples avatars, ces terrains sont devenus méconnaissables.

Cette série comprenait certainement des grès ou des arkoses, probablement ferrugineux, qui ont par la suite donné les quartzites à magnétite. On peut penser que les gneiss d'injection proviennent de roches susceptibles de prendre une structure schisteuse : sédiments plus ou moins argileux ou marneux, dont la plus grande partie a été refondue et s'est incorporée au fond granitique. Peut-être y avait-il des calcaires et dolomies, mais nous n'en retrouvons pas de témoins certains. Quant aux pyroxénites et amphibolites, nous pouvons aussi bien leur attribuer une origine para (calcaires) qu'orthométamorphique. Leur ana-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

lyse chimique conduit à des paramètres de gabbro noritique et nous pensons y voir l'indication d'une origine magmatique. Nous pouvons donc imaginer un complexe horizontal d'assises sédimentaires et de formations volcaniques (basaltes, dolérites et peut-être tufs), dans le détail duquel il est impossible d'entrer.

Cet ensemble a été pris dans les plissements des Saharides et violemment redressé. Il a constitué d'imposantes chaînes de montagnes dont on retrouve les traces un peu partout en Afrique occidentale. Dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire, l'érosion consécutive à une très longue émersion [le socle granito-gneissique était déjà pénéplanisé en Afrique occidentale sur d'importantes surfaces au moment du dépôt de la base (cambro-ordovicienne?) des *Grès horizontaux*] a rasé ces montagnes jusqu'à leurs plus profondes racines et ce sont celles-ci que nous avons essayé de scruter pour reconstituer dans leur ampleur les grandioses phénomènes disparus.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les Foraminifères du Valanginien provençal,

par **J. Pfender**[1].

Planches XIII, XIV, XV et XVI.

On sait que les formations du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur, en Basse Provence, présentent à trois niveaux, au Portlandien, au Valanginien et à l'Urgonien, des calcaires blancs massifs, souvent oolithiques, généralement pauvres en fossiles, sinon en sections de Rudistes le plus fréquemment indéterminables.

Leur étude micropaléontologique est donc particulièrement indiquée pour essayer de les différencier, car ces calcaires occupent de vastes étendues, sur de grandes épaisseurs, dans la région entre Marseille et Toulon.

Les organismes dont il va être question n'ont pu être étudiés qu'en lames minces ; ils sont en effet non seulement indégageables de la roche où ils se trouvent, mais pas même visibles à sa surface, leur dimension étant de l'ordre du millimètre ; à moins, peut-être, de s'astreindre à polir les centaines d'échantillons recueillis.

Cependant l'abondance des sections orientées au hasard, c'est-à-dire dans tous les sens, permet de reconnaître des caractères principaux qui ne laissent place à aucun doute quant à leur attribution à tel ou tel genre de Foraminifères, lorsque ceux-ci ont été déjà figurés convenablement par d'autres auteurs ; à ce propos, il serait à souhaiter que l'on ne manquât jamais d'en fournir de nombreuses coupes, même non centrées, qui sont plus parlantes, en définitive, et non moins caractéristiques, que la forme extérieure de la coquille ; car il est plutôt rare de trouver celle-ci isolée, tandis que, dans une carotte de sondage par exemple, les sections peuvent être assez abondantes pour permettre de déterminer l'âge du terrain rencontré.

Prenant comme type un calcaire recueilli dans une coupe stratigraphique où le niveau est certain, on peut, une fois sa microfaune reconnue, s'en servir pour déterminer l'âge de calcaires analogues, dont la position stratigraphique ou la situation tectonique ne sont pas évidentes.

1. Note présentée à la séance du 2 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Voici la coupe classique, constante dans la région marseillaise, où j'ai pris le type du calcaire Valanginien :

Aptien marneux à Belemnites (Gargasien);
Aptien à silex et à Ammonites (Bedoulien);
Calcaires blancs urgoniens ;
Hauterivien à *Toxaster* et *Exogyra* ;
Calcaires blancs valanginiens;
Marnes vertes ou blêmes azoïques avec bancs calcaires intercalés ;
Calcaires blancs portlandiens ;
Dolomies néojurassiques.

J'ai déjà signalé (1) qu'en lames minces on observe un Foraminifère commun aux trois niveaux calcaires : *Coscinoconus* Leupold ; extrêmement abondant surtout au Portlandien, il ne manque jamais non plus au Valanginien, mais est toutefois plus rare à l'Urgonien qui, en revanche, voit, en Provence, l'apparition des Orbitolines et contient également *Orbitolinopsis* Silvestri.

Les calcaires valanginiens se séparent micrographiquement très nettement de ceux du Portlandien et de l'Urgonien par la présence de trois Foraminifères, décrits bien loin de la France et parfois à d'autres niveaux, mais dont l'association constante peut être considérée comme caractéristique de cette formation, au moins en Basse Provence ; ce sont : *Pseudocyclammina* Yabe et Hanzawa, *Dictyoconus* Blankenhorn, *Eorupertia* Yabe et Hanzawa.

Le premier occupe en Provence environ le même niveau qu'au Japon, d'où il a été décrit d'abord des Calcaires de Torinosu.

Le second, répandu surtout à l'Éocène, a cependant été signalé déjà dans l'Albien inférieur du Texas.

Le troisième n'était connu jusqu'ici que dans le Nummulitique du Japon et de la Galicie occidentale.

1. *Pseudocyclammina lituus.*

C'est un Foraminifère arénacé, utilisant du matériel varié pour édifier sa coquille, comme j'ai pu l'observer par la présence de petites Milioles dans l'épaisseur de sa muraille. D'abord régulièrement enroulées, les loges s'ordonnent ensuite en hauteur, formant une hampe, plus ou moins indiquée (pl. XIII, fig. 1 et 3).

La dimension de cette coquille ne dépasse pas, en Provence,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

3,5 mm de long et n'a souvent que 2 mm en coupe sagittale. Cet ordre de grandeur correspond, d'après le grossissement indiqué pour les figures, à celui de la forme japonaise, et ne s'éloigne guère non plus des mesures données par A. Tobler pour des échantillons du Jura : *Ps. sequana* (2 à 3 mm) et *Ps. personata* (3 à 4 mm). Ces deux dernières espèces ne semblent pas montrer la hampe du dernier tour, si caractéristique de *Ps. lituus*.

Si l'observation, basée sur la similitude des sections et des dimensions, ne peut laisser subsister aucun doute quant à l'attribution des Foraminifères français et japonais au même genre et à la même espèce, la description d'échantillons dégagés vient corroborer cette impression.

Pseudocyclammina lituus, des Calcaires de Torinosu, du Japon, qui sont d'âge jurassico-crétacé, a été décrite d'abord sous le nom de *Cyclammina* par Yokoyama, en 1890 (2), en ces termes : les loges sont arquées, fortement convexes à leur partie dorsale, séparées par des sutures profondément courbes, rayonnant d'un ombilic peu profond ; dans la partie verticale les loges ne changent guère de dimensions. Les septes, aussi bien que les murailles externes, sont extraordinairement développées et laissent proportionellement peu d'espace pour les loges. Elles sont traversées par des canaux très grossiers, plus ou moins recourbés, parfois ramifiés, mais sont cependant recouvertes, dans leur partie périphérique, durant la croissance, par une mince couche de calcaire solide et rugueux ; de sorte que la coquille ne communique avec l'extérieur que par les perforations septales. Yokoyama rapproche cette forme des actuelles *Cyclammina* de Brady (Challenger) et d'*Haplophragmium* ; cette dernière coquille toutefois étant dépourvue de couche externe non perforée.

En 1926, Yabe et Hanzawa (3) reprennent l'étude de ce Foraminifère et le désignent sous le nom de *Pseudocyclammina*, en raison du déroulement du dernier tour de spire. Ils englobent dans ce nouveau genre : *Cyclammina Jaccardi* Schrodt, de l'Astartien du Jura, et *Choffatella cyclamminoïdes* Silvestri du Jurassico-Crétacé de Sumatra, à structure alvéolaire plus fine.

En 1928 enfin, A. Tobler (4) décrit *Pseudocyclammina personata*, du Malm jurassien, qui monte jusqu'au Kimmeridgien inférieur, près de Delémont, et il fait entrer, avec l'avis de Yabe, dans le même genre, *Cyclammina* (*Choffatella*) *sequana* Merian sp. du Jura Bernois, espèce avec laquelle, du reste, il met en synonymie *C. Jaccardi* Schrodt.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'abondance de *Pseudocyclammina lituus* est moindre en Provence qu'au Japon, puisqu'on en peut rencontrer un, deux ou trois exemplaires par lame mince, alors que, à Noguchi, près Salawa, dans la province de Tosa, c'est un véritable calcaire à *Pseudocyclammina* que nous montrent Yabe et Hanzawa (3, pl. II, fig. 7).

J'ajoute que du même calcaire de Torinosu et de la même région, les mêmes auteurs japonais décrivent, dans le même ouvrage, *Choffatella peneropliformis*, autre coquille arénacée aux cloisons très arquées et traversées par de nombreux pores, beaucoup plus petite encore, avec un diamètre de 1, 4 mm.

Cette forme, de structure beaucoup plus grossière que celle de *Spirocyclina* SCHLUMBERGER du même niveau, se rencontre également dans le Jurassico-Crétacé provençal (5).

Cependant, en Provence, *Pseudocyclammina* ne se trouve jamais associée à *Clypeina*, comme c'est le cas dans les Alpes suisses, d'après W. Leupold et W. Maync (5 *a*).

2. *Dictyoconus walnutensis* CARSEY *sp.* 1926.

En 1932, A. Silvestri a montré qu'*Orbitolina walnutensis* CARSEY, de l'Albien inférieur du Texas central, était une variété de *Dictyoconus aegyptiensis* CHAPMANN, décrit en 1900 par cet auteur sous le nom de *Patellina* et provenant d'un plateau calcaire situé entre le Caire et Suez (7). Depuis lors, le genre a été rencontré en maints endroits, en Égypte, aux Indes, etc. (8), mais toujours dans l'Éocène.

J'avais déjà reconnu la présence de *Dictyoconus* dans des préparations faites par G. Steinmann à l'occasion de sa description, en 1899, de *Triploporella Fraasi* et *Neomeris cretacea*, et qui sont conservées tant au laboratoire de Géologie de la Sorbonne qu'à l'Institut géologique de Strasbourg ; elles proviennent d'un calcaire à Caprines du Cénomanien supérieur, du Cerro Escamela, près d'Orizaba, au Mexique.

Le même Foraminifère se trouve en abondance aussi dans un calcaire attribué au Turonien, rapporté du Mexique par J. Chautard, et donné à la Sorbonne. Il porte le nom de la localité de Xiliatl, au N de Xilitla, district de Tancanhuitz, région de San Luis Potosi. Cette localité, au NW, et Orizaba, au SE, se trouvent toutes deux sur le versant sud de la Sierra Madre Oriental, mais à une distance d'environ 400 km l'une de l'autre.

L'abondance, dans le bloc calcaire de Xiliatl, de *Schiozia*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ramosa BOEHM et la présence de *Caprinula* cf. *anguis* ROEMER *sp*, incitent plutôt à le ranger dans le Cénomanien que dans le Turonien ; ce dernier terrain, en effet, dans la région de Xilitla, se compose, d'après Burckhardt (9), de calcaires à Inocerames surmontés par des calcaires à Hippurites.

A. Rivière a trouvé des *Dictyoconus* également dans les préparations de petits galets inclus dans le Cénomanien-Turonien détritique de Sepaieh (Anti-Elbourz), qu'il attribue au Barrémien ou à une partie de l'Aptien-Albien (10). *Dictyoconus* semble bien être ici accompagné de véritables Orbitolines ; l'âge supposé de cette roche en galets est corroboré par la présence d'*Archaeolithothamnium amphiroaeforme* ROTHPL. et *Pseudolithothamnium album* PF., bien qu'en très petits débris. J'ai cru y voir aussi d'assez nombreux fragments d'*Operculina sp.*

La présence du genre *Dictyoconus* dans le Crétacé moyen en Iran est à souligner, étant donné le développement qu'il prendra plus tard, à l'Éocène, au Beloutchistan (8 *c*).

Comme dans le Crétacé moyen du Mexique et de Perse, *Dictyoconus* atteint dans le Valanginien provençal une bien moindre taille qu'à l'Éocène ; ses sections n'ont généralement qu'1 mm de base, avec 1 mm de haut ; elles dessinent souvent un triangle presque isocèle, avec loge initiale au sommet du cône, dont la base est plate. On y observe la couche subcorticale de poutrelles et les loges circulaires empilées, communiquant par des orifices arrondis, disposés en « pomme d'arrosoir », suivant l'expression de M. Henri Douvillé.

Ce Foraminifère finement arénacé pourrait être confondu avec une Orbitoline primitive, en raison de sa forme générale et de sa couche externe subdivisée. Mais, sur une section basale, on aperçoit aussitôt la différence de structure, de même qu'en section verticale l'empilement beaucoup plus irrégulier des logettes de chaque tour ; en outre, la dimension de cette coquille est plus petite encore que celle des premières Orbitolines.

Le colonel L. M. Davies (*loc. cit.*, 8 *c*, p. 499) exprime la possibilité, sinon la probabilité, que *Dictyoconus* soit, avec *Coskinolina* et *Lituonella*, trois formes d'un même type ; on les trouve toujours associées dans l'Éocène de l'Inde. En particulier *Coskinolina* ne serait qu'un *Dictyoconus* à test plus épais par la non-subdivision de la couche extérieure de la coquille.

Ces deux variétés se trouveraient donc ensemble déjà au Crétacé moyen et les figures 5, pl. XIV, 3 (à droite) et 4, pl. XV, seraient référables au genre *Coskinolina*.

Peut-être *Dictyoconus* a-t-il fait son apparition en Provence

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dès le Portlandien, comme dans les calcaires de même âge du Mont-d'Or, près Pontarlier, ainsi que l'a suggéré Silvestri (6 *a*, p. 158), d'après la figure donnée en 1918 par F. Blanchet (11). Cependant, parmi les sections contenues dans les calcaires blancs du sommet de la Croix Faron, dont j'ai parlé ailleurs (5), dans celles du bord de la route du Fort Est de Coudon, près des Dolomies de l'escarpement nord, et de quelques autres endroits, certaines rappellent aussi le Foraminifère du Dogger, *Kilianina Blancheti* Pf. (12). Il est possible que ces deux formes y aient coexisté.

D'autre part, *Dictyoconus* a peut-être vécu encore à l'Urgonien, en Provence, concurremment avec *Orbitolinopsis* et les premières Orbitolines ; mais sa fréquence n'y serait en tout cas pas comparable à celle par laquelle il caractérise le Valanginien de cette région [1].

A. M. Davies, qui a étudié également *D. walnutensis* Carsey du Texas, pense que la forme de Provence ne semble pas s'en écarter suffisamment pour justifier la création d'une espèce nouvelle. Seuls, sa dimension constamment moitié moindre et son âge tellement plus ancien, m'empêchent de la réunir à *Dictyoconus aegyptiensis*.

Dictyoconus walnutensis n'est pas le seul microfossile commun entre la « Glenrose formation » du Texas et le Crétacé inférieur de Provence. Il y a là un fait sur lequel je compte revenir prochainement, à propos d'une algue.

3. *Eorupertia neocomiensis* nov. sp.

Ce Foraminifère est connu jusqu'ici des terrains tertiaires seulement ; le genre en fut décrit en 1922 par Yabe et Hanzava (13 *a*), d'abord sous le nom d'*Uhligina*, d'un tuf nummulitique d'Oki-Mura, puis changé en celui d'*Eorupertia* par ces mêmes auteurs, en 1925 (13 *b*). Il n'a encore été cité que dans l'Éocène du Japon et de la Galicie occidentale.

Les figures cependant, comme la structure de la coquille décrite, correspondent au Foraminifère du Valanginien provençal. Celui-ci toutefois est d'une dimension moitié moindre que celle d'*Eorupertia boninensis* de l'Éocène : 3 mm de hauteur pour celle-ci, contre 1,5 mm pour celle-là.

1. Dans la Collection Schlumberger, à la Sorbonne, la préparation d'un « calcaire crétacé du Frioul (envoi de M. Boehm) » montre l'association de *Dictyoconus* et d'*Orbitolina* (boîte XXI).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il s'agit d'une forme en spirale lâche, dont les tours peu nombreux, trois généralement, sont constitués par des loges relativement grandes et qui vont en croissant de taille. La paroi extérieure est mince tandis qu'elles s'enroulent autour d'un axe fortement épaissi. Les cloisons sont en forme de massue ou légèrement recourbées, constituées par une double lamelle ; mais leur structure fibreuse est le plus souvent noyée dans une fine granulation qui envahit tout le test, comme cela semble être le cas également sur la plupart des photographies données par les auteurs japonais.

Une longue fente constitue l'ouverture de la coquille, du côté interne de chaque tour.

Une caractéristique de ce Foraminifère est l'aspect intensément « guilloché » de sa muraille, bien visible en coupe tangentielle (pl. XVI, 7).

N'ayant pas le fossile dégagé on ne peut savoir s'il s'agit d'un *canal system* ou de piliers dans le test qui croît en épaisseur autour des plus anciennes loges. Mais ce guillochage ne se rencontre dans aucun autre genre avant *Carpenteria* ou encore *Calcarina Spengleri* du Tertiaire de Taïwan. C'est ce que les auteurs de langue anglaise nomment un tissu supplémentaire avec *labyrintics canals*.

Ce Foraminifère très particulier abonde dans les lames minces du Valanginien provençal et l'on ne peut qu'être frappé de la ressemblance qui existe entre la figuration de ses sections donnée ici pl. XVI et celle de l'ouvrage japonais (13 *a*, pl. XII).

Pourtant la dimension constamment moitié moindre et l'âge beaucoup plus ancien de cette coquille en Provence m'incitent à la désigner sous le nom d'*Eorupertia neocomiensis* nov. sp.

Outre ces trois formes principales des calcaires valanginiens provençaux, on y rencontre avec autant de constance, avec aussi *Coscinoconus* Leupold, trois autres organismes si petits et si énigmatiques qu'il faut se contenter pour le moment de les figurer, sans leur appliquer de dénomination.

Leur présence est cependant si caractéristique du niveau des Calcaires blancs du Valanginien qu'elle équivaut à une signature.

L'un de ces micro-organismes pourrait rappeler la configuration d'un *Dictyoconus*, par sa forme conique, composée de rangées superposées et cloisonnées ; mais aucune section ne fournit de loge initiale. Ce cône cloisonné doit cependant appartenir à un Foraminifère ; une section comparable, mais de bien plus grande dimension, se trouve dans les calcaires à *Dictyoconus* de Xiliatl (pl. XV, fig. 4).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Un second organisme est le compagnon si fidèle du premier (pl. XIV, fig. 6) qu'on voudrait l'envisager comme sa section basale ; mais leurs dimensions ne s'accordent pas suffisamment pour étayer cette interprétation. Il se présente toujours en section arrondie ou ovalaire, avec deux rangées de cloisons dont la jonction se fait au milieu, suivant une ligne foncée de même nature que le tour extérieur. L'aspect en est constamment identique. Il s'agit peut-être ici encore de la forme primitive d'un Foraminifère qui évoluera ultérieurement, dans le sens d'une Cuneoline, par exemple.

Le troisième constituant de cette trilogie microscopique est encore plus malaisé à définir car il ne semble se présenter que sous forme de débris : des filaments, de 15 μ d'épaisseur généralement, étroitement juxtaposés en petits paquets épars. Cependant il ne s'agit certainement pas d'une Algue ; je comparerais de préférence ces restes à des débris du test d'un Foraminifère tel que *Technitella legumen* Norman 1878, qui vit actuellement dans les eaux froides ou profondes, et dont la description, donnée par Cushmann (15, p. 78), comme aussi sa figuration (pl. 5, 1 et 2), se rapprochent beaucoup de ce que l'on peut observer dans les préparations du Valanginien provençal. Si les « spicules » externes, entourant une forme en petite bouteille allongée, sont environ de même diamètre (16 μ) chez l'espèce actuelle, la coquille fuselée atteint 1,25 mm de hauteur, d'après la figure reproduite par Cushmann, alors qu'en Provence elle ne dépasse pas 0,5 mm. Mais elle est ici le plus souvent incomplète et l'on ne rencontre guère que des petites bottelées de ces filaments. Certaines sections toutefois semblent montrer l'orifice buccal.

Conclusions.

Nous avons vu que si deux Foraminifères, *Pseudocyclammina lituus* et *Eorupertia neocomiensis*, semblent jusqu'à présent localisés, en Provence, dans le Valanginien, *Dictyoconus walnutensis* pourrait se rencontrer dès le Portlandien et jusque dans l'Urgonien de cette même région. Mais, comme je l'ai déjà constaté (15), le faciès urgonien règne sans discontinuité dans l'E, c'est-à-dire aux environs et au nord de Toulon, à partir des Marnes vertes du Valanginien inférieur, jusqu'aux calcaires à silex de l'Aptien.

De même *Coscinoconus*, bien qu'en général caractéristique du

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Portlandien et du Valanginien, peut se trouver dès le Bathonien et jusque dans l'Urgonien.

C'est donc par la proportion des organismes plutôt que par leur présence, que peut s'établir une échelle grossièrement graduée, entre le Portlandien et l'Aptien.

Il n'en reste pas moins que le Valanginien se reconnaît en ceci qu'il réunit les trois Foraminifères dont il vient d'être question, auxquels s'adjoignent *Coscinoconus* et la trilogie microscopique, ce qui ne se produit jamais dans le Portlandien ni l'Urgonien.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

1. J. Pfender. Sur la répartition stratigraphique de *Coscinoconus* Leupold, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, n° 12, 22 juin 1936.

2. N. Yokoyama *in* E. Naumann et M. Neumayr. Zur Geologie und Palaeontologie von Japan, *Denkschr. K. Akad. Wiss. Math.-Nat. Cl.*, vol. LVII, 1890, p. 26, pl. V, fig. 7.

3. H. Yabe et S. Hanzawa. *Choffatella* Schlumberger and *Pseudocyclammina*, a new genus of arenaceous Foraminifera, *The Sc. Rep. Tôhoku imp. univ.*, Sendai, 2e sér., vol. IX, n° 1, 1926, p. 9, pl. II.

4. A. Tobler. Uber *Pseudocyclammina* und *Choffatella* im Schweizerischen Juragebirge, *Ecl. Geol. Helv.*, vol. 21, 1928, p. 212, pl. XXIV.

5. J. Pfender. A propos du Purbeckien du SE de la France, *C. R. Soc. géol. Fr.*, n° 12, 21 juin 1937.

5 a. Leupold et Mayne. Das Auftreten von *Choffatella*, *Pseudocyclammina*, *Lovcenipora* und *Clypeina* im alpinen Faziesgebiet. *Eclogae geol. Helv.*, 28, 1935, p. 129-139.

6 a. A. Silvestri. Foraminiferi del Cretaceo della Somalia, *Paleont. Italica*, vol. XXXII (1931), paru en 1932, p. 159.

6 *b*. Id. Revisione di Orbitoline Nordamericane, *Mém. Pont. Accad. Sc. N. Lincei*, vol. XVI, 1932, p. 371, pl. I et II.

7. F. Chapman. On a *Patellina* limestone from Egypt, *Geol. Mag.*, Dec IV, vol. VII, 1900, p. 11, pl. II.

8 a. Ch. Schlumberger et H. Douvillé. Sur deux Foraminifères éocènes *Dictyoconus egyptiensis* Chapm. et *Lituonella Roberti* nov. gen. et sp., *Bull. Soc. géol. France*, 4e sér., t. V, 1905, p. 291, pl. IX.

8 *b*. J. Cuvillier. Révision du Nummulitique Égyptien, *Mém. Inst. d'Égypte*, t. 16, 1930.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

8 c. L. M. Davies. The genus *Dictyoconus* and its allies, *Transac. R. Soc. Edinburgh*, vol. LVI, Part II, n° 20, 1930, p. 73, pl. I et II.

9. C. Burckhardt. Étude synthétique sur le Mésozoïque mexicain, 2e part., *Mém. Soc. paléont. suisse*, vol. L, 1930-31, p. 217 (Turonien).

10. A. Rivière. Contribution à l'étude géologique de l'Anti-Elbourz, *Bull. Soc. géol. France*, 5e sér., t. VI, 1936, p. 280.

11. F. Blanchet. Étude micrographique des Calcaires urgoniens, *Ann. Univ. Grenoble*, t. XXIX, n° 3, 1917, pl. II, fig. 1.

12. J. Pfender. Sur un Foraminifère nouveau du Bathonien des Montagnes d'Escreins (Hautes-Alpes), *Kilianina Blancheti* nov. gen. et sp., *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, t. XVIII, 1934-35 (paru en 1936) p. 125.

13 a. H. Yabe et S. Hanzawa. *Uhligina*, a new type of Foraminifera found in the Eocene of Japan and West Galicia, *Japan. journ. of geol. and geogr.*, vol. I, n° 2, 1922, p. 71, pl. XII.

13 *b*. Id. Nummulitic rocks of the islands of Amakusa (Kyûshû, Japan), *The Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ.*, Sendai, 2e sér., vol. VII, n° 3, 1925, p. 77, note infrapaginale 5.

14. J. Cushman. Foraminifera, 1928.

15. J. Pfender. Les gisements de Cénomanien à Alvéolines en Basse Provence. *Bull. Soc. Géol. France*, 5e sér., t. IV, 1934, p. 466, note infrapaginale.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DES PLANCHES XIII, XIV, XV ET XVI

PLANCHE XIII

Valanginien provençal.

Pseudocyclammina lituus (YOKOYAMA sp.) YABE et HANZAWA.

FIG. 1. — Vallon de Valtrède, près de la Bastide Blanche (Nerthe) (× 22).
FIG. 2. — Même provenance ; (× 40).
FIG. 3. — SE d'Ensuès (Nerthe) (× 22).
FIG. 4. — Col de Sugiton, entre la calanque du même nom et celle de Morgiou (S de Marseille) (× 35)
(Échantillon recueilli par G. Denizot et considéré comme type de Valanginien, en raison de sa subordination aux Marnes à *Toxaster complanatus*).
FIG. 5. — Chapeau de Garlaban, sur Aubagne, (× 40).

PLANCHE XIV

Valanginien provençal.

FIG. 1. — *Dictyoconus walnutensis* CARSEY, coupe oblique (× 40), N du Four à chaux, hauts plateaux du nord de Toulon.
FIG. 2. — *Idem*, coupe oblique (× 40).
FIG. 3. — *Idem*, coupe basale (× 40). Au-dessus de la nouvelle carrière de Tourris, au N de Toulon.
FIG. 4. — *Idem*, coupe verticale (× 40). Couches inférieures des barres qui limitent les 4 Confronts vers l'W ; N de Toulon.
FIG. 5. — *Coskinolina*, forme dont l'épiderme n'est pas subdivisé (× 40).
W cote 632, chemin de Siou blanc, N de Toulon.
FIG. 6. — Deux organismes caractéristiques du Valanginien, le cône pouvant être attribué à un jeune *Dictyoconus* ou *Coskinolina* (voir pl. XV, fig. 4) ; l'autre à *Cuneolina* (?) dont l'épanouissement commence au Cénomanien (× 120).
Plateau de Garlaban, entre la butte des Pinsots et le Plan de l'Aigle.
FIG. 7. — Filaments pouvant être attribués à la couche externe spiculaire de *Technitella legumen Norman* (?) (× 120).
Les Baumettes, chemin de la calanque de Sormiou, S de Marseille.

PLANCHE XV

Dictyoconus walnutensis CARSEY, *Mexique*, *Perse*, *Provence*.

FIG. 1, 2 (× 40), 3. — l'échantillon de droite serait la forme *Coskinolina* (× 30).
— Cerro Escamela, près Orizaba, Mexique. Cénomanien supérieur.
FIG. 4 *Dictyoconus* (à × 40), 5 et 6 *Coskinolina* (à × 50). — Xiliatl, N de Xilitla, district de Tancanhuitz, Mexique. Cénomanien probable.
FIG. 7. — (× 40) ; Sepaïeh (Anti-Elbourz), Perse. Aptien-Albien.
FIG. 8. — (× 40) ; N des Olivières s/Tourris, N de Toulon. Valanginien.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

PLANCHE XVI

Valanginien provençal.

Eorupertia neocomiensis nov. sp.

Grossissement : (× 40).

FIG. 1. — N du Four à chaux, hauts plateaux du nord de Toulon.
FIG. 2. — Nouvelle carrière de Tourris, N de Toulon.
FIG. 3. — Carrefour des 2 pins (Tourris).
FIG. 4. — S de Tourris ; couches plus élevées que la barre, entre Tourris et celle-ci, qui est intercalée dans les Marnes vertes infravalanginiennes.
FIG. 5. — Point culminant au S du sommet allongé (cote 701, 2) reposant sur les Marnes vertes, entre Siou blanc à l'E et Roucas Traouca à l'W. Hauts plateaux au N de Toulon.
FIG. 6. — Couches inférieures des barres qui limitent les 4 Confronts vers l'W. N de Toulon.
FIG. 7. — NW de la cote 632, 0. Chemin de Siou blanc, NW des 4 Confronts. Au-dessus des Marnes vertes à *Natica Levialhan*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur l'age relatif de quelques types de joints des terrains paléozoïques de la Belgique

par **P. Fourmarier**[1].

On sait que les roches sédimentaires cohérentes sont divisées par des joints indépendants de la stratification : on les rapporte habituellement à deux types : d'une part, la schistosité ou clivage schisteux, et d'autre part, les diaclases ; leur caractère commun est de n'avoir pas de rejet appréciable. Tous deux résultent en dernière analyse des efforts de compression auxquels les roches ont été soumises, bien qu'il y ait une différence profonde dans les conditions nécessaires à la production des joints de l'un ou de l'autre type.

Les géologues savent par l'observation directe de la Nature que les diaclases se rencontrent non seulement dans les terrains plissés mais aussi dans les séries horizontales dont les roches ont subi au moins un commencement de lapidification ; la schistosité, au contraire, se développe seulement dans les roches plissées, à condition que leur déformation ait été réalisée sous une charge statique correspondant à 5 à 6.000 m. de sédiments au moins, pour autant que l'écrasement ne soit pas trop considérable.

Cette observation est conforme, d'ailleurs, aux résultats des recherches expérimentales ; la théorie de l'élasticité indique que, sous faible charge, la matière comprimée se brise suivant des joints comparables aux diaclases ; sous charge suffisante, au contraire, ses éléments s'arrangent plastiquement comme dans les roches affectées par la schistosité lorsque celle-ci atteint son maximum de développement.

Dans ces conditions, il semble acquis *a priori* que les diaclases doivent se former avant la schistosité puisque ni le plissement, ni la charge statique ne sont nécessaires ; il suffit que les roches acquièrent une certaine cohérence. Or, on sait que la lapidification ou diagenèse se réalise souvent très tôt après la sédimentation ; les éléments remaniés des brèches sédimentaires intercalés dans nombre de formations en font foi.

Dans les séries plissées, les bancs de grès et de calcaire sont

1. Note présentée à la séance du 26 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

divisés en blocs d'allure prismatique par un réseau de diaclases normales ou à peu près, à la stratification.

Si l'on suppose les couches ramenées dans leur position horizontale originelle, on constate que les joints principaux, dans un espace restreint, sont disposés suivant des directions relativement constantes quelle que soit l'allure actuelle des couches, qu'il s'agisse de l'un ou de l'autre flanc d'un pli ou même d'un point pris sur la charnière. On voit, dans cette observation, la preuve de l'antériorité des diaclases par rapport au plissement et, par conséquent, à la schistosité.

Je rappellerai à ce sujet une constatation de MM. H. Cloos et H. Martin[1]; dans un pli anticlinal, une direction de diaclase possède un remplissage de quartz, de sorte que la roche est traversée par une série de filonnets; ceux-ci sont recoupés et rejetés par les plans de stratification qui ont été des surfaces de glissement comme l'indique la présence de stries. Les mêmes auteurs établissent que la schistosité des intercalations argileuses est contemporaine du plissement.

J'ai, d'autre part, montré[2] que les blocs délimités par des diaclases peuvent être déplacés lors de la production de la schistosité; j'en ai trouvé des exemples très typiques en Angleterre (North Devon) et dans les Appalaches.

On sait aussi que dans le Cambrien très laminé de l'Ardenne, des bancs de quartzite ont pris la structure en amandes par suite de l'étirement des fragments rocheux compris entre les diaclases parallèles; dans un cas semblable, il est incontestable que les diaclases existaient au moment où s'est produit le plissement avec laminage de la matière.

Le phénomène du « boudinage » sur lequel l'attention a été attirée tout d'abord par l'étude du Dévonien de l'Ardenne, est aussi le résultat d'un étirement partiel sur des bancs divisés par un réseau de diaclases forcément antérieur aux efforts tangentiels et par conséquent à la schistosité.

Dans les terrains plissés de l'Ardenne, le réseau des diaclases est spécialement bien développé dans les bancs de grès et de calcaire. Les roches argileuses (schistes et phyllades), qu'elles présentent ou non la schistosité, sont aussi, en maints endroits,

1. H. Cloos et H. Martin. Der Gauf einer Falte. *Fortschritte der Geologie und Paleontologie*, Bd. XI, Heft 33, pp. 74-88.

2. P. Fourmarier. Un exemple typique de diaclases remaniées par le développement de la schistosité. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. LIX, *Bull.* 1936, pp. 206-210.

P. Fourmarier. Essai sur la distribution, l'allure et la genèse du clivage schisteux dans les Appalaches. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. LX, *Mém.* 1936, pp. 99-131.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

traversées par des joints sensiblement verticaux, normaux à la direction des couches et qui, à première vue, peuvent être assimilés aux diaclases des grès et des calcaires.

Cependant, dans son ouvrage sur les ardoises de Pennsylvanie, Ch. J. Behre Jr.[1] décrit les différents types de joints qui coupent ces roches ; il distingue notamment les « joints » qu'il définit comme suit : « Joints in slate, as in other kinds of rock, are fractures that cross the body of the rock for megascopic distances, and along which there has been little or no movement. » Suivant l'opinion de l'auteur, les diaclases semblent s'être produites postérieurement au clivage ; il en donne comme preuve le fait qu'elles coupent le clivage sous n'importe quel angle, ainsi qu'on peut le voir aussi bien en lames minces que dans des échantillons macroscopiques ; d'autre part, examiné en lame mince, le remplissage de calcite d'un joint apparaît comme ayant déformé les paillettes de mica entre lesquelles la calcite s'est d'ailleurs infiltrée.

En présence de cette apparente contradiction, j'ai repris l'étude de la question et j'ai pu noter quelques faits intéressants par les considérations auxquelles ils conduisent.

Le Dévonien des environs de Liége se prête bien à des observations sur ce sujet parce qu'il renferme d'importants niveaux de grès et de calcaires ainsi que des schistes de diverses natures. Les grès sont bien développés dans le Dévonien inférieur où ils alternent avec des schistes souvent grossiers et siliceux ; les calcaires dominent dans la partie supérieure du Dévonien moyen (étage givétien) et à la base du Dévonien supérieur (étage frasnien) ; un niveau de schiste fin surmonte la masse calcaire ; ce sont les schistes de la Famenne qui, par un niveau de psammite en bancs minces (psammites stratoïdes d'Esneux), passe au beau niveau de grès psammitique à grain fin exploité dans de nombreuses carrières des vallées de l'Ourthe, de l'Amblève, du Hoyoux, de la Vesdre.

Dans toute cette partie du pays, la direction moyenne des plis est WSW-ENE.

Les schistes de la Famenne, en outre d'une schistosité plus ou moins développée, sont traversés en de nombreux affleurements par de grands joints parallèles, sensiblement verticaux, dont la direction est voisine du méridien. Ces joints sont espacés de 0 m. 20 à 1 m., parfois 2 m. ; ils sont systématiquement

1. Behre (Ch. J. Jr.). Slate in Pennsylvania. *Pa. Geol. Surv. Bull.* M. 16, 400 p., 1933.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

disposés par rapport à la direction générale du plissement ; on n'observe aucun déplacement appréciable le long de ces fractures.

Il est à noter que les joints de ce type se poursuivent à travers un grand nombre de bancs ; certains d'entre eux se voient sur toute la hauteur d'une tranchée importante ; ils traversent sans déviation les plis quelle que soit l'inclinaison et l'orientation de la charnière ; ils coupent le clivage comme la stratification.

Il n'est pas douteux que l'on se trouve en présence de joints formés alors que le plissement avait pris son aspect définitif et que la schistosité s'était développée dans les bancs aptes à la recevoir, compte tenu de la charge indispensable à sa production.

J'ai fait les mêmes observations dans les psammites stratoïdes qui surmontent ces schistes (assise d'Esneux) dont les bancs très minces se sont prêtés à la production de petits plis des plus typiques.

Ici encore, on observe des joints cisaillant très nettement ces plis et qui leur sont de ce fait postérieurs ; dans ces roches cependant, l'observation peut être poussée plus loin. Indépendamment de ces grands joints, les petits bancs psammitiques sont découpés par des joints normaux à la stratification dont la continuité est beaucoup moindre ; chacun d'eux n'affecte qu'un banc ou un petit nombre de bancs voisins ; ils sont disposés en un réseau plus ou moins régulier permettant le débitage des bancs en petits parallélipipèdes ou petits prismes grossièrement triangulaires ou trapézoïdaux. Lorsqu'un banc présente des variations dans son inclinaison, la disposition de ces joints ne reste pas la même en direction et en inclinaison ; toutefois, si l'on suppose le banc replacé dans sa position horizontale originelle, le réseau apparaît systématiquement disposé suivant deux ou trois directions moyennes dans toute l'étendue du banc. Il ne fait pas de doute que l'on se trouve en présence de joints antérieurs au plissement et dont la position absolue a été modifiée lors du plissement.

La roche envisagée ici apporte ainsi la preuve que les joints d'un même banc rocheux peuvent appartenir à deux périodes distinctes, l'une antérieure, l'autre postérieure au plissement.

Dans les bancs plus épais des niveaux de grès et de calcaire, il est souvent plus difficile de résoudre la question d'âge des joints. Cependant, dans les grès du Dévonien inférieur et du Dévonien supérieur des bords de l'Ourthe, j'ai mesuré, sur les

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

deux flancs d'un même pli, l'orientation des joints normaux à la stratification; j'ai ensuite supposé le banc rétabli dans sa position horizontale originelle; les joints des deux flancs du pli appartiennent alors à un seul réseau analogue dans sa disposition à celui que l'on observe dans des bancs diaclasés dont la disposition première a été à peine modifiée.

Toutefois, à côté de ces joints disposés suivant le réseau originel d'un banc diaclasé, il en existe d'autres faciles à confondre avec les premiers.

Cependant, le doute est levé lorsqu'il s'agit de joints sensiblement verticaux dont l'allure est celle des grands joints qui, dans le voisinage, affectent les séries de nature schisteuse et en cisaillent les plis; ils résultent de la fissuration de la matière postérieurement au plissement.

Il est parfois possible d'établir leur âge relatif en recherchant quelle serait leur disposition dans les bancs supposés ramenés à leur horizontalité primitive. Ils sont alors tout à fait aberrants par rapport au jeu normal des diaclases.

Les observations que je viens de rapporter semblent indiquer que les calcaires et les grès comportent seuls des diaclases datant d'avant le plissement. Les roches argileuses, plus plastiques, sont moins facilement affectées, on le comprend aisément, par les efforts qui provoquent ce type de fissuration. Dans certains cas cependant, il y a doute; dans des schistes rouges, grossiers, assez siliceux, du Dévonien inférieur, j'ai observé des joints rappelant exactement le réseau des diaclases de première formation des bancs de grès voisins. S'agit-il, dans ce cas, d'une fissuration plus récente orientée par les joints préexistants de la roche plus cohérente interstratifiée? S'agit-il, au contraire, de joints de formation hâtive comme dans les grès, je ne pourrais pas le préciser.

Dans les roches phylladeuses du Cambrien de Vielsam, j'ai observé également la présence de grands joints voisins de la verticale, orientés à peu près normalement au plissement et qui sont incontestablement plus récents que le plissement. Le Dévonien inférieur qui borde au Sud le Cambrien de cette région, est traversé par des joints minéralisés sans rejet appréciable; ces filons sont disposés systématiquement suivant une ou deux directions moyennes dont ils s'écartent peu; leur inclinaison est toujours forte, et même, dans la plupart des cas, très proche de la verticale. Si l'on tente de faire tourner les couches pour les ramener à l'horizontale, les filons, en décrivant le même mouvement, prennent des positions tout à fait aberrantes quant à leur

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

direction et surtout à leur inclinaison. On conclut à la postériorité de ces joints par rapport au plissement ; leur aspect même sur le terrain ne laisse aucun doute à cet égard.

Conclusions

L'exposé sommaire que je viens de faire conduit à quelques considérations d'intérêt général quant à l'évolution des roches paléozoïques de l'Ardenne.

J'ai rappelé, dès le début de cette étude, que les diaclases et la schistosité se produisent dans des conditions différentes de milieu. Ces deux types de joints sont la conséquence d'actions tangentielles ; les premières apparaissent dans les zones proches de la surface ; le clivage schisteux, par contre, se produit sous une charge assez grande pour amener la matière à l'état de plasticité et permettre l'arrangement de ses éléments suivant la résultante des sollicitations auxquelles elle est soumise [1]. L'allure des plis, les renflements des charnières démontrent de façon péremptoire cette plasticité de la matière.

Si après s'être déformées plastiquement, les roches sont affectées à nouveau par une fissuration qui rappelle la disposition des diaclases, c'est que les conditions du milieu ont changé. Les efforts tangentiels n'ont pu augmenter puisque le plissement est terminé ; il faut admettre que la nouvelle sollicitation de la matière s'est opérée sous une charge moindre, c'est-à-dire après que l'érosion avait déjà exercé son action de façon sensible sur la zone plissée ; dans ces conditions seulement, une action brisante peut succéder à une action plastique.

Dans des travaux antérieurs [2], j'ai fait observer que, selon toute probabilité l'achèvement de la tectonique se produit lorsque l'érosion a modifié les conditions de sollicitation des masses plissées ; les grands charriages de type cisaillant dont il existe un si bel exemple en Belgique ne peuvent s'expliquer d'autre manière. L'étude des joints du type des diaclases conduit aux mêmes conclusions.

1. Il y a une zone intermédiaire entre celle où n'existent que les diaclases et celle où s'est développée la schistosité proprement dite ; cette zone de transition est caractérisée par le « fracture cleavage » qui se distingue du vrai clivage ou « flow cleavage » en ce sens que la matière ne montre pas d'étirement appréciable suivant les feuillets.

2. Fourmarier, P. Vue d'ensemble sur la géologie de la Belgique. Ses enseignements dans le domaine de la géologie générale. *Ann. Soc. géol. Belg. Mém.*, in-4°, t. VIII, 1933-34.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les joints des roches paléozoïques de Belgique sont à considérer aussi eu égard aux manifestations éruptives qui s'étendent sur une grande surface suivant l'axe de l'Ardenne. Il s'agit, en l'espèce, de différenciations résiduelles d'un grand magma caché en profondeur : pegmatites, aplites, filons de quartz à tourmaline, gîtes cuprifères à gangue silicatée, filons de quartz simple, etc. La mise en place de ces venues a eu une influence considérable sur le développement du métamorphisme de la région. On peut se poser la question de savoir si elles sont antérieures ou postérieures au développement des joints.

Dans les environs de Bastogne où les couches du Dévonien inférieur sont faiblement ondulées, les filons pegmatitiques se rencontrent pour la plupart dans les bancs de grès ; ils correspondent à des diaclases antérieures aux efforts de plissement ; les filons remplissent les vides en fuseau entre les « boudins » des bancs affectés par le phénomène du « boudinage ». D'autre part, M. Stainier[1] a attiré l'attention sur le fait que des filons de quartz appartenant aux mêmes venues sont injectés suivant les joints de clivage.

Ces deux faits mettent en évidence la postériorité de la fixation des différenciations magmatiques par rapport à la production des diaclases et de la schistosité.

Dans le Dévonien qui s'étend au Sud-Est de Vielsalm, les filons de quartz à tourmaline et les filons de quartz à albite se présentent parfois aussi comme le remplissage de diaclases antérieures au plissement, mais ils correspondent aussi à des fractures plus récentes, comme je l'ai indiqué tout à l'heure.

Ces quelques observations suffisent à montrer que les différenciations résiduelles se sont fixées après l'achèvement du plissement voire même après que l'érosion avait fait sentir ses effets de façon déjà sensible sur la région plissée de l'Ardenne.

Il convient d'ajouter une autre remarque relative aux joints postérieurs au plissement, car pour eux la question d'âge peut être plus complexe. On sait que le socle ancien de la Belgique comporte des filons métallifères à minéralisation en zinc et plomb en relation avec le grand champ de fractures qui s'étend sur les deux rives du Rhin et sur une grande partie de l'Europe ; ces filons sont nettement plus jeunes que le plissement et j'ai

1. Stainier, X. Compte rendu de la session extraordinaire de la Société géologique de Belgique à Eupen et à Bastogne. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. XXXV, *Bull.* 1909.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

eesayé de montrer[1] qu'ils datent probablement de la période jurassique. Ces filons ne vont pas sans accidents secondaires ; il est probable que certains grands joints leur sont apparentés, tels ceux que l'on observe dans la vallée de l'Ourthe où l'on a rencontré parfois un peu de minerai de plomb. Ces joints seraient alors plus récents encore que ceux qui renferment les filons éruptifs de l'Ardenne.

On voit ainsi que la production des joints dans les terrains plissés peut correspondre à une série de phases orogéniques et qu'il est souvent difficile de faire la part de chacune d'elles.

1. FOURMARIER, P. Le problème des gisements filoniens de la Belgique. *Rev. Universelle des Mines*, 8e sér., t. X, n° 8, 15 avril 1934.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Glissements sous-marins dans le Crétacé inférieur

par **Jean Goguel**[1].

Planche XVII

Résumé

Exemples de couches très fortement disloquées et plissotées comprises entre des assises régulières et tranquilles. Ceci provient d'un glissement sur le fond de la mer, survenu au moment de la sédimentation, et n'ayant affecté que les assises les plus récemment déposées. Relativement fréquent dans les couches inclinées de deltas, le phénomène peut se produire dans des séries de faciès plus profond.

On trouve parfois, dans une série régulièrement stratifiée, entre des bancs intacts, une couche très fortement disloquée, avec des plissotements aigus, dans des conditions telles qu'il est difficile de faire appel à des mouvements tectoniques.

Une telle couche s'observe dans le lit d'un ravin, à 1 km. 1/2 au Sud-Ouest de Valflaunès (Hérault). Ce point est situé à une centaine de mètres à l'Ouest de la grande faille verticale de Corconne. Les marnes et marno-calcaires du Berriasien s'inclinent légèrement vers l'Ouest et forment le soubassement de la grande masse tabulaire de calcaire miroitant (Valanginien supérieur récifal) qui constitue la montagne de l'Hortus.

Le premier affleurement, situé sur la rive gauche (Est) du ruisseau, est visible sur une longueur de 40 m. (fig. 1 et pl. XVII fig. 2) ; on peut le suivre sur une centaine de mètres vers le Sud, au milieu des broussailles, mais sans que ce prolongement permette aucune observation intéressante.

La couche disloquée, épaisse de 2 m. environ, est formée de marno-calcaires, en surplomb au-dessus de l'assise plus marneuse, sans stratification distincte, sur laquelle ils reposent. Sous cette assise affleure, dans le lit du ruisseau, une dalle calcaire parfaitement plane.

L'assise disloquée est formée de petits bancs épais d'une vingtaine de centimètres, parfaitement nets, et qui sont contournés en tous sens. Lorsqu'on essaie de suivre un de ces bancs, on le voit se replier sur lui-même, devenir vertical et parfois se renverser, et son épaisseur varier assez rapidement, jusqu'à étirement complet. En un point, le banc inférieur forme une sorte de pli en champignon renversé, qui s'est enfoncé dans les marnes sous-jacentes. Il semble que la stratification soit régulière sur la gauche, puis les bancs se redressent, et

1. Note présentée à la séance du 16 mai 1938. Manuscrit remis le 31 mai.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

forment bientôt un petit pli en genou, auquel en succèdent une série d'autres.

En haut de l'escarpement, on aperçoit de petits bancs calcaires, parfaitement réguliers, qui reposent transgressivement sur l'assise disloquée, et paraissent trancher certains des bancs redressés.

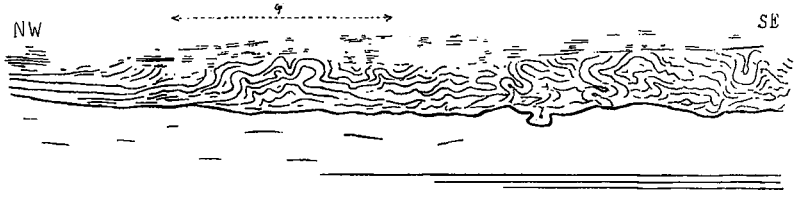


Fig. 1. — Dessin, d'après une photographie, du principal affleurement de la couche disloquée de Valflaunès.
φ : portion représentée par la fig. 2 de la pl. XVII.

La même chose se voit très bien sur la rive droite (pl. XVII, fig. 4), où apparaissent au milieu du lit du ruisseau les bancs ondulés et plus ou moins étirés. Leur épaisseur totale est ici assez faible, entre les petits bancs réguliers sur lesquels ils reposent, et la surface plane, tranchant parfois les couches plissotées, sur laquelle reprend la sédimentation régulière. Sur la rive du ruisseau sont exposés 3 m. environ de marnes finement stratifiées, surmontées de calcaires un peu plus résistants : cet ensemble ne montre pas la moindre dislocation.

Un peu plus au Nord, un tournant du ruisseau permet d'observer un nouvel affleurement de la couche disloquée (pl. XVII, fig. 3), exactement au même niveau stratigraphique, comme il est facile de s'en rendre compte en suivant les assises immédiatement superposées; mais l'aspect est un peu différent : les bancs ne sont plus étirés ni plissés, mais font partie de gros blocs comportant plusieurs bancs restés parallèles, et qui ont été renversés en tous sens, et montrent les pendages les plus variés. Le substratum n'est pas visible, mais sur l'assise disloquée reposent, transgressivement, des bancs calcaires dont les premiers seuls sont un peu lenticulaires.

On s'expliquerait mal qu'un glissement tectonique n'ait affecté qu'une seule couche, des assises voisines beaucoup plus fragiles restant inaltérées. Et une dislocation aussi intime de chacun des bancs de cette couche exigerait des efforts tectoniques très violents, tels qu'on n'en trouve que dans certaines zones très déformées. Cette explication serait donc en contradiction avec l'allure générale de la région.

Il est beaucoup plus vraisemblable de penser qu'au moment du dépôt, un glissement s'est produit sur le fond de la mer, qui n'avait pas besoin d'être très incliné pour cela, affectant les vases les plus récemment déposées. Leur consistance était telle qu'elles ont pu s'étirer, ou au contraire se plissoter, sans la

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

moindre difficulté. Les assises plus anciennes, peut-être légèrement consolidées, n'ont pas participé au mouvement, mais on voit en un point un fragment des couches déplacées se ficher dans le substratum.

Il est possible que nous atteignons la limite de la zone affectée par le glissement, là où nous voyons la stratification redevenir régulière (sur la gauche de l'affleurement principal, représenté par la figure 1). La masse en mouvement est venue se télescoper sur les bancs restés en place.

L'affleurement septentrional correspond au même phénomène, ayant pris une allure un peu différente. Ces blocs, découpés dans la masse récemment déposée, puis glissés et culbutés, établissent une transition à certaines brèches ou fausses-brèches sédimentaires, où des dépôts qui venaient de se former ont été fracturés et remaniés à l'état de débris dans la même formation.

Le fond, sans doute chaotique aussitôt après le glissement, a été égalisé avant que reprenne le dépôt des vases suivantes, qui paraissent ainsi légèrement transgressives.

La paléogéographie ne fournit aucune interprétation de l'inclinaison du fond qui a permis ce glissement : dans toute la région, les dépôts du même âge sont formés de marnes et marno-calcaires à Céphalopodes, aussi bien avant que pendant ou après le glissement.

La même explication est valable pour les contournements de couches que l'on observe le long de la route de Rosans à Serre (Hautes-Alpes), à 6 km. de cette dernière localité, dans le Bédoulien. On est là dans la cuvette synclinale de Rosans, dans laquelle, sur des dizaines de kilomètres, les assises crétacées sont à peine ondulées ; les dislocations tectoniques se sont confinées dans les anticlinaux qui bordent la cuvette synclinale, et y atteignent d'ailleurs une certaine intensité.

Le Bédoulien est représenté par un ensemble de gros bancs de calcaire marneux bleu, séparés par des parties marneuses qui se délitent à l'air. Les bancs calcaires forment des faisceaux, alternant avec des marnes qui atteignent quelques mètres d'épaisseur.

Les contournements de couches sur lesquels nous désirons attirer l'attention se répètent à quatre ou cinq niveaux. La fig. 1, pl. XVII, montre comment, entre deux bancs parfaitement réglés espacés de 3 m., les bancs se recourbent en formant des plis en S sur toute la hauteur disponible. Ces plis sont toujours déversés vers l'Est, ce qui tendrait à faire penser que le glissement s'est fait dans cette direction. Les bancs sont assez peu continus, et quand on essaie de les suivre, on les voit bientôt se rompre ou s'étirer.

Immédiatement au-dessus du banc réglé qui surmonte cet ensemble,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

le même phénomène se répète, sur une épaisseur et avec des caractères comparables. On le retrouve plusieurs fois à quelques dizaines de mètres plus bas.

Comme à Valflaunès, les bancs disloqués, et ceux qui sont restés réguliers, dessus ou dessous, sont formés du même calcaire marneux, qui ne montre pas, à l'œil nu, les signes de dislocation (veinules de calcite, etc.) que la forte courbure des bancs permettrait d'attendre : la dislocation a en effet précédé la consolidation.

Le Bédoulien est connu, avec des caractères assez constants, et les mêmes Céphalopodes, sur de grandes distances tout autour du point considéré : la paléogéographie n'indique aucun changement de profondeur. Tout ce qu'on constate, ce sont des variations d'épaisseur (épaisseur maximum dans la cuvette de Rosans), dues peut-être à une subsidence inégalement rapide : c'est le seul phénomène auquel nous puissions faire appel pour expliquer l'inclinaison du fond sur lequel s'est fait le glissement.

Néanmoins, nous pouvons affirmer qu'il ne s'agit pas d'un phénomène tectonique : une dislocation de cette intensité se serait accompagnée de fractures nombreuses, brèches de faille, surfaces polies, que l'on n'observe nullement. On conçoit mal comment un seul banc aurait pu être préservé d'une façon continue, entre deux zones disloquées.

Cette dislocation ne se serait pas localisée dans un faisceau calcaire : il y a, plus bas, des masses marneuses qui offraient certainement une résistance moindre, et, plus haut, les épaisses marnes noires de l'Aptien supérieur, dans lesquelles un glissement aurait été beaucoup plus facile.

Dans ses belles études sur le bassin de Commentry, Fayol a cité plusieurs exemples de glissements survenus aussitôt après le dépôt, dans des couches de delta déposées sous un angle élevé. En particulier, il a figuré [1] des contournements de schistes houillers très analogues à ceux que nous venons de décrire. Des glissements analogues ont été observés dans ses expériences à échelle réduite.

Ce sont également des couches inclinées de deltas lacustres qui ont donné lieu à la plupart des glissements qui ont causé diverses catastrophes sur les rives des lacs suisses [2]. Néanmoins, dans le glissement qui a détruit vingt maisons de Zoug, la pente

1. Fayol. Études sur le terrain houiller de Commentry. Saint-Étienne, 1887, p. 243 et pl. IX.

2 H. Schardt. Notice sur l'effondrement du quai du Trait de Baye à Montreux. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, vol. XXVIII, n° 109, Lausanne, 1892.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

moyenne n'était que de 4,4 %. Aussi, en se référant à ces glissements, Arnold Heim[1] a, le premier, proposé l'explication que nous avons développée ci-dessus, pour le calcaire lacustre miocène d'Oehningen (Suisse), bien que ce calcaire très finement rubané, à insectes, et dont certains lits sont plissotés, n'évoque guère une formation deltaïque. Le cas du Wildflysch, cité dans le même travail, est beaucoup plus voisin de celui des deltas.

Nos deux exemples, comme celui du calcaire lacustre d'Oehningen, montrent que de tels glissements sous-marins ou sous-lacustres peuvent se produire en dehors des couches inclinées des deltas, sur les fonds relativement peu accidentés de bassins, où les vases peuvent n'avoir pendant un certain temps après leur dépôt qu'une cohésion extrêmement faible. De tels phénomènes, s'ils se produisent actuellement, échappent presque nécessairement à l'observation ; peut-être certaines variations de profondeur, constatées au large des côtes du Nippon au moment de tremblements de terre, leur sont-elles imputables.

Des plissotements analogues à ceux que nous venons de décrire ont été cités dans le calcaire lithographique de Solenhofen[2], dans le Muschelkalk d'Allemagne[3], le Dévonien du Canada[4], l'Ordovicien de Trenton (U. S. A.)[5], et même le Cambrien de Scandinavie[6], et ont été interprétés de la même façon.

F. Sacco a décrit[7] un plissotement très analogue d'une zone marno-schisteuse comprise entre des bancs gréseux très réguliers de l'Aquitanien, dans la vallée de la Bormida, dans l'Italie du Nord. L'explication qu'il propose — l'action de la pression verticale — paraît beaucoup moins vraisemblable que celle développée ci-dessus. Quant aux nombreux plissotements des marnes

1. Arnold Heim. Ueber rezente und fossile subaquatische Rutschungen und deren lithologische Bedeutung. *Neues Jahrbuch für Min. Geol. und Pal.* 1908, Bd II, p. 136-157.

2. A. W. Grabau. Principles of Stratigraphy, New-York, 1913, pp. 780 et 440.

3. Otto M. Reis. Beobachtung ueber Schichten folge und Gesteins ausbildung in der fränkischen Unteren und Mittleren Trias. I. Muschelkalk und Untere Lettenkohle. *Geognostische Jahreshefte* Bd. XXII, 1909, pp. 1-285, pl. I-XI.

4. W. Logan. Geology of Canada. 1863, p. 391.

5. F. Felix Hahn. Untermeerische Gleitung bei Trenton Falls (Nord America) und ihr Verhältniss zu Ähnlichen Störungsbildem. *Neues Jahrb. für Min.* Beilage Bd. XXXVI, pp. 1-41, pl. I-III, 1912.

6. A. Rothpletz. Meine Beobachtungen ueber den Sparagmit und Birikalk am Mjösen in Norwegen-Sitzungsbericht. *K. Akad. der Wissenscha/ten, Math.-Naturw. Klasse*, Bd. XV, 1910, 65 pp.

7. F. Sacco. Impronte e figure fossili di pressione. *Atti della Reale accademia della Scienze di Torino*, vol. LXIII, 25 mars 1928, p. 201 et fig. 6.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plaisanciennes de la même région[1], certains aux moins paraissent avoir la même origine. Le rapprochement suggéré par Sacco avec certains plissotements de gneiss est bien aventureux. Il n'y a pas non plus lieu de mettre en doute la pression du glacier comme cause des ondulations de l'argile de l'amphithéâtre morainique du lac de Côme, décrites par Stoppani.

Citons encore, comme ayant sans doute la même origine : les « broken beds » de la base du Purbeckien, à Lulworth Cove (Angleterre) (il peut s'agir aussi de dissolution de gypse) ; les « conglomérats à stratification brouillée » décrits par Abich dans l'Éocène de Tiflis[2], qui forment deux niveaux distincts et paraissent se rapprocher de la fig. 3, pl. XVII ; des niveaux de brèches argileuses ou de couches plissotées dans la série tertiaire de Kouban, près de Maïkop[3]. F. H. Lakee a signalé des plissotements localisés très analogues aux nôtres dans des couches sableuses carbonifères et pliocènes[4].

Nul doute que si l'attention était attirée sur ces phénomènes, de nombreux exemples ne viennent s'ajouter à cette liste[5].

1. F. Sacco. Sopra alcuni fenomeni stratigrafici osservati nei terreni pliocenici dell'alta valle podana. *Ibid.*, vol. XX, 1885, p. 664.

F. Sacco. Fenomeni stratigrafici osservati nell'Appennino sett. e centri. *Ibid.*, vol. XL, 1904, p. 126 (fig. 76, 90 et 91).

2. Guide des excursions du XVIIe Congrès Géologique, Rostov-Tbilissi, p. 116, Moscou, 1937.

3. *Ibid.* Littoral de la Mer Noire, pp. 91-92.

4. F. H. Lahee. Contemporaneous deformation : a criterion for aqueo-glacial sedimentation. *Jour. of Geol.*, t. 22, n° VIII, 1914, pp. 786-90.

5. Postérieurement à la rédaction de cette note, nous avons observé des contournements très poussés de couches comprises entre des assises tout à fait régulières, dans le Néocomien de la vallée du Verdon, entre Allos et Colmars. La très grande analogie avec les phénomènes décrits ci-dessus nous fait pencher vers la même interprétation, mais ce dernier exemple n'est guère démonstratif, car des actions tectoniques intenses ont certainement été exercées par la nappe du Flysch, au milieu de laquelle le Crétacé apparaît en fenêtre.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVII

1. Route de Serre à Rosans. Ensemble de couches bédouliennes plissotées et comprises entre deux bancs réguliers. Un ensemble analogue se répète vers le haut de la figure.

2. Valflaunès. Portion de l'affleurement principal de la couche disloquée, sur la rive gauche du ruisseau (désignée par φ sur la figure 1 du texte). Les bancs calcaires sont plissotés, entre des marnes non stratifiées à la base et des calcaires en plaquettes horizontaux au sommet de l'escarpement.

3. Valflaunès. Affleurement septentrional de la couche disloquée, divisée en blocs renversés ou roulés, à l'intérieur desquels les bancs restent parallèles. Vers le haut, on retrouve une stratification régulière.

4. Valflaunès. Affleurement de la couche disloquée sur la rive droite, en face de celui représenté par la fig. 2. Remarquer la régularité de la série marneuse surincombante.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Contribution a l'étude géologique du Perche

par **Louis Dangeard**[1].

Nos connaissances sur la géologie du Perche sont dues, pour une large part, à E. Blavier, A. Guillier et P. Bizet. E. Blavier, ingénieur des Mines, connu également pour ses travaux sur la Mayenne et le Maine, a fait paraître en 1840 un ouvrage important, accompagné d'une carte, sur les terrains du département de l'Orne. A. Guillier, qui était conducteur des Ponts et Chaussées au Mans, a tracé, de 1876 à 1880, les contours géologiques des Feuilles de Mortagne et Nogent-le-Rotrou. P. Bizet, conducteur des Ponts et Chaussées à Bellême, élève et ami de Guillier, a étudié les profils de routes et de chemins de fer et publié des observations géologiques de grande valeur. Les fossiles recueillis par Guillier sont conservés au Musée du Mans. La collection Bizet a été donnée au Laboratoire de Géologie de Caen.

Les terrains du Perche sont variés, parfois très riches en fossiles, affectés de failles importantes. Les affleurements sont nombreux, sauf sur les hauts plateaux d'argile à silex et dans les grandes vallées encombrées d'alluvions. Le relief est accidenté : il dépasse 300 m. au Nord du pays (Signal de Champ-Haut 321, Monts d'Amain 309, Forêt de Moulins 305). Souvent la vue s'étend au loin sur un paysage bien dégagé, comme des hauteurs de Mortagne, de Soligni, de Lignerolles, ou encore de l'extrémité ouest de la forêt de Bellême. Aussi l'étude de cette région présente-t-elle un attrait particulier.

On trouve dans un important travail de M. Musset tout ce qui est nécessaire pour bien connaître le relief du Perche, son hydrographie, l'influence des mouvements du sol sur le travail de l'érosion. Une thèse récente de M. Lemée expose la répartition des espèces végétales sur les différents sols.

Ayant achevé en 1937 la révision des contours qui m'était confiée pour la partie médiane de la Feuille Mortagne, c'est-à-dire pour les environs de Sainte-Gauburge, Moulins-la-Marche, et Mortagne[2], j'exposerai ici quelques-uns des résultats obtenus.

1. Note présentée à la séance du 16 mai 1938.

2. Les autres régions sont étudiées par M. Bigot et M. Onfray. Des échanges de vues ont eu lieu naturellement entre les collaborateurs de la Feuille.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'occasion s'offre à moi de remercier ceux qui m'ont aidé au cours du travail de révision. Mon collègue M. Musset m'a aimablement fait part d'observations personnelles. M. Dubourg, ingénieur honoraire du Service vicinal, a mis souvent son automobile à ma disposition et m'a fait profiter de sa grande connaissance du pays. Grâce à son successeur, M. Colin, nous avons pu entreprendre quelques sondages fructueux dans les terrains superficiels. Enfin M. Lemée m'a donné d'intéressants renseignements sur divers sols du Perche et sur les tourbes de la Trappe.

Assise des Carreaux

Bizet a montré l'importance de cette assise qui est située à la base de l'Oxfordien (zone à *P. athleta* Phill.), mais qui contient encore un certain nombre de formes d'affinités calloviennes. La région des Carreaux offre un bon gisement sur le chemin de la Bénarderie et dans la petite excavation voisine. A partir de ce point j'ai suivi l'extension de ce niveau vers l'Ouest et le Nord-Ouest tandis que MM. Bigot et Onfray l'ont étudié dans la partie occidentale de la Feuille (1936).

Le chemin de Jarrier, à l'Ouest de Courtoulin, permet d'observer 10 à 12 m. de couches sableuses jaunes contenant des blocs gréso-calcaires ; on y récolte en abondance *Rhynchonella Thurmanni* Voltz., *Collyrites dorsalis* d'Orb. Les bancs supérieurs sont recouverts directement par les marnes du J^2 qui contiennent de nombreuses Pernes, de sorte que la position stratigraphique est indiscutable.

L'assise des Carreaux peut encore être observée facilement autour de Laleu, de Montchevrel et de Sainte-Scolasse. La petite *Rh. Thurmanni* est partout abondante et forme une véritable lumachelle à Villedieu.

Les relations avec le Callovien sont moins nettes. On sait que cet étage se termine ordinairement dans l'Orne et dans la Sarthe par une couche rouge très fossilifère (zone à *St. conoratum*, « Callovien rouge » des auteurs) dont Bizet a signalé l'existence à Trun, Exmes, Almenèches et aussi au voisinage de Mamers et du Mans. Dans la région intermédiaire, le Callovien rouge ne semble pas connu tandis que l'assise des Carreaux est bien représentée. Il serait donc intéressant de trouver une coupe montrant la superposition des deux assises. Notons que les faciès sableux, les couches rouges et les pseudo-oolites ferrugigineuses indiquent une diminution de profondeur et l'influence

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de courants : on peut s'attendre à des lacunes ou des remaniements.

Faciès du « Corallien » (J^{3b})

Le Corallien, compris entre le « Calcareous-Grit » et le « Calcaire à Astartes », atteint par place 40 m. d'épaisseur. Il comporte des faciès variés : calcaires à Polypiers, à *Diceras*, à Solénopores. Certains niveaux sont riches en Foraminifères (sommet du J^{3b} à Fay) ou en débris de Crinoïdes et piquants d'Oursins (base du J^{3b} à Echauffour).

La répartition de ces faciès est significative. De véritables récifs de Polypiers existent près de Mortagne. L'un deux, situé au Nord de Saint-Langis, atteint 4 à 5 m. d'épaisseur ; il est formé de fins Polypiers rameux entre lesquels on trouve des *Diceras*, des Gastropodes. Des récifs plus petits s'observent aux Gaillons, à Loisé ; autour des Coraux la sédimentation est très variable : sable oolitique non stratifié, traînées argileuses, amas de *Diceras* ; on voit de gros pisolites à Girvanelles, allongés ou aplatis, reposant directement sur le sommet du récif.

Dans d'autres localités on trouve seulement des masses de Coraux alignés dans un banc et dressés en position de croissance. Il en est ainsi autour de Moulins-la-Marche, à Fay, à Saint-Mards-de-Coulonges, au château du Guillet.

Enfin certains gisements contiennent des touffes isolées et parfois basculées, comme à Echauffour.

On peut observer toutes les transitions entre pisolites et oolites. Les pisolites atteignent parfois 2 cm. de diamètre ; ils sont très abondants au voisinage des Coraux, et ont dû être formés à faible profondeur ; ils sont aussi bien représentés au sommet du J^{3b} (Les Gaillons) qu'à la base (Echauffour). Les oolites fines ont été entraînées et accumulées en bancs épais, cimentés ou non, dans lesquels les fossiles sont rares (grande carrière de Moulins-la-Marche).

Il est intéressant de comparer les conditions réalisées sur la bordure du Massif Armoricain (Bénerville, Lisieux, Mortagne, Bellême) à celles qui régnaient à la même époque en Angleterre. Arkell a décrit récemment [1] les récifs d'Oxford dispersés sur un fond de mer peu profonde, assez loin de la côte, comme les récifs actuels du Golfe Persique étudiés autrefois par Darwin.

1. J. Arkell. On the nature, origin, and climatic significance of the coral reefs in the vicinity of Oxford. *Q. J. G. S.*, vol. 91, 193, p. 77.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il s'agit, suggère Arkell, d'un fond de mer en voie de soulèvement, car l'histoire corallienne termine un grand cycle de sédimentation qui commence avec les dépôts argileux du Callovien.

On sait qu'il existe à la butte de Benerville[1] un beau récif, épais de plusieurs mètres, formé par de grandes colonies de *Thamnastraea dendroïdea* Lamouroux, de *Calamophyllia* et d'autres Polypiers. Comme le récif est situé sur un axe anticlinal on peut se demander — simple hypothèse de travail — si sa présence n'est pas liée à la formation d'une ride sous-marine qui, plus tard, se serait accentuée en anticlinal.

Faciès silicifiés du Corallien (J^{3b}) et du Calcaire a astartes (J^4)

Blavier, dans ses Études géologiques sur le département de l'Orne, a signalé le curieux « terrain de Surmont » et montré qu'il contenait une grande quantité de moules de « dicérates », comme certaines couches du « coral-rag ». Bizet a figuré ce terrain sur sa carte géologique du Perche, restée inédite, dont un exemplaire m'a été prêté aimablement par M. Dubourg.

Il y a lieu, en effet, d'attirer l'attention sur la présence dans le bois de Courtoulin, à l'Ouest de la ferme de Surmont, de nombreux témoins silicifiés du J^{3b}, blocs souvent énormes (plusieurs mètres cubes) à moitié enfouis dans le sol : ce sont d'anciens calcaires à *Diceras*, d'anciens calcaires oolitiques, des sortes de jaspes bruns, etc... On a exploité autrefois l'argile qui accompagnait ces blocs. J'ai observé un peu d'argile rouge à la lisière du bois, sur la route des Roncerets : cette argile est accompagnée de galets. La végétation, comme l'a montrée M. Lemée, est silicicole.

On retrouve des blocs analogues, mais moins nombreux, au Sud de la faille de Courgeout, près de la ferme de Boissale : l'abaissement est d'une quarantaine de mètres.

A quelle époque s'est produite la silicification du J^{3b} ? Quelle est la genèse de l'argile ? Diverses raisons me conduisent à penser qu'il s'est formé, antérieurement au Cénomanien, une argile de décalcification, sorte d'argile à silex, et que la surface antécénomanienne est conservée, par place, au Nord et à l'Ouest de Mortagne, grâce à une couverture argileuse et siliceuse.

En effet, le J^4 présente un phénomène analogue près de Saint-Mards-de-Coulonges et *ses plaquettes silicifiées passent*

1. A. Bigot. Normandie. *Congrès géol. int.*, 1900, livret-guide, IX, coupe p. 35.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sous la « glauconie de base ». M. Dubourg m'avait signalé la présence au Tremblay, près Saint-Mards-de-Coulonges, de blocs aplatis très durs dont il avait tiré parti pour l'empierrement des routes : on observe, dans un chemin creux, de la cote 200 à la cote 205 environ, du Calcaire à Astartes à faciès normal, puis des plaquettes siliceuses noirâtres ou violacées, remplies de Lamellibranches, et enfin la glauconie ; dans le champ voisin, chaque trou creusé à travers la glauconie rencontre une carapace siliceuse formée de dalles plus ou moins grandes montrant de nombreuses sections de Lamellibranches.

Il existe des blocs siliceux analogues à l'Ouest du Tremblay, près de Vohezon, et au Sud, près de Fresnay : en ce dernier point les blocs sont très fossilifères ; ils sont parfois de couleur blonde et sont accompagnés de galets,

Poches de glauconie. Transgression crétacée

J'ai déjà montré (1936) que la glauconie était parfois conservée dans les cavités du Jurassique, loin de tout affleurement cénomanien. J'ai pu faire, en 1937, de nouvelles observations à ce sujet. Il existe des poches de glauconie dans le Calcaire corallien à Sainte-Céronne, à Saint-Hilaire-le-Châtel, à Fay, au château du Guillet, etc... J'incline à croire que certaines de ces poches sont dues au creusement des calcaires jurassiques compacts pendant la période d'émersion antécénomanienne : ce seraient des sortes de cavités karstiques qui auraient été comblées par des argiles diverses et par la glauconie de base du Cénomanien.

La surface sur laquelle repose le Crétacé est parfois, au contraire, une plate-forme d'abrasion marine : près de Nocé (feuille Nogent-le-Rotrou, partie nord-est) on voit un banc de calcaire gréseux du J^4 terminé par une surface durcie et perforée, dont les trous de Mollusques lithophages sont remplis par la glauconie.

Il existe aux environs de Mortagne des traînées de galets qui reposent sur le J^4 ou sur le J^{3b}, à une grande altitude, comme au voisinage de l'anticlinal de Courtoulin, et qui sont peut-être en rapport avec la pénéplaine antécénomanienne. Ils se distinguent des sables jaunes et des petits galets que l'on trouve parfois au sommet du J^4.

On sait depuis longtemps (Puillon-Boblaye, Blavier, Dollfus, Marcel Bertrand, etc...) que le Cénomanien transgressif repose sur divers terrains jurassiques et qu'il présente des plissements

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

moins accusés que les terrains antérieurs. Avant l'arrivée de la mer crétacée, les couches jurassiques ont subi une forte inclinaison vers l'Est et des ondulations multiples, elles ont été soumises à une dénudation intense accompagnée de phénomènes de silicification. La surface continentale ainsi formée a été conservée, avec ses dépôts spéciaux, ou transformée en plate-forme d'abrasion marine.

Base des « Sables du Perche » (C^5)

J'ai observé le passage des Sables du Perche à la « Craie glauconieuse » (C^4) dans une carrière abandonnée, au bord de la route de Loisé à Saint-Mard-de-Reno : au milieu des sables apparaissent des blocs irréguliers de calcaire gréseux (sorte de mollasse), épais de quelques centimètres à 10 cm. ; quelques-uns contiennent des spicules d'Éponges ou des Ostracodes. Le sable qui les entoure est lui-même calcaire et passe vers le bas à une craie détritique. La glauconie est abondante partout.

J'ai recueilli côte à côte dans ce gisement : *Acanthoceras rothomageuse* Lamk. et *Rhynchonella compressa* Lamk.

Dans le bois voisin affleurent de curieux sables rouge-brique, à grains très roulés.

A la Chapelle-Montligeon on exploite, sous la masse puissante des sables, de gros bancs calcaires irréguliers.

Extension des plaquettes a spicules (C^5)

Les sables du Perche contiennent des plaquettes siliceuses très riches en spicules d'Éponges, conservés à l'état d'opale (L. D. 1937). J'ai cherché à déterminer l'extension verticale et horizontale de ces intéressants faciès. Près de Soligni, les deux petits bancs siliceux discontinus, observés tout d'abord, sont situés près de la base des sables ; à la Butte, sur la route de Saint-Mard-de-Reno à Longni, j'ai trouvé un niveau de plaquettes à 15 m. au-dessus de la base ; il existe un niveau plus élevé sur la route de Villiers (ces deux niveaux sont indiqués sur la coupe, fig. 1). Enfin, à Prépotin, on observe plusieurs petits bancs au sommet du C^5.

Les gisements reconnus, au nombre d'une douzaine, s'étendent sur une vingtaine de kilomètres du Nord au Sud, depuis la Trappe jusqu'à la Chapelle-Montligeon (voir carte). Les pla-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

quettes atteignent 5 cm. d'épaisseur, elles montrent parfois des valves d'Ostracodes ; le sable blanc qui les entoure contient des spicules altérés.

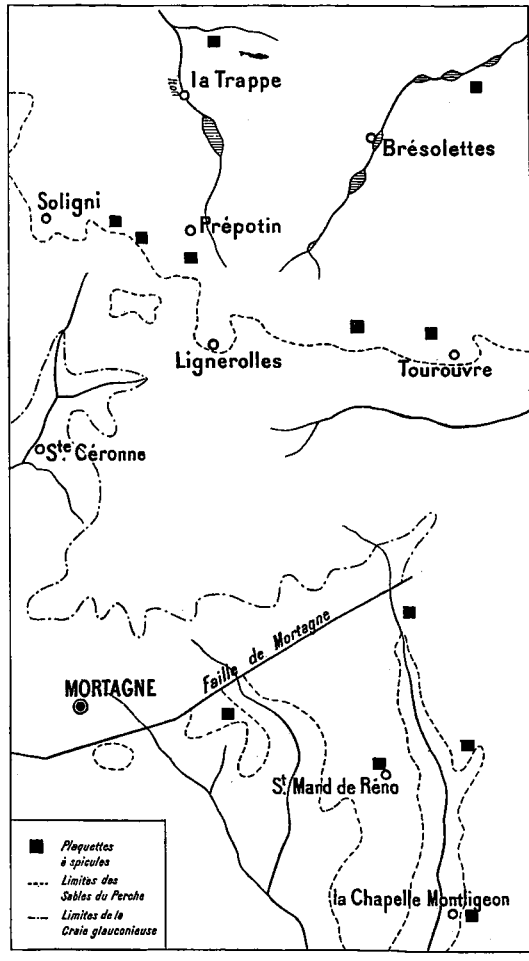


FIG. 1. — Extension des plaquettes à spicules (C^5).

J'ai soumis quelques échantillons à l'examen de M. Moret qui a reconnu un véritable magma de spicules appartenant à tous les groupes : Lithistides, Monactinellides, Tetractinellides, Hexactinellides.

Malgré la faible profondeur de la mer, il existait de grandes étendues sous-marines couvertes d'Éponges siliceuses ; après la mort des organismes, les spicules ont été dispersés et mélangés

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les uns aux autres, au voisinage de leur gisement primitif. Après le dépôt du C^4, le milieu a continué d'être favorable à la vie des Eponges, chaque fois que les courants n'apportaient pas trop de sables et de graviers. Les nombreux niveaux de plaquettes siliceuses qui ont été repérés indiquent autant d'épisodes tranquilles, pendant lesquels il se formait de la craie micacée à spicules, dont les spicules seuls nous ont été conservés.

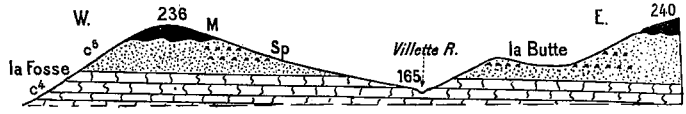


Fig. 2. — Coupe au Nord de Saint-Mard-de-Reno.
Échelle des longueurs, 1 : 26.500; hauteurs, 1 : 4.000.
C^4, Craie glauconieuse. C^5, Sables du Perche. M, Argile à silex. On a figuré deux niveaux de plaquettes à spicules (Sp) dans les Sables du Perche.

Bizet considère que dans beaucoup de collines du Perche les sables ne sont pas en place, mais ont été l'objet d'un « remaniement énergique ». A mon avis, il ne faut pas exagérer l'importance des remaniements : évidemment la partie supérieure des sables est souvent ravinée par des dépôts tertiaires ; cependant, chaque fois qu'ils contiennent les petits bancs horizontaux de plaquettes à spicules, on peut affirmer qu'ils sont en place. C'est le cas des sables qui affleurent dans la vallée supérieure de l'Iton, autour de Prépotin et de la Trappe, et dans la haute vallée de l'Avre près de Brésolettes. Ces sables n'étaient pas figurés sur la carte.

Argile a silex sur la Craie glauconieuse

L'Argile à silex est ordinairement très épaisse sur les plateaux du Perche où elle s'est formée aux dépens de la craie turonienne.

Entre Mortagne et la forêt de Bellême, s'étend une vaste région formée de Craie glauconieuse cénomanienne qui, en quelques points seulement, est surmontée d'argile à silex typique. Ordinairement, on observe en tranchée une roche jaunâtre, poreuse, décalcifiée, et la craie normale se montre à faible profondeur. Par exception, la tuilerie de Chanceaux, entre Saint-Jouin-de-Blavou et le Pin-la-Garenne, seule tuilerie en activité dans la région que j'ai parcourue, offre une coupe différente : on y exploite une argile panachée, brune, rougeâtre ou verdâtre, épaisse de 1 m. à 1 m. 50, et reposant sur une couche argilo-sableuse. L'argile est parsemée de silex décolorés, opa-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

lescents ; elle contient des grains de glauconie et des spicules d'Éponges en opale. J'ai trouvé dans la couche inférieure un échantillon d'*Exogyra plicatilis* ROEMER.

Une tranchée profonde dans le bois des Brosses, près de Saint-Denis-sur-Huine, laisse apercevoir une argile jaune ou rougeâtre enrobant des silex cénomaniens.

Nous sommes donc en présence de quelques témoins d'une véritable argile à silex, formée aux dépens du C^4. Il en existe quelques autres au Nord de Mortagne, dont l'un, très étendu, dans la région de Bois Guillaume.

Je laisse de côté le substratum des forêts de Moulins et de Saint-Evroult qui demanderait une étude particulière, car il contient des formations sableuses énigmatiques.

FAILLES, AXES TECTONIQUES

On connaît depuis longtemps une série de failles qui traversent une partie de la feuille et disparaissent sous les plateaux du Perche. Ce sont, du Nord au Sud, les failles du Merlerault, de Moulins-la-Marche, de Mortagne, de Colonard.

La première passe au Sud d'Echauffour et se prolonge jusqu'au ruisseau de Livet, affluent de la Rile ; elle est bien marquée au Hamel, où sont en contact les sables jaunes du J^4 et la craie du C^4, anciennement exploitée en marnière ; à l'Est de ce point, elle est jalonnée par les sources importantes de Ville Pelée.

La faille de Moulins paraît se prolonger, au delà de la Ferrière-au-Doyen, sous la forêt de Bonsmoulins, en exerçant une influence sur le partage des eaux qui vont à l'Iton ou à la Rile.

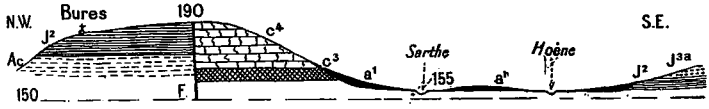


FIG. 3. — Coupe passant par le village de Bures. Échelle des longueurs, 1 : 26.500, hauteur, 1 : 2.000. Ac, Assise des Carreaux. J^3, marnes oxfordiennes. J^{3a}, Calcareous Grit. C^3, Glauconie. C^4, Craie glauconieuse. a^1, Alluvions.

Nous avons montré par ailleurs (1937, 2) que la *faille de Mortagne se résolvait en un véritable champ de fractures de part et d'autre de l'axe anticlinal de Courtoulin.* Les failles de Bures-Champeaux et des Quatre-Vents seront indiquées sur la nouvelle édition de la carte. Mais il en existe certainement d'autres qu'il est difficile de suivre : ainsi une faille passe à la halte de Villiers, abaissant à la cote 238 la glauconie dont l'affleurement

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

continu est situé au NE à la cote 250 ; un autre accident passe à Lozié, au NW de Sainte-Céronne : il ramène le C^4 plus bas que la masse importante de J^4 qui forme la colline 230.

Il faut noter que l'axe de Courtoulin coïncide avec une ligne de partage des eaux qui se maintient longtemps vers 280 m. d'altitude. On peut se demander s'il ne recouvre pas une crête silurienne et s'il n'a pas rejoué à une époque relativement récente.

Un autre axe anticlinal passe au Nord de Sainte-Scolasse et porte les marnes du J^2 à la cote 216.

La plupart des accidents étudiés ont la *direction varisque*. Quelques-uns montrent un conflit entre cette direction et la *direction armoricaine*. Ceux qui présentent seulement la direction armoricaine sont rares. Il est difficile de tracer le passage exact, à travers la Feuille, des divers anticlinaux et synclinaux NW-SE signalés par M. Bertrand et G. Dollfus : *ils sont masqués, pour la région que j'ai visitée, par les accidents varisques prédominants*, et principalement par les failles dont le rejet peut atteindre 50 à 60 m. Notons cependant que l'apparition de la craie turonienne, de Saint-Martin-d'Apres à Randonnai, paraît liée à l'existence d'une faille de direction armoricaine, ou d'une inflexion des couches, sur le bord oriental de l'axe anticlinal de Senonches. Fait curieux : les sondages pratiqués au Nord de cet axe ne rencontrent plus les Sables du Perche sous le Turonien. M. Onfray a étudié récemment à cet égard le forage de la Futelaye (1937). Le forage voisin de la Chapelle-Viel dont j'ai pu, grâce à M. l'ingénieur Vibert, examiner les échantillons, fournit la même indication. Tout se passe comme s'il y avait coïncidence entre une ligne de changement de faciès et un axe tectonique.

En dernière analyse, pour la partie médiane de la Feuille Mortagne, la direction varisque est prédominante. La question se pose de savoir s'il n'en serait pas de même pour le substratum primaire, et si les plis siluriens, accompagnés de failles longitudinales, n'auraient pas cette direction.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1840. E. Blavier. Études géologiques sur le département de l'Orne, Alençon, 1840.
1883. P. Bizet. Notice à l'appui du profil géologique du chemin de fer de Mamers à Mortagne. *B. S. G. de Norm.*, t. VIII, 1883, p. 40.
1884. — Notice à l'appui des profils géologiques des chemins de fer de Mortagne à Ménil-Mauger et de Mortagne à Laigle. *B. S. G. de Norm.*, t. IX, 1882, 1884, p. 37.
1886. — Aperçu général sur les terrains sédimentaires représentés dans l'Est du département de l'Orne. *B. S. G. de Norm.*, t. XI, 1885, 1886, p. 58.
1886. — Note explicative sur le profil géologique à travers le Perche Ornais, *id.*, p. 79.
1890. G. Dollfus. Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le Bassin de Paris. *B. Serv. carte géol.*, II, n° 14, 1890.
1892. M. Bertrand. Continuité du phénomène de plissement dans le Bassin de Paris. *B. S. G. F.*, 3e s., XX, 1892, p. 118.
1894. P. Bizet. Note sur les limites du terrain callovien dans le Nord-Ouest de la France. *B. S. G. de Norm.*, t. XVI, 1894, p. 79.
1903. G. Dollfus. Nouvelle carte géologique du Bassin de Paris au millionième. *B. S. G. F.*, 4e s., III, 1903, p. 7.
1920. R. Musset. Le relief du Perche. *Ann. de Géo.*, t. XXIX, 1920, p. 99.
1936. A. Bigot et Onfray. Faciès sableux de la zone à *Peltoceras athleta* dans l'Orne. *B. mens. S. L. de Norm.*, séance du 9 nov., 1936, p. 75.
1936. L. Dangeard. Observations sur la Feuille géologique de Mortagne. *B. S. L. de Norm.*, 8e s., t. IX, 1936, p. 145.
1937. — Sur quelques caractères des Sables du Perche aux environs de Soligni-la-Trappe. *B. S. L. de Norm.*, 8e s., t. X, 1937, p. 53.
1937. — Tracés nouveaux de failles dans l'Orne. *B. S. L. de Norm.*, 8e s., t. X, p. 81.
1937. M. Onfray. Un forage sur les plateaux du Perche. *B. S. L. de Norm.*, 1937.
1937. G. Lemée. Recherches écologiques sur la végétation du Perche, Thèse, Paris, 1937.

Cartes

Carte Géologique du Département de l'Orne, par E. Blavier, 1840.
Carte Géologique du Perche, par P. Bizet (inédite).
Feuille 63, Mortagne, par A. Guillier, 1880.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur un nouveau genre de Codiacée du Jurassique supérieur des Carpates Orientales

par **M. M. Frollo** [1].

Planche XVIII

Les Codiacées ont largement contribué à l'accumulation du carbonate de chaux dans les puissantes formations calcaires du Tithonique des Carpates Orientales ; on en trouve dans presque toutes les préparations microscopiques de calcaire microcristallin à structure pseudo-oolithique. Une étude de quelques échantillons, faite sous la bienveillante direction de M. J. von Pia, à Vienne, m'a mise en présence de deux exemplaires qui n'ont jamais encore été signalés dans les calcaires du Jurassique supérieur. Ils ne sont visibles qu'au microcospe. A l'œil nu, la roche est un calcaire blanc, compact, en partie recristallisé.

Une première forme est représentée par une colonie touffue, qui, en section, possède un contour presque sphérique de 3 mm. de diamètre. Les tubes, non cloisonnés, se dirigent dans des directions indéterminées. Ils sont ramifiés, et cette ramification se fait sous un angle fermé d'abord, qui écarte faiblement les deux branches. Une seconde flexure, sous un angle ouvert, les rapproche *en les rangeant parallèlement*. Cette manière d'être est gardée sans exception par tous les tubes. Je n'ai jamais pu observer plus d'une seule ramification, à la même hauteur, sur un tube. Les sections transversales des tubes sont circulaires, et ont un diamètre invariable de 75 μ.

Un second exemplaire mesure 2 mm. 85 sur 3 mm. 25. Il présente les mêmes caractères pour la ramification des tubes, qui sont toujours cylindriques, et non cloisonnés. Les différences consistent dans une disposition régulière des tubes, un aspect zoné et aplati de l'ensemble, et surtout, ce qui est le plus important, une *variabilité* des dimensions des tubes. Ceux-ci sont *très fins*, et ils ont un diamètre qui varie de 50 μ. à 25 μ. le long d'un même tube.

Rapports et différences. Dans une étude qui vient de paraître (I), J. von Pia, résume toutes les connaissances acquises sur les

1. Note présentée à la séance du 16 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Codiacées paléozoïques. Selon cet auteur, trois genres paléozoïques seulement ont été clairement définis, *Mitcheldeania* Wethered, *Orthonella* Garwood, et *Hedströmia* Rothpletz, en ce qui concerne les autres genres, les exemplaires sont trop mal conservés pour permettre une définition exacte et simple.

Mitcheldeania, *Orthonella* et *Hedströmia* sont nettement définis par la manière dont se fait la ramification des branches, comme le montrent les schémas ci-dessous (fig. 1).

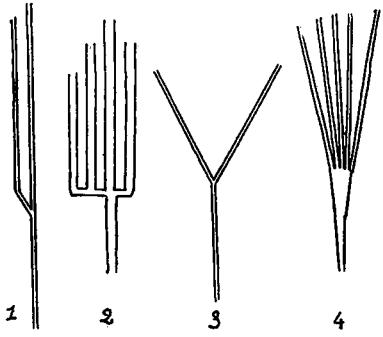


Fig. 1. — Mode de ramification des genres *Cayeuxia* n. gen. (1), *Mitcheldeania* Wethered (2), *Orthonella* Garwood (3) et *Hedströmia* Rothpletz (4).

Dans *Mitcheldeania*, il y a *toujours plusieurs ramifications* à la même hauteur, et les branches se rangent *toujours parallèlement*. On voit bien, d'après le schéma, que les deux colonies des Carpates se rapprochent surtout de *Mitcheldeania*, par leur manière de se ranger parallèlement après division, et qu'elles en diffèrent en même temps nettement par les angles de bifurcation qui sont fermés, puis ouverts, et non pas droits, et aussi par le fait qu'il n'y a qu'une seule division à la même hauteur sur le tube.

Le mode de ramification est un des caractères les plus importants dans la définition des genres de Codiacées, même pour les formes vivantes. Je pense que les deux exemplaires des Carpates représentent deux espèces différentes d'un même genre, qui a remplacé au Jurassique les *Mitcheldeania* carbonifères. Je propose le nom de *Cayeuxia* pour ce nouveau genre ; j'appellerai *Cayeuxia Piae* l'espèce à tubes de 75 μ. et à diamètre constant, et *Cayeuxia moldavica* l'espèce à tubes fins et à diamètre variable.

Mlle D. Lemaître a décrit dans le Lias du Maroc (2) une espèce nouvelle de *Mitcheldeania*, *M. africana*. D'après l'étude récente de Pia, sur le genre *Mitcheldeania*, je crois que l'espèce

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de Mlle Lemaître se rapporte au nouveau genre *Cayeuxia* et non pas à *Mitcheldeania*. En effet, les microphotographies de son travail montrent des ramifications de tubes rappelant beaucoup celles de *Cayeuxia* : une seule ramification à la même hauteur, et des branches se rangeant parallèlement après division.

A ma connaissance, il n'y a qu'un seul genre de Codiacée du groupe des Mitcheldeaniées déjà décrit au Jurassique ; c'est le *Pycnoporidium* YABE et TOYAMA, rencontré dans le Jurassique supérieur du Japon (3). Il diffère totalement de *Cayeuxia* par la présence très nette de parois transversales, ce qui est exceptionnel chez les Codiacées.

BIBLIOGRAPHIE

1. J. VON PIA. « Die wichstigsten Kalkalgen des Jung-paläozoikums und ihre Geologische Bedeutung. » Compte rendu du Deuxième Congrès pour l'avancement des Études de Stratigraphie Carbonifère, Heerlen, septembre 1935, p. 765-856, tome II.

2. G. DUBAR et D. LEMAÎTRE. « Études paléontologiques sur le Lias du Maroc. Spongomorphides et Algues. » *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, n° 34, Rabat, 1935.

3. YABE et TOYAMA. « On Some Rock-forming Algae from the Younger Mesozoic of Japan. » *The Sciences Rep. of the Tôhoku Imperial University*, Sendai, Japan, vol. XII, n° 1928, p. 146, pl. XX-I-II.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVIII

FIG. A_1 et A. — *Cayeuxia moldavica*.
FIG. B_1 et B. — *Cayeuxia Piae*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Note sur quelques Échinides fossiles communiqués par MM. Dalloni et Schoeller

par **J. Lambert**[1].

Planche XIX

Je remercie MM. Dalloni, Professeur à l'Université d'Alger, et Schoeller, Directeur des Travaux Publics au Service des Mines à Tunis, d'avoir bien voulu soumettre à mon examen quelques Échinides qui permettent de compléter nos connaissances sur ces fossiles. Je n'examinerai d'ailleurs dans cette note que les espèces soit nouvelles pour l'Algérie-Tunisie, soit intéressantes au point de vue de la fixation de certains caractères. Comme dans mes précédentes notes, j'étudierai successivement les espèces du Jurassique, du Crétacé et du Tertiaire.

I. Echinides du Jurassique.

Ceux-ci sont peu nombreux et je n'en mentionnerai que quatre espèces.

Plegiocidaris cervicalis Agassiz. — Le test de cette espèce n'avait pas encore été signalé en Algérie. Elle est représentée par un individu de petite taille, mesurant 33 mm. de diamètre et recueilli dans le Rauracien au N de Guertoufa. A cet âge, les ambulacres ne présentent encore en dessus que deux rangées de granules. Je relève d'ailleurs la même disposition sur un individu de Nattheim parvenu au diamètre de 37 mm. Bien que les quatre rangées de granules se montrent en général plus tôt, on ne saurait séparer cet individu algérien de *P. cervicalis*.

Hemicidaris crenularis Lamarck (*Cidarites*) est représenté par un test d'ailleurs en médiocre état du même gisement de Guertoufa. J'ai expliqué, dans mon mémoire de 1931 sur les Échinides fossiles du Nord de l'Afrique (p. 58), que Gauthier avait signalé par erreur cette espèce en Algérie (Échin. de l'Algérie, t. I, p. 58). Le radiole décrit et figuré par lui est celui de *Sphaerotiaris Quenstedti* Merian et n'appartient pas à l'*Hemicidaris*

1. Note présentée à la séance du 16 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

crenularis, dont les radioles sont en longues baguettes cylindriques.

Propedina sublevis Agassiz est représenté par un test du même gisement et également en médiocre état. Cette espèce que je viens d'indiquer au Maroc n'avait pas encore été signalée en Algérie.

Stomechinus perlatus Desmarest (*Echinus*). — Cette espèce, du même gisement rauracien de Gartoufa, n'avait pas encore été signalée en Algérie. Un fragment de radiole lui appartient probablement.

II. Échinides du Crétacé.

Tetagramma dubium A. Gras (*Diadema*). — La petite série recueillie par M. Dalloni dans l'Aptien de Boutin vient confirmer mon opinion (*Mém.* 1931, p. 66) sur la valeur du *Pseudodiadema porosum* Gauthier, simple variété du *T. dubium*. Ses zones miliaires ne sont véritablement ni plus larges, ni plus granuleuses. Le rapprochement de l'ambulacre de la colonne secondaire interambulacraire varie avec les individus et nous montre le danger de créer une espèce sur un individu unique. Ceux de Boutin ont cependant leurs tubercules un peu moins développés que ceux du type de *T. dubium* et peuvent être considérés comme constituant une variété *porosum* algérienne (Échin. Algérie, t. I, fasc. 3, p. 37, pl. 3, fig. 10-15).

Chez *T. Malbosi* Agassiz, de même taille, la troisième colonne de tubercules secondaires est déjà bien apparente. Chez *T. autissiodorense* Cotteau les tubercules dans chaque colonne sont sensiblement moins développés, plus nombreux, et la zone miliaire médiane est beaucoup plus large.

Hyposalenia Studeri Agassiz (*Salenia*). — Cette espèce est représentée par plus de vingt individus de l'Aptien de Boutin, où elle est accompagnée par *Tetagramma dubium*, *Salenia prestensis* Desor, et *Epiaster restrictus* Gauthier. Elle n'avait pas encore été signalée en Algérie ; elle y est apparue plus tôt qu'en France, où on la rencontre seulement dans l'Albien. L'espèce de l'Aptien de France, *Hyposalenia Lardyi* Desor, a son disque beaucoup plus large et ses ambulacres plus granuleux.

Toxaster Villei Gauthier (*Echinospatangus*). — Cette espèce décrite par Gauthier (Echin. de l'Algérie, t. I, fasc. 2, p. 72) est rare et n'avait jamais été figurée. Toutefois, dans mon mémoire de 1931, je lui ai assimilé un individu marocain d'Arbalou (p. 41,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

pl. II, fig. 25) que Gentil avait attribué à l'Hauterivien et que je rapportais à l'Aptien. M. Dalloni a retrouvé l'espèce à son gisement primitif de Teniet el Haad et il me paraît intéressant de figurer ce néotype (pl. XIX, fig. 6, 7, 8) dont l'individu d'Arbalou présentait d'ailleurs bien tous les caractères.

Le type décrit par Gauthier en 1875 mesurait 34 × 33 × 22 mm. Il était donc un peu plus grand que notre néotype de 28 × 25 × 18 ; mais ce dernier concorde très exactement avec la description primitive. Comme le faisait déjà remarquer Gauthier, le *T. Villei* appartient au groupe du *T. Collegnoi* Sismonda et diffère de ce dernier par sa forme plus renflée, subsphérique et ses pétales pairs dans des sillons moins profonds et plus larges. Le pétale impair non décrit par Gauthier est large ; ses pores sont courts, mais transverses, un peu obliques entre eux et très légèrement en chevron.

Le *T. Villei*, attribué par les premiers observateurs à l'Hauterivien, est, comme je l'ai dit, moins ancien et la découverte de M. Dalloni permet de le rapporter à l'Aptien.

Toxaster (*spec.*). — Je crois devoir signaler ici un assez grand *Toxaster* du gisement de Si Moham ben Aouda, malheureusement trop écrasé et incomplet pour permettre d'établir une espèce nouvelle. Il a été recueilli à côté d'un *Hemiaster aumalensis* et me paraît devoir être attribué à l'étage albien.

Ses pétales flexueux sont superficiels et l'impair est composé de pores arrondis près de l'apex, mais qui s'allongent un peu en chevron en se rapprochant du bord. Il s'éloigne ainsi des *T. Villei*, *T. radula*, et *T. retusus*. Avec ses pétales superficiels, il appartient en réalité encore au groupe du *T. retusus*, mais diffère nettement de ce dernier par les caractères de son pétale impair ; même chez *T. Michelini* les pores de ce pétale sont plus allongés. Notre *Toxaster* (*spec.*) apparaît donc comme la forme ultime des *Toxaster* typiques, tandis qu'autour de lui les formes à pétales pairs déprimés donnent naissance aux genres nouveaux *Palhemiaster*, *Epiaster* et même *Hemiaster*.

Quant au *T. radula* Gauthier, dans mon mémoire de 1931 (p. 67), j'avais proposé de le réunir au *T. Collegnoi* Sismonda. Je crois, en effet, que ce *T. radula* représente seulement une variété albienne de l'espèce aptienne de Sismonda. Cependant, en raison de sa forme un peu plus allongée et rétrécie en arrière, de son pétale impair plus étroit, formé de pores plus courts, moins nettement en chevrons, il semble intéressant, ne fût-ce qu'au point de vue stratigraphique, de distinguer le *T. radula* de son congénère, tout au moins comme variété albienne.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Douvillaster Vatonnei COQUAND (*Epiaster*). — M. Schoeller m'a communiqué quelques individus de cette espèce recueillis dans le Cénomanien supérieur de Hadjeck el Aioum (Tunisie). Ils présentent bien tous les caractères du type du Djebel Guersa (Algérie), mais sont remarquables par la variabilité de leur péristome, qui, en principe subpentagonal, tend chez certains individus à s'arrondir et à s'élargir transversalement (voir pl. XIX, fig. 4). Cette disposition nous montre qu'en réalité le caractère principal du genre *Douvillaster*, placé dans le groupe des Paléostomes, n'a pas la valeur absolue que nous lui avions théoriquement attribuée. Ce caractère est susceptible de modifications et, comme *Epiaster*, dont les premiers représentants ont en partie conservé le pentagone primitif des *Toxaster*, *Douvillaster* tend à une forme plus ou moins transverse du péristome qui évolue vers la disposition labiée.

Ces *Douvillaster Vatonnei* de Tunisie sont ainsi très intéressants au point de vue de la classification des Brissidés.

Epiaster restrictus GAUTHIER. — Cette espèce a été créée par Gauthier (Échin. d'Algérie, t. I, fasc. 3, p. 25, pl. I, fig. 5, 6, 7) pour un individu unique de l'Aptien de Krenchela et elle était restée très rare. M. Dalloni vient heureusement de m'en communiquer une petite série recueillie par lui dans l'Aptien de Boutin avec *Tetagramma dubium* var. *porosum*, *Hyposalenia Studeri* et *Salenia prestensis*. Il résulte de l'examen de cette série que l'espèce a été exactement figurée par Gauthier. L'individu de l'Albien de Bou Thaleb que j'ai fait figurer dans mon mémoire de 1931 (p. 68, pl. III, fig. 2) ne représente pas, comme je le supposais, la forme typique de *E. restrictus*, mais sa variété albienne, moins rétrécie en arrière, à face postérieure moins nettement limitée par des protubérances noduleuses, aux pétales latéraux un peu moins flexueux et formés de branches moins inégales, Ces très légères différences ne sauraient légitimer une distinction spécifique, mais elles permettent de séparer du type aptien de Krenchel et de Boutin la variété albienne de Bou Thaleb. On trouve d'ailleurs à Boutin, dans l'Aptien, cette variété albienne à côté de la forme typique.

L'examen des individus de Boutin permet d'ajouter à la description de Gauthier que le péristome est encore subpentagonal, avec une très légère saillie du labrum et est entouré d'une dépression aréolaire rappelant le péristome de certains *Hemiaster*. Les pores du pétale impair sont elliptiques, à peine disposés en chevron, ce qui ne permet aucune confusion avec certains *Toxaster* à pétales déprimés, comme *T. radula* GAUTHIER, dont les zigo-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

pores du pétale impair sont plus nombreux, plus serrés et les pores plus nettement en chevron.

C'est pour moi encore un *E. restrictus* de la variété albienne que Gauthier a figurée sous le nom d'*E. incisus* aux figures 3, 4, 5 de sa planche V. Le véritable *E. incisus* COQUAND est seulement représenté par la figure 6 de cette même planche. Il diffère du *E. restrictus* par sa forme plus large, moins rétrécie en arrière, sa face postérieure non limitée par des protubérances noduleuses, sa carène postérieure plus saillante, son sillon échancrant plus profondément l'ambitus et ses pétales pairs plus profonds, moins inégaux, les latéraux moins flexueux.

Quant à l'*E. incisus* COQUAND de l'Albien de Bou Thaleb (Gauthier, pl. V, fig. 6), M. Dalloni me le communique de l'Albien de Trembler et M. Deleau de l'Albien d'Amrissime (N de Constantine). Je me suis déjà expliqué dans mon mémoire de 1931 sur l'*E. nepos* COQUAND, espèce nominale, impossible à interpréter.

Hemiaster Schoelleri LAMBERT (*nov. sp.*), pl. XIX, fig. 1, 2, 3.

Test d'assez grande taille, mesurant 52 mm. de longueur sur 52 de largeur et 33 de hauteur, cordiforme, assez renflé, à bords épais et médiocrement convexe dans la région centrale, faiblement déclive en avant, subtronqué en arrière, nettement échancré en avant par un sillon qui s'étend de l'apex au péristome. Ambitus subpolygonal ; face supérieure ayant son sommet sur la carène en arrière de l'apex ; celui-ci relativement étroit et dominé par les saillies des interambulacres. Pétale impair dans le sillon assez profond, mais évasé, composé de zygopores espacés ; pétales pairs inégaux, les postérieurs un peu plus courts et moins divergents, tous longs, larges, assez profonds, ouverts, composés de pores allongés, conjugués, par zygopores rapprochés, donc très nombreux ; zones interporifères granuleuses, un peu moins large que l'une des zones porifères. Interambulacre en saillie entre les pétales. Face orale, légèrement convexe, à large plastron et péristome fortement excentrique en avant, semilunaire, ouvert entre de légères dépressions ambulacraires, aréolés, avec labrum court, mais nettement surbaissé, ne recouvrant pas l'ouverture. Face postérieure étroite, plane, circonscrite de chaque côté par une série de protubérances noduleuses ; périprocte ovale, assez élevé sans atteindre le sommet de la face postérieure. Tubercules du genre, scrobiculés, mais peu développés, même sur le plastron ; granules intermédiaires très fins ; fasciole peripétale assez net en avant, moins distinct ailleurs, en raison de l'état un peu fruste du test.

Bien que connu par un seul individu et qu'il soit en général dangereux de créer une espèce sur une forme dont on ne peut apprécier les variations, l'impossibilité de rattacher ce type à aucun autre *Hemiaster*, m'oblige à le désigner par un nom par-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ticulier. On ne peut, en effet, le rattacher à l'espèce qui s'en éloigne le moins, l'*Hemiaster Meslei* Peron et Gauthier. Il en diffère profondément non seulement par sa taille et sa forme générale non déclive, mais encore par son sillon moins large et moins profond, par l'absence de sinus postérieur, son périprocte moins haut, par son apex bien moins large et son pétale impair plus étroit, par son péristome plus excentrique. Il faut ajouter que l'*Hemiaster Schoelleri* n'a aucun rapport avec le groupe de l'*Hemiaster Heberti* Coquand. Il n'en a ni le sillon, ni le péristome, ni les pétales. *H. Bourguignati* Péron et Gauthier a son sillon bien plus atténué et ses pétales moins profonds.

Il est à peu près certain que notre *H. Schoelleri* ne correspond pas au *H. insolitus* de Gauthier. Ce dernier a été proposé sans description ni figures dans une note infrapaginale de la p. 12 des Échinides fossiles de la Tunisie, pour des individus recueillis en Algérie et qui appartiennent en réalité à des formes diverses : mon *Macraster maghilensis* et un *Hemiaster Saulcyi*. Quant à l'individu de Krenchela, qui serait, d'après les notes manuscrites de Gauthier, le type de son *Hemiaster insolitus*, j'ai dû le considérer comme une espèce nominale (Echin. foss. du Nord de l'Afrique, p. 132) parce que cet individu, très déformé, ne permet pas de préciser les caractères d'une espèce. Il aurait d'ailleurs son péristome moins excentrique que notre *Hemiaster Schoelleri* et son sillon, très atténué en dessus, est bien différent.

L'*H. Schoelleri* a été recueilli par M. Schoeller avec *Douvillaster Vatonnei* dans le Cénomanien supérieur de Hadjeck el Aioum.

III. Échinides du Tertiaire.

Fibularia cimex Lambert (*nov. sp.*), pl. XIX, fig. 9, 10, 11.

Test déprimé, de petite taille, mesurant 5 mm. de longueur, sur 4 de largeur et 1 1/2 de hauteur, ovale, mais de forme un peu variable, plus ou moins rétrécie en avant, paraissant plus déprimé chez l'adulte que chez le jeune. Le type a son péristome central ouvert dans une dépression de la face orale ; périprocte arrondi, éloigné du bord ; face supérieure subconvexe, d'aspect un peu bosselé montrant des plaques ambulacraires assez hautes, à sutures déprimées ; apex central, formant un bouton saillant ; ambulacres larges, étendus jusqu'aux bords, ouverts, formés de pores arrondis, paraissant conjugués.

Comme je viens de le dire, ce *Fibularia* varie assez largement

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

quant à sa forme générale et même par la position plus ou moins excentrique de son périprocte.

On ne peut le confondre avec *F. piriformis* AGASSIZ de l'Oligocène bordelais, à périprocte moins excentrique avec pores des pétales moins espacés et dont les interambulacres sont formés en dessus de plaques moins hautes, non bombées. *F. armorica* TOURNOUER, du Tongrien de Rennes, est plus large, circulaire, et son *F. triangularis*, décrit comme de forme triangulaire, aiguë, ne saurait lui être comparé [1]. Le *F. ovata* MÜNSTER (*Echinoneus*) de l'Oligocène d'Allemagne a son apex moins central et moins saillant; sa surface est plus unie et ses pétales semblent moins larges.

Parmi les espèces de l'Éocène, *F. Vasseuri* COTTEAU de Saint-Palais a ses ambulacres plus étroits; il en est de même de *F. inflata* DEFRANCE, de Grignon. *F. Vasseuri* COTTEAU d'Arton est de forme plus arrondie. Les *F. casselensis* COTTEAU et *F. Dumasi* COTTEAU ont leurs pétales plus courts et *F. affinis* DESMOULINS a son périprocte plus marginal. Dans le Miocène les *F. pseudopusilla* COTTEAU et *F. calarensis* LAMBERT sont moins déprimés.

Je crois avec Fourtau que les auteurs ont abusivement multiplié les espèces de *Fibularia*. Ce n'est cependant pas une raison pour les confondre presque toutes dans une espèce unique, sans tenir compte des caractères distinctifs de plusieurs d'entre elles. Il faudrait procéder à une révision de toutes les espèces; c'est malheureusement un travail délicat, nécessitant l'examen minutieux de chaque forme et de ses caractères internes, en revoyant non seulement les figures, mais les types. Mon âge m'oblige à laisser ce soin à d'autres.

Fibularia cimex a été recueilli par M. Dalloni dans l'Oligocène, au pont de La Guethma, à Aïn Hanebra et à Dublineau.

D'autres *Fibularia* du Cartennien-Langhien d'Uzès-le-Duc, ou du Plaisancien sont à l'état de débris pour moi indéterminables. J'ai d'ailleurs, dans mon mémoire de 1931 (p. 85), cité à ces niveaux *F. Pellati* LAMBERT, *F. umbonata* POMEL et *F. pliocenica* POMEL à coté de mon *N. scrobiculata*.

Clypeaster egregius PERON et GAUTHIER, variété *Dallonii* LAMBERT. — L'individu de l'Helvetien d'El Borj, communiqué par M. Dalloni, est unique et, ne pouvant le rapporter exactement aux espèces connues, j'avais pris le parti de le décrire comme

1. Il est vrai que la figure 14 de la planche X ne reproduit pas ces caractères (*Bull. S. Géol. de France*, 3e série, t. VII, p. 407).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

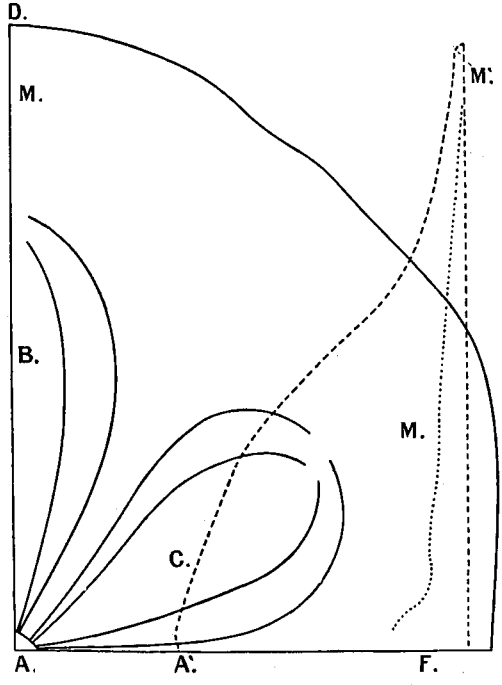
espèce nouvelle. Cependant, convaincu avec M. Cottreau de la variabilité de certains Clypéastres et du danger de créer, surtout dans ce genre, sur un unique individu une espèce nouvelle, dont on ignore les possibles variations, je m'étais abstenu de le publier. Je viens d'en reprendre l'étude ainsi que celles des formes plus ou moins voisines.

J'ai alors été frappé de l'inexactitude des descriptions de la plupart des auteurs. En général, ceux-ci attachent à la forme plus ou moins haute, plus ou moins déclive du test en dessus et à la disposition des pétales une importance primordiale. Ils décrivent donc avec un soin méticuleux la face supérieure ; mais ils semblent n'attacher qu'une importance très relative aux caractères de la face orale. Ils ne parlent jamais de la disposition si remarquable des sillons vermiformes lorsqu'ils existent. Ils ne considèrent comme déprimée cette face orale que si elle s'incurve tout entière vers un profond péristome, ainsi que cela a lieu chez *C. rosaceus*. Mais quand cette face orale se déprime (en réalité et plus exactement se relève) régulièrement de la marge à l'infundibulum péristomien, ils la déclarent plane ; ce qui est sinon inexact, du moins imprécis. Pour moi la face orale plane est seulement celle qui conserve le même niveau de la marge à l'infundibulum, en sorte que les bords de ce dernier se relient aux marges par une ligne horizontale. Lorsque les bords de cet infundibulum sont sensiblement au-dessus des marges, je dis, pour éviter toute confusion, que la face orale est rentrante. Or ce caractère, qui existe chez un certain nombre de Clypéastres, semble avoir complètement échappé même à des spécialistes comme Pomel et Gauthier, qui déclarent planes des faces orales manifestement rentrantes. La face orale rentrante s'observe d'ailleurs chez des Clypéastres de groupes différents, notamment chez *C. scutellatus* DE SERRES, un *Platyclypeina* comprenant l'ancien *C. folium* AGASSIZ, chez *C. acclivis* POMEL et chez le groupe du *C. egregius* PÉRON et GAUTHIER dont le *C. insignis* POMEL (*non* SEGUENZA) est un synonyme.

On peut donner de la variété *Dallonii* de ce dernier la description suivante : Test de grande taille, un peu mutilé en arrière mesurant 200 mm. de longueur sur 180 de largeur et 58 de hauteur. Face supérieure en large dôme surbaissé, avec marges bien apparentes, faiblement déclives, à bords tranchants ; elles occupent 25 % de la distance de l'apex au bord. Apex subcentral, non saillant. Pétales à fleur de test, très larges, assez longs, tendant à se fermer ; ces pétales sont faiblement inégaux, les latéraux un peu moins longs que les autres ; les zones porifères

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sont un peu déprimées et la zone interporifère très large est à peine convexe. Interambulacre très étroit entre les pétales dans la partie voisine de l'apex, puis s'élargissant rapidement. Dans la partie periapicale ils sont en légère saillie, n'atteignant même pas la hauteur des zones interporifères ambulacraires. Face orale légèrement mais régulièrement rentrante et infundibulum, pentagonal étroit ; les sillons ambulacraires, assez profonds vers l'infundibulum, s'étendent presque jusqu'aux bords. Sillons vermiformes très apparents dans les ambulacres.



Dessin réd. d'un tiers.

Fig. 1. — Diagramme d'un quart du *Clypeaster egregius* var. *Dallonii*. Le trait plein montre la disposition relative des pétales et des marges en dessus. Le trait interrompu se rapporte à la coupe suivant AD, et le pointillé indique la dépression de la face orale. AA' l'apex. — B, pétale impair III. — C, pétale latéral antérieur IV. — MM' les marges. — F, l'infundibulum.

Par sa forme générale, notre variété *Dallonii* du *C. egregius* rappelle le *C. Oglei* Pomel, mais en diffère par sa plus grande taille, ses pétales bien plus développés, ses marges en conséquence plus courtes et les caractères de sa face orale. Si à première vue elle semble pouvoir être rapprochée de certains *Platyclypeina*, elle en diffère par ses moindres marges et sa face orale à la fois rentrante et pourvue de sillons vermiformes. Elle appartient

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

en réalité à un petit groupe que distinguent ces derniers caractères et qui comprend le *C. egregius* Péron et Gauthier. Dans ce groupe, le développement des pétales et celui des marges varient sensiblement avec l'âge et la taille des individus. Ainsi, alors que chez notre variété *Dallonii*, de 200 mm. de long., les marges atteignent encore 25 % du rayon, chez le type de l'*egregius*, de l'Helvétien de l'Oued Moula, mesurant 235 mm. de longueur, les marges ne sont plus que de 20 %. En même temps les pétales deviennent un peu moins plans, avec zone interporifère un peu plus saillante. Mais chez un individu de l'Helvétien de Beni Saf, mesurant seulement 140 mm. de longueur, avec pétales moins développés, sans saillies, les marges plus déclives atteignent 33 % de rayon. Sans doute Pomel faisait de ces individus moins développés une espèce séparée, son *C. decemcostatus* de l'Helvétien de l'Oued Riou. Ces individus présentent cependant les mêmes caractères que notre variété *Dallonii* à la face orale, qui est rentrante, pourvue de sillons vermiformes, bien apparents avec infundibulum étroit. Je n'hésite donc pas à réunir spécifiquement ces trois formes, la plus petite comme variété *decemcostata*[1], les moyens comme variété *Dallonii*. Les très grands individus représentent seuls la forme typique de l'espèce *egregius*, qui vraisemblablement n'arrive à ce stade définitif qu'après être passé par les stades *decemcostata* et *Dallonii*.

Le *C. egregius* ainsi compris me paraît bien distinct par les caractères de la face orale et ne pouvoir être confondu avec d'autres.

Le *C. acuminatus* Desor du bassin de Vienne (Michelin, Pl. XXI) dont le sommet est acuminé, n'a qu'une très vague ressemblance avec notre espèce, puisque sa face orale est plane, sans sillons vermiformes, et à péristome sensiblement plus large. Il en est de même du *C. cultratus* Pomel (Pl. XLIV) et aussi du *C. simus* Pomel (Pl. XVI).

Le *C. acuminatus* Seguenza (Tav. V, fig. 2) du Langhien de Stilo, en réalité différent de celui de Desor, et séparé par Seguenza comme variété *devians*, doit retenir ce dernier nom. Sa face orale est moins régulièrement rentrante que celle du *C. egregius* ; son infundibulum est plus large et ses pétales sont plus étroits. Également pourvu de sillons vermiformes, on peut

1. Ce nom est d'ailleurs assez mal choisi, car d'après la description de Pomel (p. 235) et ses figures (Pl. XLVIII) les interambulacres non saillants en dessus ne peuvent être assimilés à des côtes, alors surtout que sont très faibles les légères saillies des zones interporifères.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

le considérer comme la souche langhienne du *C. egregius* de l'Helvétien.

Dans mon mémoire de 1931 sur les Échinides du Nord de l'Afrique, j'ai dit (p. 46) que le *C. acuminatus* SEGUENZA (*non* AGASSIZ) était une variété du *C. insignis* SEGUENZA et la forme typique du *C. portentosus* DESMOULINS. Cette affirmation est exacte, mais demande quelque explication ; elle ne doit pas être généralisée, car le véritable *C. insignis* SEGUENZA est le *C. turritus* PHILIPPI (*non* AGASSIZ) caractérisé par ses pétales sensiblement plus courts que ceux du *C. portentosus*. Malheureusement Seguenza, qui, en proposant son *C. insignis*, voulait rectifier une erreur de Philippi relative à son *C. turritus*, tout en figurant de cette forme typique un individu de l'Helvétien de Monteleone (Pl. XI, fig. 2 *a*, 2 *c*, 2 *d*) lui a assimilé comme variété *acuminatus* un autre individu du même gisement (Pl. IX, fig. 2, 2 *b*), qui est différent et avec ses très longs pétales ne peut être distingué du *C. portentosus* (Michelin, Pl. XXVIII). C'est ce qui m'a fait dire d'une façon peut-être trop générale que le *C. insignis* ne se distinguait pas du *C. portentosus*. L'affirmation ne s'applique qu'à la variété dite *acuminatus* de Seguenza.

Quant au véritable *C. turritus* AGASSIZ, de l'Helvétien de Dax, dont le type est celui du moule Q 17, avec ses très longs pétales, c'est une simple variété du *C. portentosus*, caractérisée par son sommet central, non déjeté en avant.

Certains auteurs ont, à tort selon moi, confondu le *C. portentosus* avec le *C. altus* KLEIN. Je me suis déjà expliqué sur cette question et il me paraît superflu d'y revenir ici.

Echinolampas Nicaisei PERON et GAUTHIER. — Gauthier a établi cette espèce pour un seul individu des collections de la Sorbonne recueilli au Kef-Iroud ; c'est-à-dire dans des conditions notoirement insuffisantes pour la création d'une espèce d'*Echinolampas*.

Heureusement, les récoltes de M. Dalloni au Djebel Menaouer permettent de compléter les caractères de l'espèce, dont les pétales sont ordinairement très étroits. Mais ce caractère est individuellement variable, car sur un individu de 49 × 44 × 20 le pétale V a seulement 4 mm. de large, alors que ce même pétale atteint 5 mm. sur un individu plus petit, de 44 × 38 × 19. Il en est d'ailleurs ainsi sur la plupart des espèces d'*Echinolampas*, notamment chez *E. blaviensis* de la Gironde. La forme générale est également variable, plus ou moins large.

Afin de distinguer le *E. Nicaisei* du *E. sulcatus*, les auteurs, Pomel, Gauthier et Cotteau sont d'accord pour attribuer au

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

second des pétales dans des sillons ambulacraires déterminés par la saillie des interambulacres. Malheureusement, les figures données par Pomel et même par Gauthier (Pl. VIII, fig. 5) ne reproduisent pas ce caractère et Pomel déclare qu'assez visible sur des sujets usés et déformés, il devient imperceptible sur des sujets en bon état. Je constate que cette observation de Pomel est parfaitement exacte, en sorte que l'*E. sulcatus* comprend des individus plus ou moins usés et déformés et que ceux bien conservés ne sauraient se distinguer du *E. Nicaisei*. Un individu du Kef Iroud à pétales étroits, mais légèrement déprimés par rapport aux interambulacres forme pour moi passage d'une espèce à l'autre.

Au Kef Iroud les *Echinolampas* sont le plus souvent déformés et usés ; il s'ensuit que cette localité donne presque exclusivement des *E. sulcatus*. Le Djebel Menaouer avec ses *Echinolampas* mieux conservés, non usés, fournit surtout *E. Nicaisei*. Parmi ces derniers, il en est d'ailleurs d'un peu plus allongés, à pétales imperceptiblement déprimés qui forment passage au *E. sulcatus*. La ressemblance avec ce dernier est surtout frappante lorsqu'un commencement d'usure rend les sutures des plaques plus apparentes.

On peut donc, soit réunir à titre de variété l'*E. Nicaisei* Gauthier au *E. sulcatus* Pomel, publié quelqnes mois plus tôt, soit maintenir, au moins provisoirement, les deux noms, tout en reconnaissant la très faible valeur d'une distinction spécifique entre les individus ainsi nommés.

Appendice.

Au moment où mon dernier mémoire sur les Échinides fossiles du Maroc allait paraître, M. Dubar m'a communiqué un petit *Diademopsis* du Rhétien à *Avicula contorta* des environs de Xauern. C'était le seul Échinide de ce niveau connu au Maroc et je m'empressai d'en rédiger la description (Maroc, n° 39, p. 60). A ce moment mes quatre planches étaient déjà tirées et je pensais pouvoir donner de l'espèce une figure dans le texte.

Malheureusement, ce projet n'a pas été réalisé et le *Diademopsis Falloti* a été publié sans figure.

Pour réparer cette omission, je crois devoir donner ici une figure grossie (Pl. XIX, fig. 12) de cette très petite espèce (diam. 6 mm., haut. 3), qui se distingue, comme je l'ai dit, du

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Diademopsis Michelini Cotteau du Rhétien de la Côte-d'Or par l'absence de colonnes secondaires de tubercules et surtout par l'irrégularité de ses granules mamelonnés dans les interambulacres.

Quant à la petite espèce de l'Hettangien décrite sous ce même nom de *D. Michelini* par Cotteau, figurée Pl. 384, fig. 1, 6 de la Paléontologie Française et provenant d'Ussel (Ardèche), elle est plus renflée, plus rotulaire que le *D. Falloti* ; elle s'en éloigne davantage et ne saurait selon moi être confondue avec lui.

Je continue d'ailleurs à penser [1] que Cotteau a réuni à tort au *D. Michelini* du Rhétien les petits individus de la zone à *Ammonites planorbis* de l'Ardèche et j'estime toujours qu'il serait préférable de séparer spécifiquement ces formes intermédiaires entre les *D. Michelini* et *D. Gevreyi* Lambert.

Au moment de publier cette Note, on me communique deux espèces de *Diademopsis* recueillies à Bou-Seuil et encore non signalées en Algérie. La plus petite (diam. 10 mm.) ne me paraît pas pouvoir être distinguée du *D. Falloti* Lambert du Rhétien du Maroc. Elle est seulement de taille un peu plus forte que le type.

L'espèce se distingue du *D. Jauberti* Cotteau par sa forme non rotulaire et l'absence à l'ambitus et en dessus de colonnes de tubercules secondaires dans l'interambulacre. Attribuée avec doute par M. R. Lambert à l'Hettangien, elle est plus probablement en Algérie, comme au Maroc, du Rhétien. L'autre *Diademopsis* de Bou Seuil est le *D. serialis* Agassiz, caractéristique en France de l'Hettangien à *Ammonites planorbis* et probablement de même âge en Algérie.

M. l'abbé Dubar vient de trouver dans le Domérien des mines de Bou Dahar (Maroc) un fragment d'un grand *Plegiocidaris* qui appelle une rectification au sujet de l'attribution générique de mon *Diplocidaris Menchikoffi*. Il montre en effet un des ambulacres, et celui-ci, étroit, flexueux, est formé de pores ronds, très rapprochés, sans aucune trace de dédoublement. L'espèce n'est donc pas, comme je l'avais supposé, un *Diplocidaris*, mais un *Plegiocidaris*, et doit s'inscrire : *P. Menchikoffi* Lambert. La plaque isolée décrite dans mon mémoire est seulement une plaque de la face orale [2]. A l'ambitus et en dessus les plaques, qui atteignent 22 mm. de largeur et une hauteur égale, ont leurs granules scrobiculaires plus développés et plus contrastants.

1. Voir Lambert. Échinides de l'Infra-Lias et du Lias, p. 18. Auxerre, 1900.
2. Échin. foss. du Maroc. *Notes et Mémoires du Service des Mines*, n° 39, p. 43. Rabat, 1937.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIX

FIG. 1. — ***Hemiaster Schoelleri*** (*n. sp.*) du Cénomanien de Hadjeck el Aioum (Tunisie), vu en dessus.

FIG. 2. — Le même, vu de profil.

FIG. 3. — Le même, vu en dessous.

FIG. 4. — Portion péristomienne d'un *Douvillaster Vatonnei* COQUAND du même gisement.

FIG. 5. — Portion péristomienne d'un *Epiaster restrictus* GAUTHIER de l'Aptien de Boutin (Algérie).

FIG. 6. — ***Toxaster Villei*** GAUTHIER (*Echinospatangus*) plésiotype de l'Aptien de Tienet-el-Had (Algérie), vu en dessus.

FIG. 7. — Le même, vu de profil.

FIG. 8. — Le même, vu en dessous.

FIG. 9. — ***Fibularia cimex*** (*n. sp.*), vu en dessus et très grossi, de l'Oligocène du Pont de Guethma (Algérie).

FIG. 10. — Le même, grossi, vu en dessous.

FIG. 11. — Profil du même, de grandeur naturelle.

FIG. 12. — Profil très grossi du ***Diademopsis Falloti*** LAMBERT du Rhétien de Xauern (Rif espagnol).

FIG. 13. — Même espèce : individu de Bou Seuil (Algérie) : profil grossi.

FIG. 14. — Le même vu en dessus.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Redressement et accélération consécutive de croissance chez un Hippurite

par **Gaston Astre** [1].

Quand par accident un Hippurite était renversé ou détaché de son support, il risquait d'être enlisé dans les vases calcaires et les limons, ou encore, s'il faisait partie d'un récif à individus croissant côte à côte, d'être étouffé sous la prolifération de ses voisins. Dans l'une et l'autre expectatives la mort semble être le dénouement auquel était fatalement voué l'animal.

Je connais pourtant un cas où il n'en fut pas ainsi, pour un *Hippurites* (*Vaccinites*) *robustus* Toucas, dans les mers campaniennes qui s'étendaient sur ce qui est de nos jours la région de Roquefixade en Ariège, au pied septentrional du majestueux massif de Tabe. Absolument exceptionnel, ce remarquable exemplaire présente en effet une torsion très caractérisée, qu'il acquit à la suite d'une perte d'équilibre subie durant son jeune âge et qui lui permit, en se redressant, d'échapper à une issue fatale. On soupçonne l'intérêt de cette pièce, fournissant quelque lueur sur la si énigmatique biologie des Rudistes.

Après fixation ou ancrage de la larve sur le fond, l'animal avait commencé à se développer normalement, s'ornant avec vigueur d'une costulation régulière et réalisant sa forme conique évasée (fig. 1). Dans ces conditions, il avait atteint sans encombre une hauteur de 5 cm. et une largeur de même ordre, quand l'accident se produisit. Soit qu'il ait été fixé sur un bloc mal consolidé ou implanté dans un sédiment trop meuble, soit qu'un choc l'ait détaché de son socle, le sujet, basculant de 90 à 100°, se coucha sur un de ses côtés (fig. 1 *a*) ; de l'horizontale la commissure des valves passa à la verticale, le côté cardinal devint supérieur, tandis que le bord palléal s'appuyait sur le fond ou tout au moins penchait dans sa direction.

Comment concevoir les perceptions de l'Hippurite et comprendre les réactions dont il fut le siège en cette fâcheuse occurence ? Ne connaissant rien de l'anatomie du corps lui-même,

1. Note présentée à la séance du 16 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

nous ne pouvons que procéder par éliminations successives des fonctions des Lamellibranches. Il y eut assurément des réactions physiologiques et des réactions sensitives.

Parmi les *réactions physiologiques*, la *respiration*, avec son indispensable condition, la circulation aquifère, fut probablement celle qui subit les perturbations les plus notables. Voyons en quelle manière.

Dans la plupart des Bivalves — et les Rudistes étaient sûrement dans ce cas — existent une respiration cutanée générale et une respiration localisée dans des branchies. Pour ces deux modes respiratoires les courants d'eau nécessaires pénètrent par l'ouverture des valves, la respiration devenant impossible dans les Mollusques actuels, si ces valves sont fermées. Mais chez les Hippurites il faut noter que la pénétration d'eau pouvait se faire, quand la coquille était close, par les pores de la valve supérieure.

Qu'est-ce qui détermine les mouvements d'entrée et de sortie de l'eau ? Des courants musculaires et des courants ciliaires.

Les premiers, les courants musculaires, sont provoqués par des contractions et des dilatations alternatives du pied, comme chez les Scaphopodes, ou par des efforts des muscles du septum branchial, chez les Septibranches. J'estime que pour les Hippurites cette cause ne devait pas être négligeable, en particulier quant au pied, qui par sa turgescence assurait vraisemblablement l'ouverture de la coquille et suffisait donc amplement à déterminer des courants aquifères.

Les seconds, les courants ciliaires, les plus généraux chez les Lamellibranches, atteignent une efficacité toute spéciale sur les formes sédentaires, où leur viennent encore en aide les plissements des branchies. Ils sont produits par les mouvements de cils branchiaux, insérés sur des filaments branchiaux, et par ceux de cils palléaux qui tapissent soit l'intérieur du manteau dans sa totalité, soit simplement certaines parties spécialisées. Essentiellement sédentaires, les Hippurites devaient posséder des mouvements ciliaires importants.

Forte et saccadée dans les courants d'origine musculaire, faible mais plus régulière dans ceux d'origine ciliaire, la vitesse de déplacement de l'eau variait ainsi largement, suivant que le pied intervenait ou non.

Quel devait être le trajet de cette circulation ? L'eau peut passer par l'ensemble de l'entrebâillement des valves, quand le pied imprime de fortes pulsations au milieu dans lequel il baigne. Mais au ralenti, — en période normale, pourrait-on dire, — l'eau

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

passe surtout, et même uniquement, par les ouvertures palléales postérieures. Dans un Mollusque fixé par un de ses crochets, le trajet épouse un tracé siphonant, qui, au moins pour l'entrée et la sortie, ne s'écarte pas trop du plan horizontal. En était-il de même pour les Hippurites? C'est probable ; car, malgré l'allongement qui commande dans le sens vertical toute l'organisation testacée de ces animaux, ce trajet aquifère se met surtout en relation avec la commissure des valves, normalement horizontale. D'ailleurs, si l'allongement vertical affecte la coquille, rien n'indique que le corps lui-même l'ait présenté ; car on sait la très petite place qu'il occupait dans le creux de la valve inférieure, où il restait peut-être étendu en largeur. On remarquera

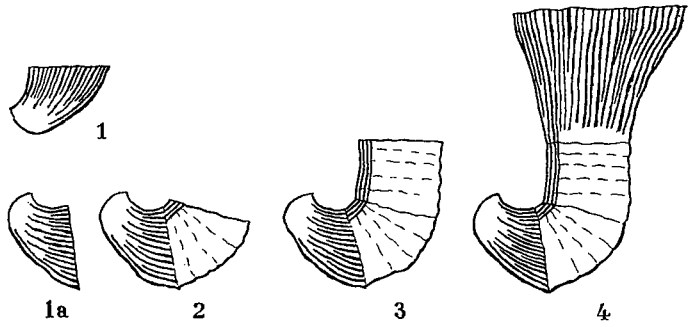


FIG. 1-4. — Schémas des phases successives de croissance de l'Hippurite anormal de Roquefixade ; *1* : phase jeune, normale, avant la perte d'équilibre ; *1a* : après l'accident ; *2* : phase tératologique de redressement ; *3* : phase tératologique par persistance de dispositions acquises ; *4* : phase adulte, à croissance redevenue normale.

en outre que, même si les pores contribuaient au passage de l'eau, les conditions ne sont guère modifiées.

Après le basculement accidentel de notre sujet, qu'est-il donc advenu ? Le plan de commissure des valves était passé à peu près à la verticale ; tombée sur le bord palléal, la coquille présentait vers le haut son bord cardinal, qui est en même temps celui où se trouvent les piliers siphonaux, l'espèce étant un Vaccinite. Dès lors les courants furent obligés de circuler perpendiculairement à leurs positions habituelles. Si par exemple nous admettons comme démontré que le trajet siphonant se situait normalement dans un plan à peu près horizontal, il devint, par suite de l'accident, vertical ; le courant d'entrée se faisait désormais dans un sens descendant, qui évidemment facilitait l'opération ; celui de sortie se faisait dans un sens remontant, qui au contraire apportait une gêne. En tout cas le changement d'orien-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tation demandait aux mouvements des cils un effort bien plus grand en certaines régions que celui auquel ils étaient soumis d'habitude.

Là réside sans conteste une première cause physiologique qui amena l'animal à rectifier sa position, devenue si désavantageuse.

Parmi les *réactions sensitives*, la *sensibilité statique* est la première à considérer ; car elle prime en principe les autres.

On sait que les Mollusques sont doués d'organes sensoriels appelés statocystes, comprenant, à l'intérieur d'une paroi revêtue d'un epithelium cilié, et au sein d'un liquide identique ou analogue au milieu extérieur, des petits corpuscules souvent calcaires, les statolithes. Ces derniers, ou gros et unique, ou petits et alors très nombreux, touchent une plage déterminée des cils qui, suivant les cas, tapissent uniformément la paroi où sont localisés, à la manière de « macula acustica », sur certaines taches. Le moindre ébranlement met les statolithes en contact avec des cils autres que ceux qu'ils touchent en position d'équilibre : d'où perception sensitive.

Ainsi sont ressentis des chocs transmis au milieu extérieur, comme Bateson le remarqua en 1889 pour *Anomia ephippium* et Dakin en 1907 pour *Pecten maximus*. Ainsi sont perçues, par les formes qui se déplacent, les variations de pression sur la surface du corps, d'où possibilité d'orientation. Ainsi peut être appréciée la verticalité par les Lamellibranches fouisseurs, tels les *Solen* chez qui Buddenbrock l'a constaté en 1913. L'audition vraie ne paraît pas jusqu'ici démontrée.

De ces diverses perceptions seules la première et la troisième pourraient avoir affecté notre Hippurite par le fait de son basculement.

Mais les Hippurites avaient-ils des statocystes ? La malacologie constate que des formes, qui en ont normalement à l'état de larve mobile, les perdent ou les voient se réduire, dès qu'elles deviennent sédentaires. L'organe est en effet en relation avec sa fonction : et, en principe, les statocystes sont des appareils d'êtres susceptibles de déplacements. Déjà en 1908 Sigerfoos les avait vu disparaître chez *Teredo Gouldi* ; Grave en 1912 les a vu dégénérer chez les *Pinna* dès après leur jeune âge ; Lehnardt en 1926 put constater que les Huîtres adultes n'avaient ni statocystes ni ganglion pédieux.

Or l'Hippurite, Mollusque fixé, répond par excellence à la définition de l'être sédentaire. Ses statocystes de l'état larvaire

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

devaient donc déjà régresser et moins bien fonctionner au moment où l'accident l'affecta. La sensation de perte de la verticalité, sans qu'on puisse nier son existence, ne dut pas être le facteur essentiel qui détermina le redressement.

Autre mode de réaction sensitive, la *sensibilité photique* est loin d'être négligeable chez les Lamellibranches. La lumière influe d'abord sur les téguments, dans les zones pigmentées pouvant saillir hors des valves, par exemple bords du manteau ou extrémités des siphons ; c'est la sensibilité dermatoptique. La lumière influe aussi sur des yeux, qui peuvent être branchiaux chez les formes byssifères (*Avicula*, *Anomia*, *Mytilus*, *Arca*) et surtout palléaux (ou antérieurs ou marginaux ou siphonaux) ; c'est la sensibilité oculaire.

Les Hippurites ressentaient-ils la lumière ? Ce ne pouvait être que par sensibilité dermatoptique ou par sensibilité d'yeux palléaux.

Qu'ils aient été ou non, comme beaucoup de Lamellibranches et en particulier *Ostrea edulis* (Orton, Parke et Smith, 1933), photophiles à l'état de larves et photophobes dès que celles-ci cherchent à se fixer pour devenir adultes, peu importe. Ils devaient être surtout scioptiques, c'est-à-dire sensibles aux variations d'intensité lumineuse et à l'ombre, comme l'ont observé chez les Huîtres Patten dès 1886 et Wenrich en 1916.

Dans la position normale les bords du manteau, sorte de couronne auprès du limbe, étaient à peu près régulièrement irradiés. Après la chute du sujet le bord palléal passa dans l'ombre, tandis que le bord cardinal recevait plus d'éclairement. Cette dissymétrie introduite dans les perceptions photiques des bords du manteau, qu'elles aient été dermatoptiques ou par yeux palléaux, dut modifier notablement les sensations de l'animal et contribuer à ses réactions.

La *sensibilité tactile*, par contact d'un corps dur, est encore une réaction sensitive importante, déterminant des réflexes qui entraînent la rétraction des bords du manteau. On n'a aucune raison de ne pas admettre que cette observation de la malacologie convenait aux Rudistes. Lors de la chute de notre sujet, ce facteur joua certainement, d'autant plus qu'il concordait avec la pression anormale que la valve supérieure exerçait sur les organes du côté palléal.

Que les bords du manteau aient pu largement s'étaler à l'extérieur en tentacules palléaux développés ou qu'ils n'aient pu

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

s'écarter de la région commissurale, il n'importe pour notre point de vue. Deux seuls cas purent se produire.

Ou bien le bord abaissé de la valve n'atteignit pas directement le fond. Il se trouva tout de même très près de ce fond, dans la zone où étaient brassés de préférence boues et limons, et c'est le contact de ces derniers qui incommoda alors les tentacules palléaux.

Ou bien le bord de la valve atteignit ce fond. Il y eut dès lors contact immédiat ; les tentacules palléaux de ce côté se rétractèrent, et cela indépendamment de la gêne que l'entrebâillement des valves en pouvait ressentir.

Dans un cas comme dans l'autre, sur le bord qui était devenu inférieur, les franges marginales du manteau fuirent l'obstacle et, donc, se relevèrent. Comme ce sont elles qui sécrètent la coquille, celle-ci acquit ainsi dans sa croissance une orientation nouvelle, qui la ramena vers sa position naturelle.

Parmi les principales fonctions biologiques affectées par la perte d'équilibre consécutive à l'accident, celles qui nous paraissent avoir joué dans le redressement un rôle prépondérant sont donc la circulation des courants d'eau en vue de la respiration, la sensibilité photique et la sensibilité tactile, cette dernière ayant des conséquences immédiates sur la sécrétion de la coquille et par conséquent la réparation du dommage.

Comme suite aux perceptions précédentes, le rétablissement d'équilibre, auquel l'animal fut contraint pour ne pas périr, est marqué par un nouveau comportement de la coquille ; c'est la deuxième étape dans la vie du sujet (fig. 2). Pour que la valve pût regagner une croissance verticale, le tégument palléal ne devait plus sécréter régulièrement les nouvelles couches calcaires d'accroissement des lames. Ayant à parcourir une distance angulaire d'environ 90°, le limbe avait à rester presque sur place au bord supérieur qui est ici le cardinal, tandis qu'il avait le maximum de trajet à franchir sur le bord inférieur. Du côté du premier bord la sécrétion de calcaire devait rester normale ou, si possible, devenir presque stationnaire, tandis qu'elle devait atteindre la plus active accélération sur le bord opposé. En d'autres termes, au lieu d'être parallèles, les stries d'accroissement que présente le fossile se disposent, tels les rayons d'un quart de circonférence, presque confondues sur le bord qui a servi de charnière à la rotation, divergeant au contraire fortement jusqu'au bord extérieur de la courbe.

Que voyons-nous dans cette zone de la valve inférieure ?

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Au départ de la nouvelle croissance on observe d'abord une sorte de petit bourrelet sur le bord où l'accélération va se produire ; par rapport au limbe antérieur le manteau s'est légèrement relevé pour hâter le mouvement destiné à entraîner la courbure de la valve.

Autre particularité, plus importante : tandis que l'ornementation des côtes reste à peu près constante sur le bord cardinal, la coquille est lisse partout ailleurs, là où la sécrétion est accélérée, les lames n'y étant guère affectées que de stries d'accroissement largement ondulées. Cause physiologique certaine : les lobes sinueux du manteau, qui normalement donnent naissance aux côtes du test, avaient perdu, par accélération de fonction, leur finesse et ne sécrétaient plus le calcaire, en hâte, que d'une manière confuse.

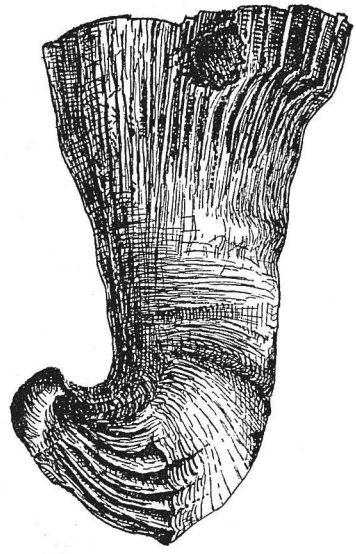


FIG. 5. — L'Hippurite anormal de Roquefixade, vu sur le côté antérieur (dessin à l'échelle de 1/2).

Autre particularité encore : la valve ne s'accroît pas en diamètre, mais uniquement en longueur ; elle prend la forme d'un cylindre tordu.

Dans cette nouvelle phase on ne voit, pas plus que dans les suivantes, une surface de fixation autre que l'initiale, celle qui se trouve à l'origine de la valve. Cette surface était-elle encore fonctionnelle et restait-il un fragment du socle rocheux adhérent à la base ? Ou bien la coquille était-elle simplement implantée sur un fond relativement meuble ?

Par suite du processus précédent l'animal a rétabli dans un plan sensiblement horizontal l'ouverture de sa valve. Il a échappé à la mort. Il n'a plus désormais qu'à croître suivant le mode normal de tous ses congénères.

Mais dans cette troisième étape de sa vie nous constatons que, si la costulation se maintient toujours sur le côté cardinal, elle ne reparaît encore nulle part ailleurs, là où elle avait disparu, et que la valve présente la forme cylindrique la plus nette (fig. 3). La longueur de valve affectée par l'ensemble des caractères tératologiques est d'environ 7 cm.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

C'est la persistance des particularités acquises à la suite du traumatisme, mais ici sans nécessité. Un tel fait biologique est l'un des plus remarquables et assurément le plus étonnant que

Fig. 6. — L'Hippurite anormal de Roquefixade, vu sur le côté postérieur (photog. légèrement réduite, d'un 1/10 environ).

l'Hippurite nous décèle. Probablement endommagés par la sécrétion accélérée de calcaire qui leur avait été demandée, les lobes du manteau conservèrent pendant un certain temps leur déformation ou leur blessure et continuèrent à fonctionner comme dans la phase post-accidentelle. On ne peut plus en effet invoquer ici un besoin de croissance rapide, puisque sur le côté cardinal, qui croissait à même vitesse, la costulation est parfaite.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Enfin l'Hippurite finit par retrouver sa vie normale. Les lobes perturbés du manteau durent se réparer et reprirent leur activité propre. C'est ce que nous enseigne le quatrième et dernier tronçon de la valve, long de 7 cm. et atteignant à l'ouverture 9 et 7 cm. 5 de diamètre ; il présente sur tout le pourtour la jolie costulation régulière et affecte la forme conique évasée, qui avaient été les attributs de l'animal dans les premiers temps de sa vie (fig. 4 et 5).

La caractéristique biologique d'une telle vie est en somme un *traumatisme généralisé ayant entraîné l'hyper-activité d'une partie du manteau, qui en éprouva l'altération temporaire de certaines modalités de sa fonction.*

Voilà donc ce que nous laisse entrevoir de son existence cet antique témoin du monde marin qui s'épanouissait au sein des flots à l'époque crétacée. Dans sa coquille (fig. 6), haute de 14 cm. environ, mais longue en réalité d'une vingtaine si on la mesure suivant la courbure, il nous rappelle les quatre phases de sa destinée :

1) Sa *phase jeune, normale*, à costulation régulière et à forme évasée, avant l'accident qui lui fit perdre l'équilibre ;

2) sa *phase tératologique d'adaptation à un redressement post-traumatique*, avec accélération de croissance sur les régions abaissées (c'est-à-dire autres que la cardinale), d'où résultent la disparition de la costulation sur ces régions à croissance accélérée et la réalisation d'une forme cylindrique ;

3) sa *phase tératologique par persistance de dispositions acquises* ; les caractères apparus dans la phase précédente sont maintenus, mais ici sans utilité visible ;

4) sa *phase adulte, normale*, où sont partout retrouvées la costulation régulière et la forme évasée.

On voit combien est précieux pour la paléobiologie ce fossile de Roquefixade, qui nous montre comment, dans certains cas, *l'accélération de croissance se traduit par une absence de costulation et une forme cylindrique de la valve inférieure.*

S'il est permis d'étendre cette observation, précise dans ce cas tératologique, à l'ensemble des espèces du genre ou à quelques-unes d'entre elles, on peut penser que les Hippurites non ou peu costulés et allongés en tube croissaient dans certaines circonstances plus rapidement que les autres. Il y a là une idée sur les relations entre les possibilités anatomiques et le mode de vie, par conséquent avec l'habitat.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Trajanella Popovici-Hatzeg
genre méditerranéen du Crétacé supérieur

par **Geneviève Delpey**[1].

Planche XX

Résumé.

La section *Paosia* G. Boehm et trois espèces de *Trajanella* du Turonien d'Italie. Rapports de *Trajanella* avec *Ampullina* et *Pseudomelania*; une nouvelle espèce du Santonien des Corbières. Répartition stratigraphique et géographique; habitat.

En 1894, G. Boehm a proposé pour *Natica fadaltensis*, grosse coquille du Turonien de Calloneghe (Italie), la section *Paosia* (p. 146, pl. XV, fig. 1-4). Les échantillons n'étaient pas complets, surtout dans leur région péristomale. Aussi Cossmann plaça-t-il cette section en synonymie de *Cernina*, sous-genre à bord columellaire calleux d'*Ampullina* (T. XIII, p. 36).

Le genre *Ampullina* se compose de coquilles globuleuses à test lisse ou finement ponctué dont l'ouverture possède un plafond droit et un bord columellaire dédoublé en un limbe ombilical. Chez *Cernina*, ce limbe est peu visible car l'ombilic est généralement comblé par le cal columello-pariétal.

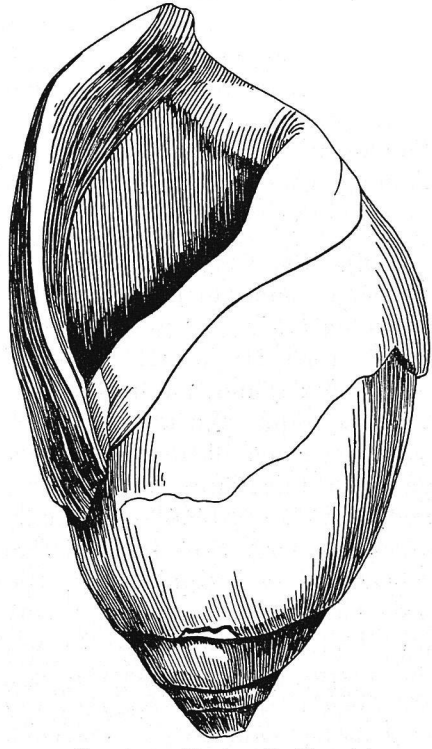


Fig. 1. — *Trajanella* (*Paosia*) *fadaltensis* G. Boehm (réduit de 1/3).

1. Note présentée à la séance du 16 mai 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Trajanella (*Paosia*) *fadaltensis* G. Boehm (fig. 1 et pl. XX, fig. 1 *a-b*). — De très beaux échantillons encore inédits de la collection Munier-Chalmas à la Sorbonne provenant du Bellunais permettent de compléter la définition de *Paosia fadaltensis*. Quand l'ouverture est intacte, on remarque un cal columello-pariétal, épais, caréné qui se continue en s'effilant jusqu'au labre. Le plafond est largement échancré. La partie supérieure du bord columellaire, renflée à l'intérieur de l'ouverture, constitue un pli diffus. Les stries d'accroissement, suivant le contour du labre, sont flexueuses. Lisse, la surface du test porte de fines stries longitudinales. La forme générale est globuleuse, l'angle spiral irrégulier, excavé vers le début de la spire. Enfin, les sutures sont très étroites et irrégulières. En section, on distingue parfois le renflement columellaire.

Trajanella (*Paosia*) *Zitteli* nov. sp. (Pl. XX, fig. 2). — *Alpagina Zitteli* Munier-Chalmas (*in coll.*) peut être distinguée dans la faune de Belluno. Plus allongée que la précédente, elle possède un cal columello-pariétal analogue ; toutefois, le renflement columellaire est moins saillant. Sur l'un des deux échantillons représentant cette espèce, un limbe caréné se distingue du cal columellaire. L'ornementation est finement treillissée. Les caractères de cette espèce ne permettent pas de la distinguer plus que spécifiquement de *T. fadaltensis* puisqu'elle ne s'en distingue que par l'allongement de la spire et le renflement moins important du bord columellaire.

Trajanella Paosi G. Boehm (pl. XX, fig. 3). — Appartenant à la même faune du Bellunais que les deux espèces précédentes, *Pseudomelania* (*Oonia*) *Paosi* G. Boehm (1894, p. 145, pl. V, fig. 5 ; 1884, III, p. 548) est une forme dont l'allongement, toujours assez grand, paraît subir des variations individuelles. Les tours, presque plans, sont finement treillissés, mais les stries d'accroissement flexueuses sont souvent seules visibles. Le cal pariéto-columellaire, d'épaisseur à peu près constante, légèrement convexe, caréné, se continue en bordant le plafond qui est assez échancré. Tous les caractères de cette espèce, que j'ai pu retrouver dans le Coniacien de Dieulefit (coll. Sorbonne), la rapprochent beaucoup d'*Eulima amphora* d'Orbigny (1842, p. 66, pl. CLVI, fig. 1, voir aussi Roman et Mazeran, 1913, p. 46, pl. V, fig. 33-40), que Popovici-Hatzeg a pris pour type de son genre *Trajanella*. Mais *Trajanella amphora* est d'habitude plus courte et d'angle fortement pupoïde. Quant à *Trajanella Munieri* Popovici-Hatzeg (p. 8, pl. XIV, fig. 3), son ouverture moins élevée,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ses tours légèrement renflés vers leur partie inférieure permettent aisément de la distinguer de l'espèce de Bœhm. On voit que les caractères de cette espèce sont exactement ceux d'une *Trajanella*.

Le genre *Trajanella*, défini en 1899 par Popovici-Hatzeg et placé par COSSMANN parmi les *Pseudomelaniidae*, comprend des espèces allongées, à dernier tour assez grand, sutures fines et irrégulières, cal columello-pariétal épais et caréné, bordant l'échancrure du plafond, et labre sinueux. Le type du genre, *T. amphora* (fig. 2 et pl. XX, fig. 4) est très voisin de *T. Paosi*.

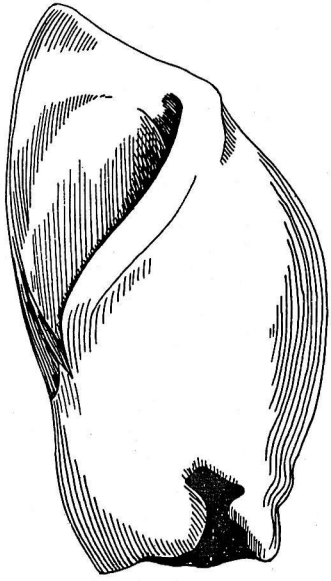


FIG. 2. — *Trajanella amphora* D'ORBIGNY (× 2).

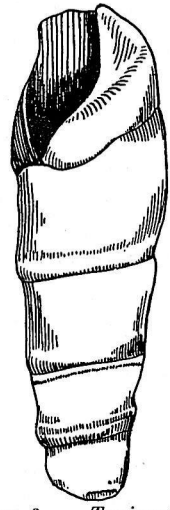


FIG. 3. — *Trajanella Jacobi* nov. sp. (× 2).

Entre *Trajanella Paosi* et *T.* (*Paosia*) *Zitteli*, la différence consiste surtout dans la forme un peu moins élancée et le renflement du bord columellaire de celle-ci. Le second caractère peut servir à déterminer une subdivision dans le genre *Trajanella*, le premier est à peine spécifique. Les mêmes faits permettent de placer *Paosia fadaltensis* dans le genre *Trajanella*.

Quelles sont les affinités du genre Trajanella ? La forme allongée de la plupart des espèces qu'il contient le rapprochent, pour les auteurs, de *Pseudomelania* dont il se distingue par son bord columellaire caréné et l'échancrure du plafond. Par contre la forme globuleuse de *T.* (*Paosia*) *fadaltensis* et le limbe columellaire distinct chez *T.* (*Paosia*) *Zitteli*, mais apparent sous forme de la carène limitant extérieurement le bord columellaire de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

toutes les *Trajanella*, rapprochent ce genre d'*Ampullina* et surtout de sa subdivision *Cernina*.

Trajanella Jacobi nov. sp. (fig. 3 et pl. XX, fig. 4). — Dans le Santonien supérieur de Moulin Tiffou (Corbières), M. Ch. Jacob a récolté une forme très particulière pouvant être rapportée au genre *Trajanella*. La spire allongée, à dernier tour assez élevé, comprend des tours renflés au-dessus de la suture inférieure. Le plafond, échancré typiquement, est bordé par la continuation du cal columello-pariétal qui, très développé, est déprimé et même excavé. Le renflement inférieur du tour et la dépression du cal columellaire distinguent cette espèce de toutes les autres *Trajanella*. Cette même dépression rappelle celle qui caractérise la subdivision *Megatylotus* d'*Ampullina*.

Des variations analogues du cal columello-pariétal sont donc susceptibles d'affecter *Trajanella* et *Ampullina*. Peut-être définissent-elles des grades. En tous cas, *Trajanella* paraît aussi proche de *Pseudomelania* que d'*Ampullina*. Or, si *Pseudomelania* est le type extrême des *Pseudomelaniidae*, *Ampullina* est celui des *Euspiridae*. Je compte montrer dans une prochaine publication qu'entre *Microschiza*, Pseudomelaniidé étudié dans une note précédente, et *Tylostoma*, Euspiridé, la parenté est assez étroite également.

Répartition (fig. 4). — La plus ancienne espèce appartenant à ce genre est *Trajanella brevispira* H. Douvillé (p. 140, pl. XVIII, fig. 17) de l'Albien ou du Vraconnien inférieur du Moghara, dont la spire est assez courte et le dernier tour allongé. *Trajanella Munieri* Popovici-Hatzeg a été décrite dans le Cénomanien inférieur de Roumanie. *Trajanella Romani* de Brun et Chatelet (p. 41, fig. 28, pl. I, fig. 30), petite espèce voisine de *T. amphora*, provient du Cénomanien du Gard. Au Turonien, *Eulima amphora* d'Orbigny est très abondante dans les grès d'Uchaux et, en Italie, on peut citer *Trajanella Paosi*, *T.* (*Paosia*) *Zitteli* et *T.* (*Paosia*) *fadaltensis*. Dans le Liban, *Trajanella gigantea* Stoliczka m'a été fournie par les couches à Nérinées et Actéonelles de cet étage. C'est aussi à l'étage turonien que Cossmann rapporte *Pseudomelania* (*Oonia*) *sp.* H. Woods (p. 313, pl. XXXVIII, fig. 1). Comme la précédente, à laquelle elle a d'ailleurs été identifiée par Stoliczka, c'est une forme ovoïde. Dans le Coniacien de Dieulefit, j'ai identifié *Trajanella Paosi*. Le type d'*Euchrysalis gigantea* Stoliczka, espèce que l'on cite encore en Saxe, provient des couches de Trichinopoly et Arrialoor dans l'Inde. *Trajanella Jacobi* vient du Santonien supérieur

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

des Corbières. En Espagne, Vidal a décrit *Trajanella Doncieuxi* dans le Maestrichtien de Sensuy (p. 11, pl. IV, fig. 3-4) ; cette forme rappelle *T. Paosi*. Le continent américain n'a pas encore

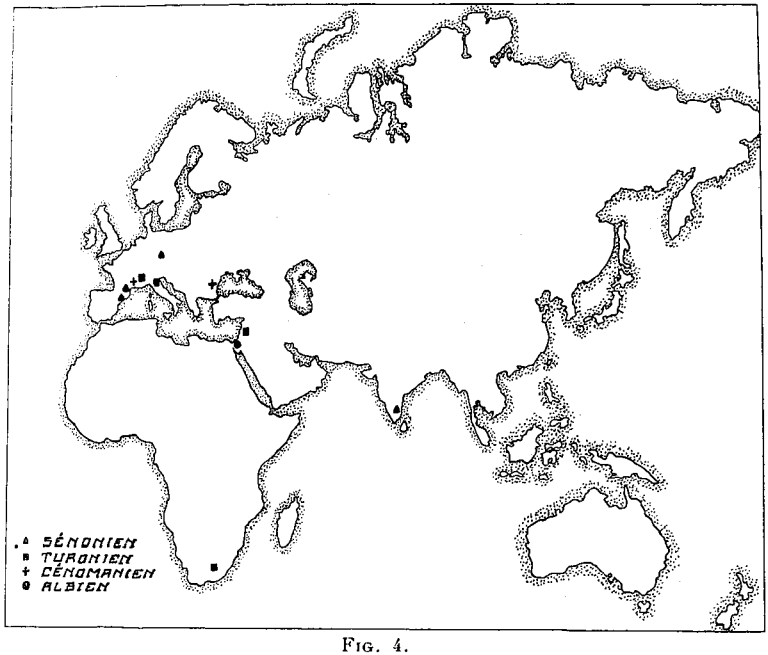


FIG. 4.

fourni, à ma connaissance, de Trajanelle bien définie ; cependant Roemer a décrit, dans le Crétacé du Texas, *Eulima* (?) *texana* (p. 40, pl. VI, fig. 2) dont le galbe s'en rapproche, mais l'échantillon figuré est brisé dans sa région péristomale et ne montre pas les stries d'accroissement.

DIMENSIONS COMPARÉES D'ÉCHANTILLONS A LEUR MAXIMUM PROBABLE DE DÉVELOPPEMENT :

	Longueur mm.	*Diamètre* mm.	*Angle*	*Hauteur ouverture* mm.	*Nombre de tours*
T. brevispira (type)	45	20	35°	24	4 ou 5 (brisé)
T. Munieri (type)	90	30 (env.)	35°	35	7 ou 8
T. Romani (type)	40	29	28°-32°		
T. amphora (type)	53	16 (env.)	42°	17 (env.)	10
T. Paosi	75	25	37°	33	7
T. (Paosia) Zitteli	151	63	58°	85	8
T. (Paosia) fadaltensis	140	80	81°	104	6 ou 7
T. gigantea (type brisé)	83	39	55°	40	6
T. Jacobi	31	10	23°	11,5	5
T. Doncieuxi	110	28	35° (env.)	40	4

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

HABITAT. — Les *Trajanella* ont toujours été trouvées, jusqu'ici, parmi des faunes méditerranéennes. Dans presque tous les gisements, elles ne sont représentées que par une seule espèce de petite taille. En Roumanie, dans le Gard, à Uchaux, au Liban, dans l'Inde, la gangue est siliceuse, au Moghara c'est un calcaire à oolithes ferrugineux, dans le Pondoland, un calcaire ou une argile à coquilles, dans les Corbières ce sont des marnes bleues gréseuses. La faune turonienne du Bellunais, qui fournit trois belles espèces, dont deux atteignent de très grandes dimensions, est contenue dans des calcaires cristallins blancs à Rudistes, grandes Nérinées (*N. Ernesti* PARONA, *N. olisiponensis* SHARPE et une espèce nouvelle), Actéonelles (*A. Sanctae-Crucis* FUTTERER, *A. Damesi* FUTTERER (*Cylindrites* in FUTTERER), *A. crassa* DUJARDIN) et *Nerita depressa* G. BŒHM. Il y a aussi un échantillon de *Nerinella flexuosa* SOWERBY qui dépasse de beaucoup les dimensions typiques. Cette faune paraît la plus récifale ou subrécifale des faunes à Trajanelles, qui y atteignent leur apogée quant au nombre d'espèces et aux dimensions : *T. Paosi* semble représenter la forme typique, puisque d'ailleurs elle n'est pas spéciale aux gisements italiens.

Intermédiaire entre *Pseudomelania* et *Ampullina*, le genre méditerranéen bien défini *Trajanella* paraît donc cantonné de l'Albien au Sénonien. Dans le Turonien d'Italie, il est représenté par de plus nombreuses et plus grandes espèces présentant des variations suffisamment importantes pour y définir la subdivision *Paosia*. Une autre subdivision pourrait être créée pour *Trajanella Jacobi*. Mais la valeur systématique exacte de ces sections reste à établir.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BIBLIOGRAPHIE

1842-43. D'ORBIGNY (Alcide). — Paléontologie française des terrains crétacés, t. II, Gastéropodes.
1852. ROEMER (Ferdinand). — Die Kreidebildungen von Texas und ihre organischen Einschlüsse.
1868. STOLICZKA (Ferdinand). — Cretaceous fauna of Southern India, vol. II. The Gastropoda. *Pal. Ind. Mem. of the geol. surv. of India.*
1884. BŒHM (Georg). — Beiträge zur Kenntniss der grauen Kalke in Venetien.
1891. MUNIER-CHALMAS. — Étude du Tithonique, du Crétacé et du Tertiaire du Vicentin.
1892. FUTTERER (K.). — Die oberen Kreidebildungen der umgebung des Lago di Santa Croce in den Venetianer Alpen. *Pal. abh. Herausg. von W. Dames und E. Kayser. Neue Folge, Band* II (*Der ganzenreihe Band* VI), Heft. I.
1894. BŒHM (Georg). — Beiträge zur Kenntniss der Kreide in den südalpen. I, Die Schiosi- und Calloneghe-Fauna. *Palæontographica*, XLI, p. 81-148, pl VIII-XV.
1899. POPOVICI-HATZEG (V.). — Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie. Environs de Campulung et de Sinaïa. *Mém. Soc. géol. de France. Pal.*, n° 20.
1906. WOODS (Henry). — The Cretaceous Fauna of Pondoland. *Annals of South Afr. Mus.*
1909. COSSMANN (Maurice). — Essais de Paléoconchologie comparée, t. VIII.
1916. DOUVILLÉ (Henri). — Les terrains secondaires dans le Massif du Moghara à l'Est de l'Isthme de Suez, d'après les explorations de M. Couyat-Barthoux. *Mém. Acad. Sc.*
1917. VIDAL (Luis Mariano). — Nota Paleontologica sobre el cretaceo de Cataluña. *Asoc. Esp. para el Progr. de la Ciencias.*
1925. COSSMANN (Maurice). — Essais de Paléoconchologie comparée, t. XIII.
1926. DE BRUN et CHATELET. — Le Cénomanien de Montfaucon (Gard). *Trav. Lab. géol. Fac. Sc. Lyon*, fasc. IX, mém. 8.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XX

1. *Trajanella* (*Paosia*) ***fadaltensis*** G. BŒHM, *a*) vue de face, *b*) vue de la base.
2. *Trajanella* (*Paosia*) ***Zitteli*** nov. sp., vue de face.
3. *Trajanella* ***Paosi*** G. BŒHM, vue de face.
4. *Trajanella* ***amphora*** D'ORBIGNY, vue de la base.
5. *Trajanella* ***Jacobi*** nov. sp., *a*) vue de face, *b*) vue de dos.

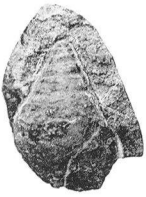
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1a

1b

1c

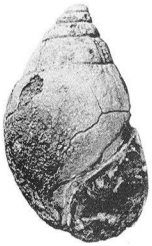
6



2

5

3



4a

8a

4b

7a

8b

8c

7b

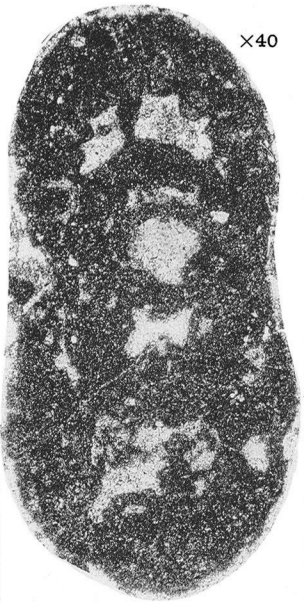
Cl. Mémin

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

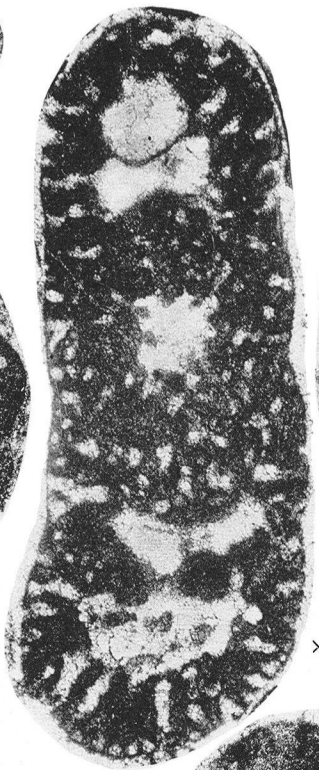
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Bull. Soc. Géol. de France S. 5 ; t. VIII ; pl. XIII

1



2



5 ×40

3 ×22

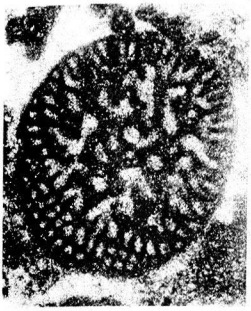
4 ×35

Cl. P. Mémin, Paris

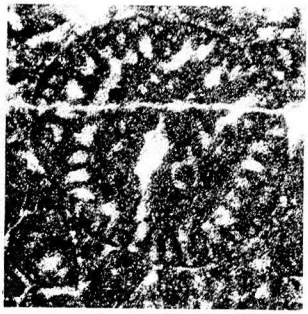
Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

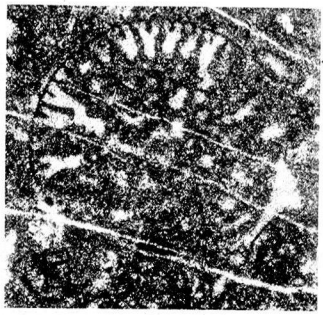
Bull. Soc. Géol. de France S. 5 ; t. VIII ; pl. XIV



1 ×40

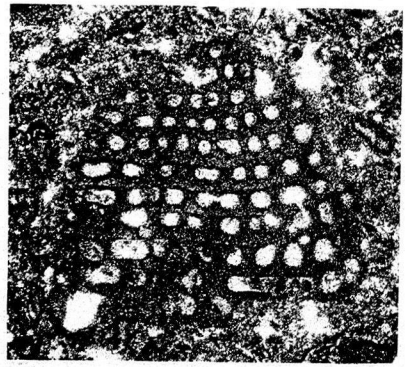


2 ×40

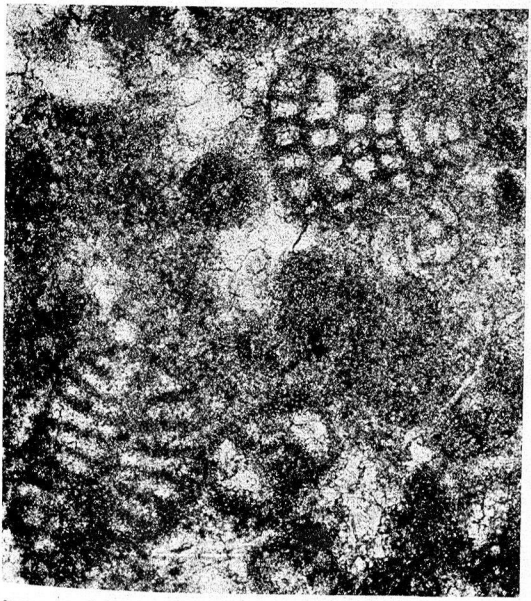


3 ×40

4 ×40



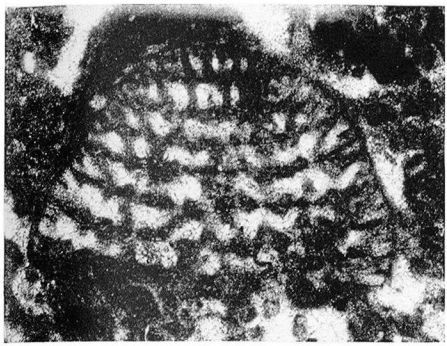
5 ×40



Cl. P. Mémin, Paris 6 ×120

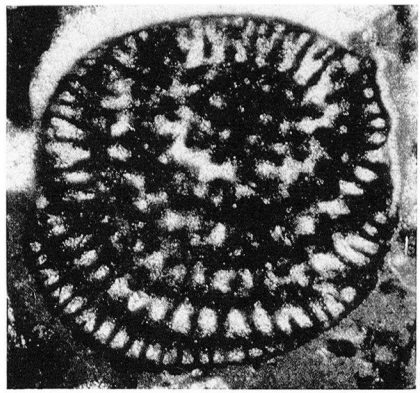
7 ×120

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



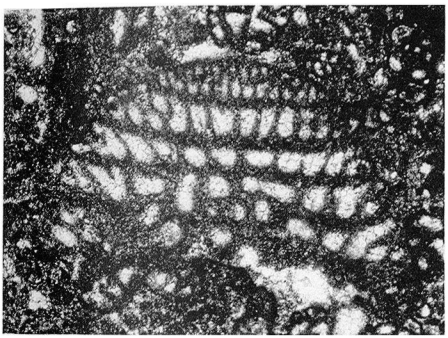
1

×40



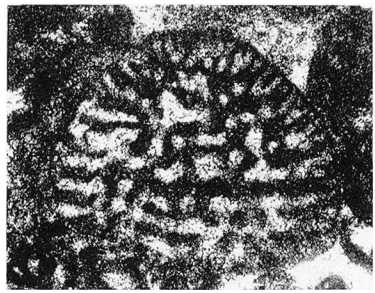
2

×40



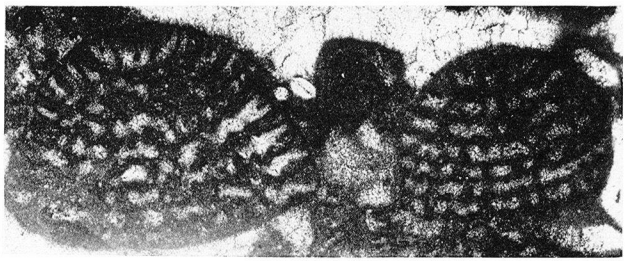
7

×40



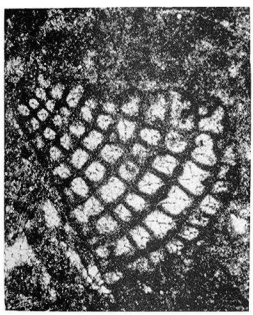
8

×40



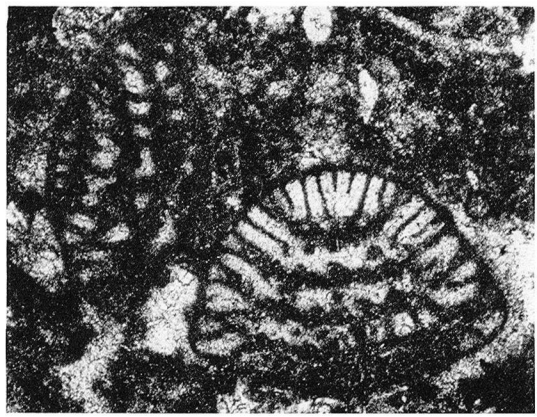
3

×30



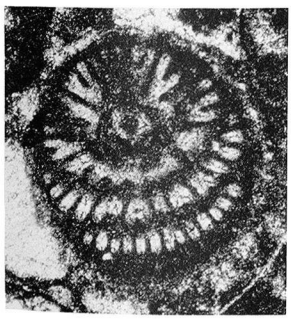
4

×40



6

×50

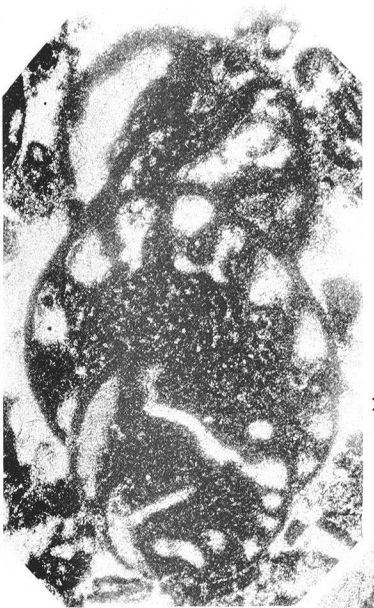


5

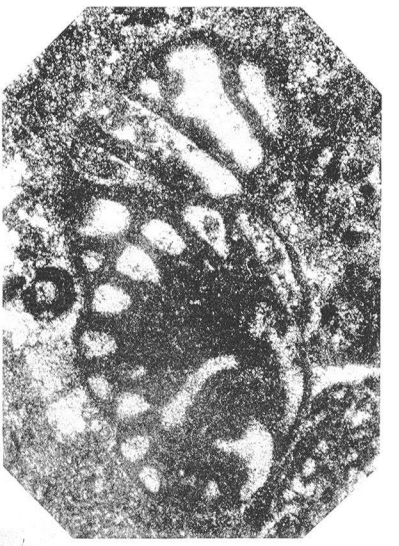
×50

Cl. P. Mémin, Paris

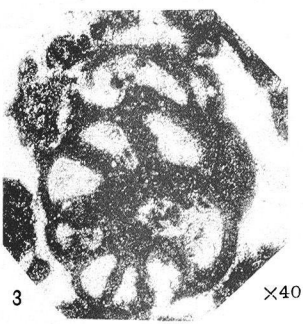
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



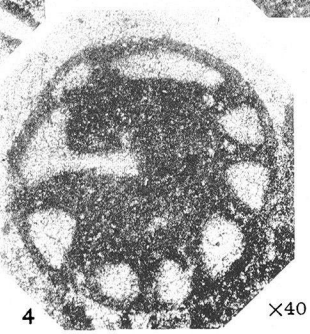
1 ×40



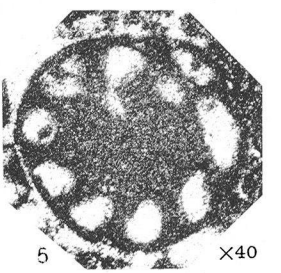
2 ×40



3 ×40

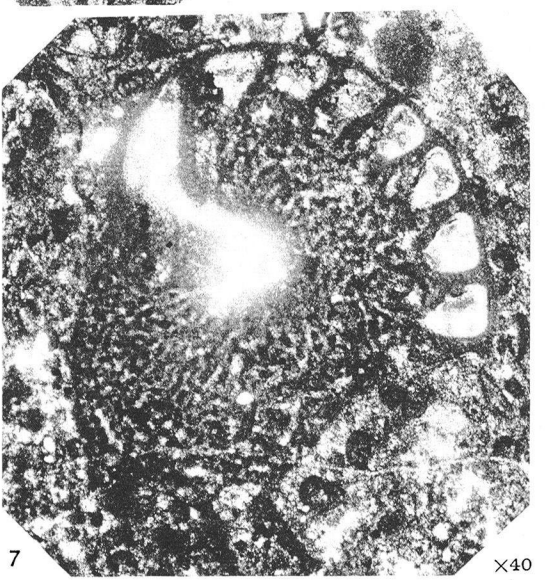


4 ×40



5 ×40

6 ×40



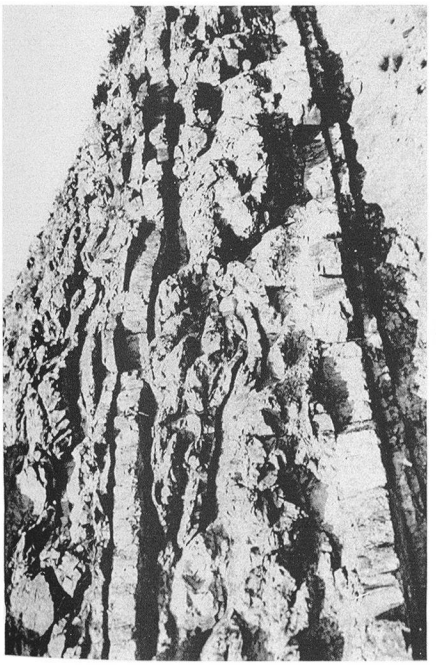
7 ×40

Cl. P. Mémin, Paris

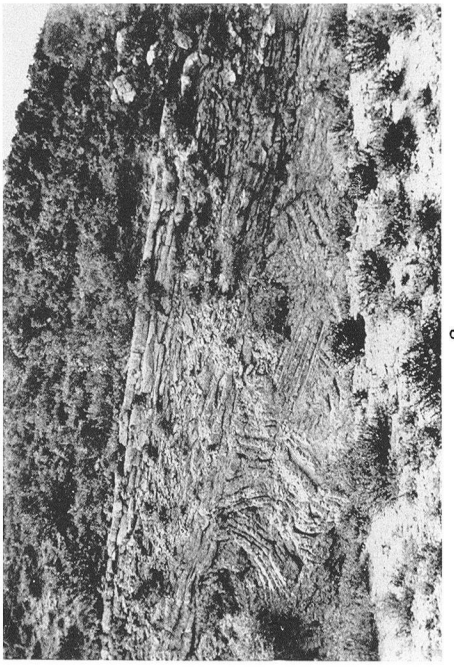
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2

4



1

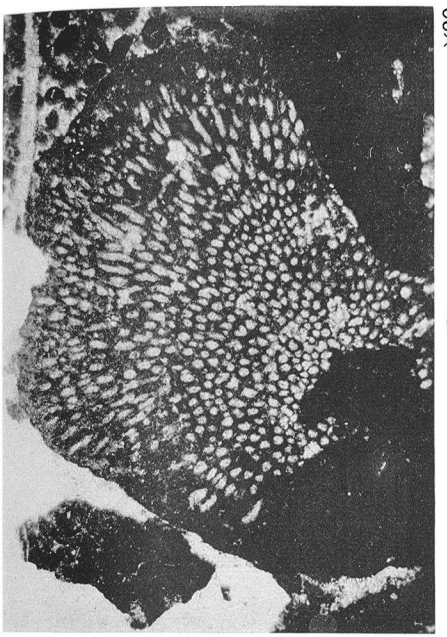


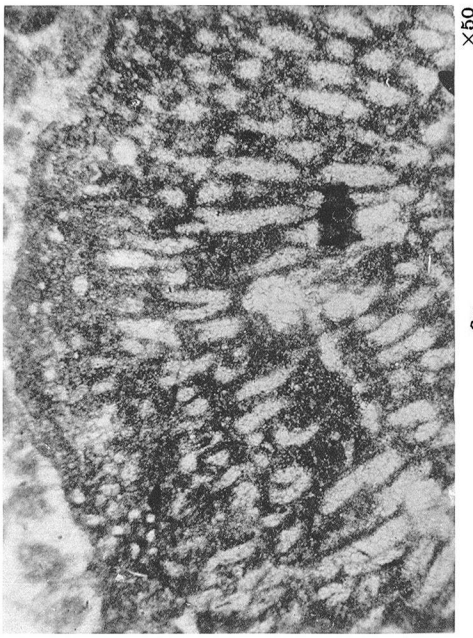
3

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Bull. Soc. Géol. de France S. 5 ; t. VIII ; pl. XVIII



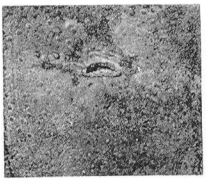


Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1

12 ×4



4

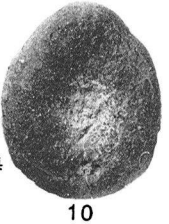
×4 9

5

11

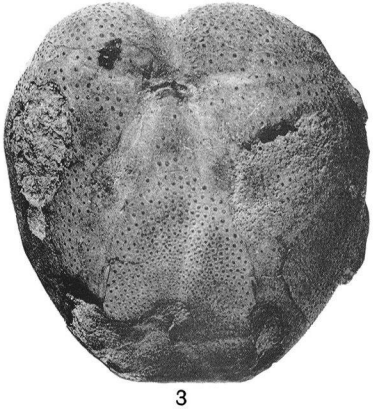
2

6



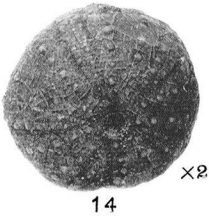
×4 10

7

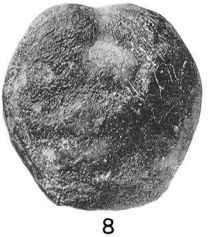


3

13 ×2



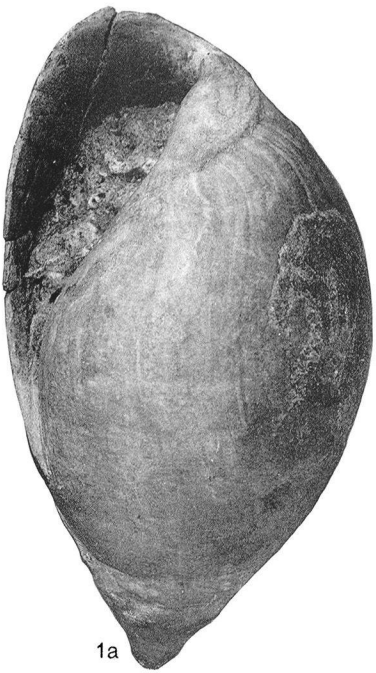
14 ×2



8

Phototypie Memin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



1a

2

4

3

1b

5a

5b

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur l'âge et la répartition de certains faciès du Miocène dans le Prérif

par **J. Lacoste** et **M. Rey** [1].

Planches XXI, XXIII et XXV.
Annexe II.

Résumé :

Le Service Géologique, commun à la Société Chérifienne des Pétroles et au Bureau de Recherches et de Participations Minières, a étudié, durant ces dernières années, la partie marginale occidentale de la chaîne du Rif, entre le rivage de l'Atlantique et le méridien de Fès.

Ces régions ont fait l'objet de travaux antérieurs (voir bibliographie), qui ont abordé ou résolu divers problèmes posés par des sédiments à faciès semblables où le travail stratigraphique est particulièrement difficile. Dans les faciès marneux devait être cherchée la solution de problèmes importants pour la paléogéographie et la tectonique de ces régions, tels (parmi les principaux) ceux du Crétacé, de l'Aquitanien, du Burdigalien.

Cette note a pour but de présenter les études relatives aux divers faciès du Miocène et, en particulier, les conséquences de la découverte des faciès marneux de l'Aquitanien et du Burdigalien dans le Prérif.

Problèmes posés par la répartition et les faciès de l'Aquitanien et du Burdigalien.

Nous rappellerons brièvement à leur sujet que leurs faciès gréseux et continentaux sont connus depuis longtemps par les travaux de A. Beaugé et de M. L. Joleaud (1) qui, les premiers, en 1922, ont observé des couches rouges à *Helix* à la base des grès burdigaliens.

M. F. Daguin (2) a précisé cette question en distinguant dans les rides prérifaines un Aquitanien marin à *Amphiope*, précédant un Aquitanien continental à *Helix*.

Le faciès marin, type flysch, devait être identifié dans le Rharb par M. J. Bourcart et Mlle E. David (3), et par l'un de nous (4) dans des régions plus internes du Rif. Enfin A. Senn

1. Cette étude, présentée à la séance du 17 janvier 1938, est le résultat du travail d'une équipe. Y ont participé, à des titres divers : MM. Bruderer, Gouskov, Gubler, Lacoste, Lévy, Mourou, Ostrowsky, Rey, Senn, Tenaille. Ont été particulièrement utilisées ici les observations sur le terrain de MM. Gouskov, Tenaille, et celles au laboratoire de MM. Ostrowsky et Rey. Ces études ont été coordonnées par J. Lacoste. Les photographies micro-paléontologiques ont été effectuées au laboratoire du Bureau Minier par M. Chabas.

3 février 1939. Bull. Soc. Géol. Fr. (5), VIII. — 20

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

(5, p. 90) envisageait la présence dans le Rharb d'un faciès marneux de l'Aquitanien d'après la faune de certains échantillons de deux sondages profonds effectués près de Souk el Arba (AH 14 et AH 36). Toutefois certains éléments de cette faune (grandes Nummulites, Milioles) ne s'accordaient pas avec la

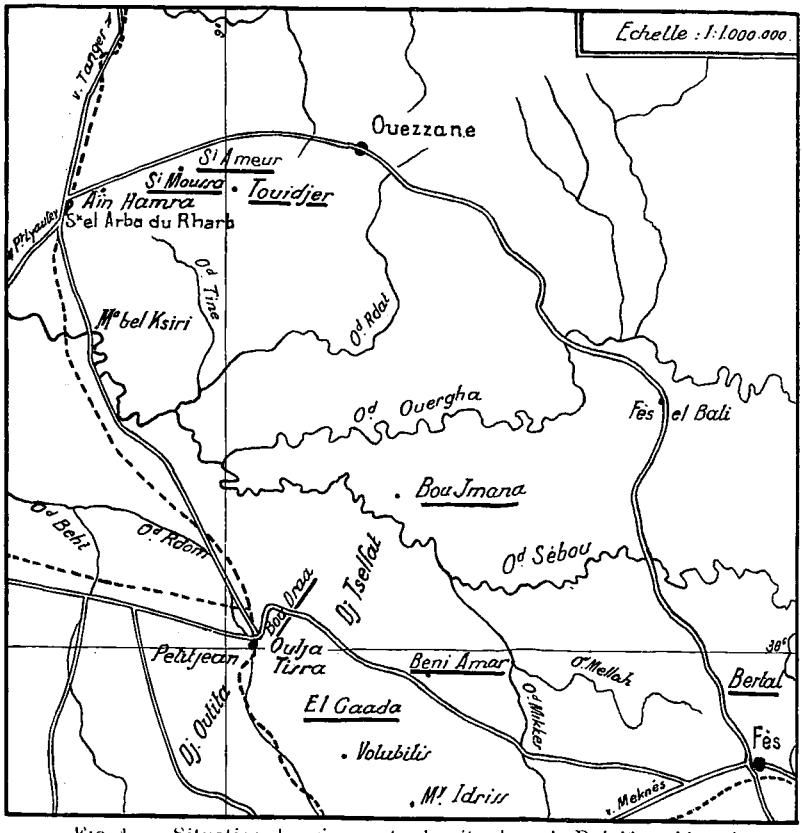


FIG. 1. — Situation des gisements décrits dans le Prérif occidental.

détermination de l'âge aquitanien, à moins que l'on considère ces éléments comme remaniés.

Pour le Burdigalien, deux faciès étaient connus dans le Prérif avant nos recherches, d'une part le faciès gréseux des rides, à Pectinidés, décrit par A. Brives, et surtout par M. F. Daguin, ces grès étant surmontés par les marnes de Beni-Amar, d'âge helvétien inférieur, décrites en premier lieu par M. R. Abrard (6), et d'autre part le faciès flysch et conglomératique signalé vers Ouezzane par M. J. Bourcart et Mlle E. David, puis étudié par M. A. Senn.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ces quelques notions sur ces faciès très localisés ne permettaient pas d'apporter toute la clarté désirable, et nécessaire en particulier à nos recherches pétrolières, sur les dispositifs paléogéographiques de ces époques.

C'est ainsi que, comme l'a pensé A. Senn, le fait de reconnaître, au Dj. Si Ameur el Hadi, la superposition directe des conglomérats burdigaliens aux grès et aux marnes à *Hantkenina* de l'Éocène supérieur, de même que la présence, à Aïn Hamra, des marnes bleues vindoboniennes reposant directement sur les marnes gréseuses chattiennes-aquitaniennes, suggérait l'idée d'une lacune générale s'affirmant au Burdigalien, après avoir débuté plus ou moins tôt, suivant les points, dans le Nummulitique supérieur. Et les aires très réduites montrant du Burdigalien gréseux ou conglomératique (rides prérifaines, Si Ameur el Hadi) seraient ainsi assimilées à des bassins d'où serait issue plus tard la transgression vindobonienne.

D'une manière différente, on pouvait supposer que les dispositifs paléogéographiques et la répartition des faciès du Secondaire et de la partie inférieure et moyenne du Nummulitique, persistaient dans leurs traits essentiels durant l'Aquitanien et le Burdigalien. C'était ainsi retenir l'idée d'une sédimentation continue de la série marneuse, comme l'ont indiqué M. J. Bourcart et Mlle David (3, p. 36) et l'un de nous (4, p. 404-406) qui a envisagé comme probable *la présence dans cette série marneuse d'un faciès latéral du Burdigalien*, équivalent de celui connu sur les massifs prérifains ou à Si Ameur el Hadi.

Restaient donc à découvrir ces *équivalents marneux*, ainsi annoncés par analogie avec les répartitions de faciès aux époques antérieures. En même temps qu'une mise à l'épreuve d'une hypothèse régionale sur les zones et régimes de sédimentation, ces recherches allaient préciser la part de l'oro-

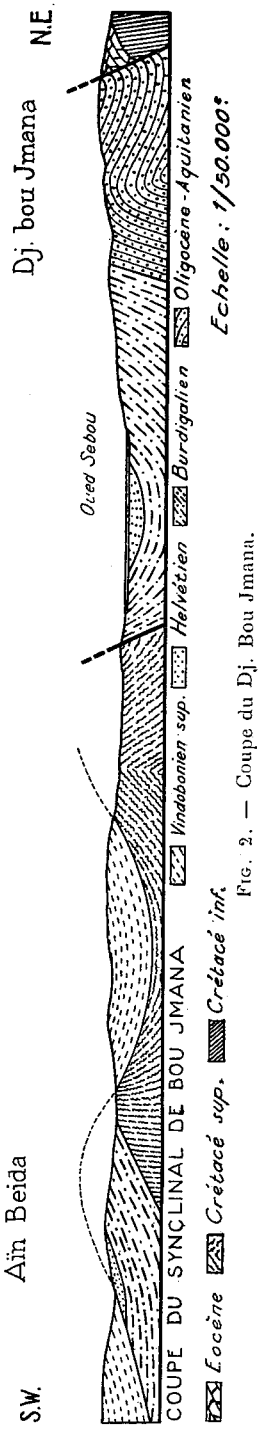


FIG. 2. — Coupe du Dj. Bou Jmana.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

génèse post-oligocène et anté-burdigalienne, questions qui, outre leur intérêt spéculatif, sont importantes pour nos recherches pratiques.

Faciès marneux de l'Aquitanien et du Burdigalien.

La réponse à ces questions allait être donnée, en premier lieu, par l'étude du massif du Dj. Bou Jmana situé sur la rive droite de l'oued Sebou, à une douzaine de kilomètres au Nord du Dj. Tselfat. Dès que nos levers effectués sur cette région ont montré la présence d'une épaisse série de flysch nummulitique se terminant par des horizons attribuables au Miocène inférieur (Beni Amar), nous nous sommes efforcés d'y saisir dans le détail les variations de la microfaune dans son passage de l'Oligocène au Miocène. Cette étude a été réalisée par la collaboration de N. Gouskov pour le terrain et de M. Rey pour la microfaune.

Dans son ensemble, le Dj. Bou Jmana se présente comme un synclinal orienté NW-SE, long de près de 20 km., large d'une dizaine, sur la partie axiale duquel coule le Sebou, et dont le flanc SW est étiré (Pl. XXIII).

Ce synclinal est constitué par un flysch épais d'environ 1.800 m., reposant à sa base sur des marno-calcaires de l'Éocène moyen et supérieur, et eux-mêmes sur les marnes crétacées ; ce flysch est recouvert à son tour par des marnes blanches et bleuâtres qui ont fait l'objet particulier de notre étude (voir coupe).

Alors que les marnes éocènes présentent des froissements, replis et écaillages où intervient le Crétacé, par contre, la série du flysch est remarquablement homogène et tranquille, et passe en concordance parfaite aux marnes supérieures. Cette concordance a pu être observée et vérifiée sur le trajet de différentes coupes offertes par les ravins qui entaillent le flysch.

Quel est donc l'âge de cette série ? Outre les prélèvements de surface dans ces couches ravinées, de nombreux puits à main ont été effectués. Ils ont permis de distinguer, de la base (flanc nord) au sommet, la succession suivante :

a) Marnes blanches inférieures (reposant sur le Crétacé) contenant :

Globorotalia velascoensis Cushman
Pulvinulinella culter Parker et Jones
Cibicides perlucida Nuttall
Eponides Trümpyi Nuttall,

Éocène moyen

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

b) Marnes à intercalations sableuses, passant progressivement au flysch avec :

Cibicides perlucida NUTTALL (ab.)
Eponides nov. sp. (r.)
Vulvulina pennatula BATSCH
Vulvulina Colei CUSHMAN
Anomalina grosserugosa GÜMBEL
Cyclammina sp.
Petites Nummulites,

ÉOCÈNE SUPÉRIEUR

c) Flysch à dominante marneuse, avec une faune pauvre :

Anomalina aff. *mecatepecensis* NUTTALL
Siphonodosaria abyssorum BRADY
Amphistegina lessonii D'ORBIGNY
Cyclammina sp.

OLIGOCÈNE INFÉRIEUR

d) Flysch à dominante gréseuse (rupture de pente très nette entre celui-ci et le précédent) :

Amphistegina lessonii D'ORBIGNY
Operculina complanata DEFRANCE
Miogypsina complanata SCHLUMBERGER
Miogypsina irregularis A. MICHELOTTI
Nephrolepidina Tournoueri LEMOINE et R. DOUVILLÉ
Eponides nov. sp.
Anomalina aff. *mecatepecensis* NUTTALL
Anomalina grosserugosa GÜMBEL
Cassidulina subglobosa BRADY
Vulvulina pennatula BATSCH
Globobulimina sp.

OLIGOCÈNE SUPÉRIEUR (CHATTIEN)

e) Flysch à dominante gréseuse, même caractère lithologique que le précédent, mais avec une microfaune où l'on distingue :

un groupe de formes nummulitiques :

Amphistegina lessonii D'ORBIGNY
Nephrolepidina Tournoueri LEMOINE et R. DOUVILLÉ
Miogypsina irregularis A. MICHELOTTI
Anomalina aff. *mecatepecensis* NUTTALL
Siphonodosaria abyssorum BRADY

un groupe de formes, connues dans le Burdigalien gréseux et conglomératique du Dj. Si Ameur :

Cristellaria Clericii FORNASINI

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cibicides cf. *Deusseni* Weinzierl et Applin
Anomalina sp.

un groupe de formes connues dans les marnes miocènes :

Bolivina scalprata Schwager, var. *miocenica* Macfadyen
Nonion incisum Cushman
Nodosaria scalaris Batsch.

Cette association, qui reflète une nette évolution de la faune et qui se trouve dans des horizons superposés au Chattien, paraît devoir être rapportée à l'*Aquitanien*.

f) Marno-calcaires blancs, concordants avec l'Aquitanien. Ils contiennent :

un groupe de formes nouvelles, inconnues dans le Nummulitique comme dans les marnes vindoboniennes :

Nodosaria sp.
Globorotalia canariensis d'Orbigny
Cibicides sp.
Uvigerina sp.

un groupe de formes à affinités nummulitiques :

Cibicides cf. *Deusseni* Weinzierl et Applin
Anomalina aff. *mecatepecensis* Nuttall
Cyclammina cancellata Brady
Lagena Orbignyana Seguenza
Vulvulina Colei Cushman
Pleurostomella alternans Schwager
Pleurostomella brevis Schwager

un groupe de formes à affinités vindoboniennes :

Lingulina seminuda Hantken
Planulina ornata d'Orbigny
Cristellaria Clericii Fornasini
Ceratobulimina pacifica Cushman et Harris
Unigerina hispida Schwager.

On est d'autant plus *autorisé à considérer cette microfaune comme burdigalienne* que, au Dj. Si Ameur el Hadi (« formation de la cuvette »), on retrouve cette faune identique dans des marno-calcaires reposant sur des grès et conglomérats à intercalations marneuses dont l'âge burdigalien est hors de doute étant donné la présence, d'après A. Senn (5, p. 91), de Miogypsines et en particulier *Miogypsina irregularis* formes A et B.

L'âge burdigalien de cette formation marno-calcaire de Bou-Jmana est d'ailleurs confirmé par le fait suivant :

Au-dessus d'elle, et en concordance (Aïn Beida), se trouvent

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

des marnes qui contiennent une microfaune tout à fait semblable à celle des marnes de Beni-Amar (Helvétien inférieur) situées, dans l'enveloppe des rides prérifaines, sur la molasse burdigalienne. C'est ainsi que, *à Bou Jmana, nous avons identifié pour la première fois les marnes de Beni-Amar dans la série marneuse subsidente dite du « sillon prérifain »*.

Afin de ne pas charger cette note préliminaire, le détail des distinctions stratigraphiques obtenues par la microfaune a été exprimé dans le tableau annexé (Annexe II).

Les résultats obtenus sur les termes marneux de l'Aquitanien, du Burdigalien et du Vindobonien inférieur en ces coupes du Dj. Bou Jmana, allaient éclairer la stratigraphie d'autres points de la zone marneuse prérifaine.

C'est tout d'abord, à l'Ouest, dans la région de *Si Moussa ben Zered* (*Rharb*) que fut reconnue, grâce aux travaux conjugués de M. Rey et M. Tenaille, une formation marneuse qui, attribuée d'abord par A. Senn (6, p. 88) à l'Éocène supérieur, a pu être identifiée d'âge burdigalien. Elle est en tous points semblable à celle du Dj. Bou Jmana, et se présente là encore en dispositif synclinal, dont un des flancs, très redressés et comprimés contre les séries crétacées encadrantes, a été exploré par sondage jusqu'à 2.007 mètres.

Le mimétisme des marnes burdigaliennes, nummulitiques et crétacées avait là encore amené une confusion, notamment entre les marnes burdigaliennes proprement dites et les marnes nummulitiques de la bordure du synclinal. Ces dernières contiennent en effet des Nummulites, des Asterocyclines et quelques *Hantkenina*, alors que les marnes du centre du synclinal ont exactement la même faune que les marnes burdigaliennes de la Cuvette de Si Ameur et du Dj. Bou Jmana. Du fait de ce mimétisme leur limite n'est évidemment pas visible sur le terrain.

La discrimination de l'Aquitanien et du Burdigalien à l'aide des Foraminifères n'est pas toujours aussi aisée qu'au Dj. Bou Jmana. Cette discrimination se fait principalement grâce à l'apparition d'une faune nouvelle au Burdigalien (*Karreriella*, *Cibicides* cf. *Deusseni*, *Cibicides* sp., etc.). Cette apparition suppose une communication entre le bassin où se déposent les sédiments burdigaliens et la mer. Dans le cas d'un bassin isolé, où la sédimentation se poursuit depuis l'Aquitanien, il ne peut être question de l'apparition d'espèces nouvelles, nous assisterons alors à un appauvrissement de la faune aquitanienne sans apport d'espèces nouvelles burdigaliennes. Dans un tel cas (par exemple, synclinal de Touidjer Si Ameur), il ne sera pas possible d'obser-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ver le passage de l'Aquitanien au Burdigalien. L'inverse se produira dans le cas d'une transgression (Si Ameur, Aïn Beida) ou dans le cas d'une communication de bassin avec la mer, comme au Bou Jmana.

Dans de tels cas nous pouvons donc avoir des équivalences stratigraphiques correspondant à des faunes assez différentes. Il est fort probable, par exemple, que les couches supérieures du synclinal de Touidjer considérées comme aquitaniennes quant à leur faune soient du même âge que les grès et conglomérats de Si Ameur attribués au Burdigalien inférieur.

Il est bien entendu que de telles observations ne s'appliquent qu'à un régime de bassins plus ou moins isolés, comme c'est le cas dans cette région.

A l'Est du Dj. Bou Jmana, sur le méridien de Fès, et à une quinzaine de kilomètres au Nord de cette ville, l'étude qu'a faite J. Gubler de la région Bertal, pour la Société Chérifienne des Pétroles, a montré une fois encore la présence d'une série concordante englobant Oligocène, Aquitanien, Burdigalien, marnes de Beni-Amar, et admettant même, ici, *en continuité* les marnes vindoboniennes. En outre, cette série est ici plissée de façon moins violente et subsiste encore, contrairement à ce qui se produit dans le Rharb, plus ou moins complète, sur les dispositifs anticlinaux.

Cette continuité stratigraphique est une démonstration de la persistance de l'unité paléogéographique qu'est le sillon prérifain.

Remarques sur les faciès néritiques et continentaux de l'Aquitanien et du Burdigalien des rides prérifaines.

Ainsi que l'ont montré les travaux de A. Beaugé et de M. L. Joleaud (1, p. 274) et de M. F. Daguin (2, p. 299-307) rappelés plus haut, on trouve, sur la plupart des rides prérifaines, à la base de la molasse gréseuse burdigalienne, des formations de marnes rouges à *Helix* et des calcaires marins à *Amphiope* qui ont été rapportés à l'Aquitanien.

Pour compléter nos données paléogéographiques, nous avons voulu nous assurer s'il y avait discontinuité entre les sédiments marins et continentaux de l'Aquitanien et ceux appartenant à la trangression burdigalienne.

D'après les coupes décrites par M. F. Daguin, de même que d'après nos observations, *aucune discordance n'a pu être relevée*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

entre Aquitanien et Burdigalien, la discordance majeure se plaçant au contraire entre l'Aquitanien et le Crétacé ou le Jurassique sous-jacents. Souvent, la base de l'Aquitanien comporte des blocs remaniés de ces terrains antérieurs, et l'on constate un passage progressif des marnes rouges à *Helix* (Aquitanien) à la molasse gréseuse à Pectens (Burdigalien).

Ces faits ont permis de faire coïncider (J. Lacoste, 7), l'Aquitanien des rides prérifaines avec le début de la transgression miocène, qui, hésitante d'abord, avec épisodes continentaux, s'est amplifiée et affirmée au Burdigalien.

D'après l'étude qu'il a faite du massif du Zerhoun, M. R. Lévy, géologue de la Société Chérifienne des Pétroles, a distingué, pour l'Aquitanien et le Burdigalien, les trois termes observés déjà par M. F. Daguin, à savoir, de haut en bas :

Molasse supérieure à faciès marin,
Complexe marneux gréseux ou conglomératique à Hélicidés,
Calcaires inférieurs à faciès marin,
(Discordance sur Jurassique ou Crétacé).

Toutefois, dès la base, dans les calcaires marins apparaissent parfois (El Kelaa) des passées marneuses rouges où abondent de petits *Helix* qu'on retrouve ailleurs dans les couches franchement continentales à gros *Helix*.

En outre, dans ces calcaires marins de base, M. R. Lévy a récolté les fossiles suivants, dont M. le Professeur Roman, qui a bien voulu les déterminer, signale le cachet burdigalien : *Nassa* aff. *coarctata* Eich., *Turritella* gr. de *turris* Bast., *Murex* gr. de *subasperimus* d'Orb., *Pecten Fraasi* Fuchs., *Ostrea crassissima* Lamk., *Arca* cf. *girondica*, etc.

Ainsi, d'après ces remarques, on pourrait se demander si l'ensemble de cette série n'appartient pas en totalité au Burdigalien, sa transgression d'abord timide ayant connu des balancements.

Quoi qu'il en soit, et dans l'attente de nouveaux arguments paléontologiques qui pourraient appuyer cette manière de voir, le fait à retenir est celui-ci : *si l'Aquitanien existe sur les rides prérifaines, il précède en concordance le Burdigalien ; il est lié au cycle miocène.*

Le Miocène moyen et supérieur.

Le Miocène moyen et supérieur (Vindobonien-Sahélien) est particulièrement bien développé dans le Rharb et aux abords des rides prérifaines. Nous allons l'étudier dans ces deux régions.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

A. — *Région prérifaine aux abords des rides.*

Dans la région prérifaine on peut observer la succession suivante :

Sahélien : Alternance de marnes et de grès jaunes.

Vindobonien { Vindobonien sup. (Tortonien) { Marnes grises (type Aïn Hamra) ; Vindobonien inf. (Helvétien) { Marnes de Beni Amar sup. (ou d'El Gaada) ; Marnes de Beni Amar inf.

a) **Vindobonien inférieur.**

Les marnes de Beni Amar inf. sont généralement blanches, jaunâtres ou gris clair, avec des intercalations gréseuses. Elles contiennent toujours une riche faune de petits Foraminifères qui permet de les déterminer avec certitude et de les différencier notamment des marnes blanches nummulitiques ou burdigaliennes.

Ces marnes correspondent à un dépôt peu profond contenant parfois de nombreux petits Lamellibranches et Gastropodes et renferment une abondante faune arénacée où l'on reconnaît principalement les genres *Vulvulina*, *Textularia*, *Liebusella*, *Massilina* etc. C'est dans les Marnes de Beni Amar qu'apparaissent pour la première fois un certain nombre d'espèces typiquement vindoboniennes, telles que :

Cristellaria echinata d'Orbigny
Listerella communis d'Orbigny
Marginulina hirsuta d'Orbigny
Eponides antillarum d'Orbigny
Liebusella Soldanii Jones et Parker
Planularia auris Fichtel et Moll.
Textularia sagittula Defrance
— *deperdita* d'Orbigny
Massilina glutinosa Cushman et Cahill.

Quelques espèces qui ont été particulièrement abondantes au Nummulitique ou au Burdigalien y subsistent encore, telles que :

Anomalina aff. *mecatepecensis* Nuttall
Listerella cyclostomata Galloway et Morrey
Cibicides mexicana Nuttall
Vulvulina Colei Cushman

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cibicides cf. *Deusseni* NUTTALL
Pulvinulinella culter PARKER et JONES
Siphonodosaria abyssorum BRADY.

Les marmes blanches de Beni Amar sont généralement concordantes sur leur substratum burdigalien. En certains points (Zerhoun, Tahiat, Ari) elles sont discordantes sur le Jurassique.

Dans la Cuvette de Volubilis, au SE du Dj. Bou Draa, M. V. Ostrowsky a déterminé, comme appartenant encore au Vindobonien inférieur, une épaisse série de marnes blanches, reposant sur les marnes classiques de Beni Amar, mais moins gréseuses que ces dernières. Ce sont les *marnes d'El Gaada*.

Elles correspondent à un niveau supérieur des marnes de Beni Amar. Leur faune est beaucoup plus calcaire et ne renferme pas les genres arénacés cités plus haut. De plus, apparaissent quelques nouvelles espèces qui s'épanouiront au Vindobonien supérieur. Ce sont :

Valvulineria miocenica CUSHMAN
Plectofrondicularia miocenica CUSHMAN
Hastigerina pelagica D'ORBIGNY
Virgulina Schreibersiana CZJZET, etc.

Remarque. — Quand les marnes blanches du Vindobonien inférieur sont directement transgressives sur d'autres marnes (crétacées par exemple), l'absence de sédiments détritiques de base a pour conséquence l'absence de l'abondante faune arénacée si caractéristique que l'on trouve ordinairement à la base de la série de Beni Amar. Il devient alors difficile de fixer l'âge exact des marnes (Beni Amar proprement dit ou El Gaada) et l'on comprend que dans ce cas il soit prudent d'étendre le terme de « marnes de Beni Amar » à l'ensemble des marnes blanches dont la faune est intermédiaire entre celles du Burdigalien et du Vindobonien supérieur. C'est ce qui se passe à l'Est du Tselfat, au Bent Abid notamment.

b) **Vindobonien supérieur.**

Le Vindobonien supérieur est constitué par des marnes grises, généralement très épaisses, qui reposent en concordance sur les marnes de Beni Amar dans la Cuvette de Volubilis, au Zerhoun et au Tratt, mais qui sont discordantes sur leur substratum à l'Ouest, dans la région d'El Kansera et au Nord, dans la région de Bou Jmana.

La faune des marnes grises, étudiée surtout par M. Rey, est

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

bien caractéristique et présente de grandes analogies avec la faune du Miocène supérieur du bassin de Vienne, d'Égypte, du Texas et du Venezuela.

Parmi les espèces caractéristiques du Vindobonien supérieur, on peut signaler en plus des nombreux *Cristellaria* dont l'énumération dépasserait le cadre de cette note :

Uvigerina compressa Cushman
Planorbulina mediterranensis d'Orbigny
Bolivina scalprata var. *miocenica* Macfadyen
— *arta* Macfadyen
— *alata* Sequenza
Frondicularia complanata Defrance
Pyrgoella sphaerica d'Orbigny
Triloculina trigonula d'Orbigny
Spiroloculina aff. *crassa* Sequenza
Quinqueloculina costata d'Orbigny, etc.

Nous avons recueilli actuellement plus de 200 espèces différentes dans cette formation.

c) Sahélien.

Le Sahélien, toujours concordant sur le Vindobonien, est représenté par une alternance de marnes grises ou jaunes et de grès jaunes. La faune sahélienne est une faune pauvre, peu profonde, comprenant peu d'espèces, mais par contre un grand nombre d'individus de chaque espèce. Les plus abondantes sont :

Rotalia beccarii Linné
Nonion incisum Cushman
Elphidium macellum Fichtel et Moll.

C'est une faune de régression, avec raréfaction des espèces et sans apport nouveau.

B. — *Région du Rharb* (Prérif occidental).

On ne trouve pas, dans le Rharb, le Miocène blanc des rides prérifaines. Les premiers sédiments vindoboniens sont des marnes grises analogues à celles du Vindobonien supérieur du Prérif.

A Si Moussa, ces marnes sont discordantes sur le Burdigalien supérieur. C'est le terrain le plus jeune que l'on puisse observer sous les marnes grises. A part les cas de sédimentation continue dans les fonds de synclinaux, il est probable qu'il existe une lacune stratigraphique assez générale sous le Vindobonien. Cette

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

lacune correspond-elle exactement au Vindobonien inférieur tel que nous le connaissons dans les rides ? Il est difficile de le préciser, car on peut se demander si les marnes de Beni Amar ont été entièrement enlevées, dans le Rharb, par l'érosion post-burdigalienne, ou si elles ont, en partie, un équivalent latéral dans la base des marnes grises. Cette seconde hypothèse est fort possible, les faciès étant plus profonds à cette époque dans le Rharb que dans le Prérif aux abords des rides.

Il existe par contre, dans le Rharb, souvent à la base des marnes grises, d'importants niveaux gréseux dont les principaux témoins sont le Dj. Kourt, le Dj. El Aloua et le Dj. Bibane. Ces grès sont des grès sableux, tendres, riches en Bryozoaires, en Hétérostégines et en *Elphidium*. Ces grès correspondent sans doute à des faciès côtiers du Vindobonien, représentant des dépôts de bordure de plis crétacés exondés ou formant haut fonds. Ces grès à Bryozoaires sont en effet toujours en relation avec des affleurements crétacés (4, p. 403, 406).

On trouve encore dans les marnes grises quelques faciès particuliers, tels que les faciès sableux ou glauconieux, toujours riches en :

Rotalia beccarii Linné.
Elphidium crispum Linné
Nonion incisum Cushman

association que nous retrouverons constamment dans le Sahélien.

Il existe dans les marnes grises un faciès beaucoup plus rare, correspondant aux *marnes à spicules d'éponges* du Dahar el Arbi. Ces sédiments sont très riches en *Plectofondicularia*.

Le Sahélien du Rharb présente les mêmes caractères lithologiques et la même faune que celui des rides prérifaines.

Nous n'avons pas jusqu'à présent établi de divisions stratigraphiques régionales dans la série des marnes grises. Nous avons pu, par contre, dans le chantier de l'Aïn Hamra, où de nombreux sondages ont été forés, établir des zones stratigraphiques d'une épaisseur très réduite (30 à 50 m.), à l'aide des Foraminifères.

Ces zones sont basées sur le jeu des apparitions et des disparitions d'espèces, sur l'abondance anormale d'une espèce dans un niveau déterminé, ou sur d'autres caractères locaux du même ordre. Elles mettent en évidence la tectonique locale, la plupart du temps invisible dans les terrains marneux homogènes.

Il est évident que l'établissement de zones si réduites, qui a une importance capitale dans la corrélation des sondages appartenant à un même chantier, n'a que peu de valeur au point de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

vue de la stratigraphie régionale qui doit être basée sur les caractères généraux et permanents des faunes, dont nous poursuivons l'étude.

Paléogéographie-Orogenèse.

La découverte des faciès marneux de l'Aquitanien et du Burdigalien complète heureusement nos notions sur la paléogéographie du Prérif, et confirme qu'à ces époques s'affirmaient encore les traits essentiels de la répartition des faciès telle que nous les connaissons, durant le Crétacé et le Nummulitique. Les mouvements d'âge oligocène, tout en déformant notablement la zone de sédimentation connue sous le nom de sillon prérifain n'en ont pas provoqué une émersion générale. Bien au contraire, on continue d'observer, à cette époque, la correspondance des faciès néritiques sur des hauts fonds et des faciès marneux dans des fosses où la subsidence s'active, à mesure que s'accroissent les pressions tangentielles. Des bassins ont tendance à s'isoler et à évoluer indépendamment, admettant des épaisseurs très variables de sédiments, épaisseurs souvent considérables (1.850 m. de la base de l'Éocène au sommet du Burdigalien à Bou Jmana). Certains bassins persisteront depuis l'Éocène jusqu'au Vindobonien y compris, tel celui de Bou Jmana ou de la région nord de Fès (Bertal) ; peut-être est-ce là le cas le plus fréquent. D'autres bassins sont comblés durant le Burdigalien (Si Moussa) par des faciès marneux tandis que la transgression burdigalienne atteint et recouvre des zones de hauts fonds très antérieurement apparues. Ainsi la mollasse burdigalienne (peut-être précédée par une transgression aquitanienne) s'étend sur les rides prérifaines (émergées depuis le Jurassique inférieur ou le Crétacé) et sur d'autres zones surélevées (Si Ameur, émergé depuis l'Éocène supérieur), où se développe le faciès conglomératique et gréseux à Miogypsines (pl. XXV).

Alors qu'une déformation progressive paraît s'être exercée durant l'Oligocène, l'Aquitanien, et le Burdigalien, *une phase nettement plus active se place à l'Helvétien inférieur* (*Beni Amar*). L'identification des différentes marnes dont une stratigraphie résumée a été présentée récemment (**8**), nous a permis de mieux saisir les effets de cette phase, antérieurement mal définie. Le serrage, soudain plus intense, provoque alors des chevauchements notables, particulièrement celui du Crétacé plastique du sillon qui reflue vers le Sud et vient recouvrir le flanc des rides prérifaines.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il semble qu'un certain répit tectonique ait ensuite correspondu au dépôt des marnes vindoboniennes, qui transgressent sur l'ensemble du Prérif, discordantes en certains points sur celles de Beni Amar. Enfin, le plissement s'accusera de nouveau durant les phases post-vindobonienne et post-pliocène, déjà décrites (4).

Conclusions.

Grâce à la micro-faune, la paléogéographie du Prérif qui se trouvait controversée durant les périodes de passage du Nummulitique au Miocène apparaît beaucoup plus clairement. *La présence de faciès marneux aquitaniens et burdigaliens* qui était pressentie (par analogie avec les dispositifs des faciès à des périodes antérieures) *est maintenant confirmée.* Ainsi paraît établie, entre Nummulitique et Miocène, la continuité du sillon prérifain, qui a connu d'ailleurs, pendant ce temps, une compression progressive. Celle-ci a été particulièrement accusée *à l'Helvétien inférieur* (*Beni Amar*), *phase intense de serrage et d'écrasement de l'avant-fosse prérifaine contre l'avant-pays du Sud.*

BIBLIOGRAPHIE

1. A. Beaugé et L. Joleaud. — Étude tectonique de la région de Meknès (Maroc). *B. S. G. F.* (4), XXII, 1922.
2. F. Daguin. — Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine. *Notes et Mémoires Service des Mines Maroc*, 1927.
3. J. Bourcart et E. David. — Étude stratigraphique et paléontologique des grès à Foraminifères d'Ouezzan au Maroc. *Mémoires Société Sciences naturelles Maroc*, 1933.
4. J. Lacoste. — Études géologiques dans le Rif méridional. *Notes et Mémoires Service des Mines Maroc*, 1934.
5. A. Senn. — Die Stratigraphische Verbreitung des tertiären Orbitoiden. *Eclogæ geologicæ Helvetiæ*, vol. 28, n° 1, 1935.
6. R. Abrard. — Sur l'âge des couches de Beni Amar (Maroc occidental). *C. R. somm. S. G. F.*, p. 152, 1921.
7. J. Lacoste. — Tableaux de corrélations stratigraphiques et palégéographiques des régions rifaine, méridionale et prérifaine. *Ass. pour l'étude géologique de la Méditerranée occidentale*, 1935.
8. M. Rey, V. Ostrowsky, N. Gouskov. — Étude des terrains post-jurassiques et répartion des indices d'hydrocarbures de l'Ouest prérifain. Congrès mondial du pétrole, 1937.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXI

Fig. 1. — *Nodosaria scalaris* Batsch (× 40).
Bou Jmana, Burdig.

— 2. — *Sphaeroidina variabilis* Reuss (× 40).
Bou Jmana, Burdig.

— 3. — *Cibicides* cf. *Deusseni* Weinzierl et Applin (× 20).
Bou Jmana, Burdig.
a) Côté dorsal, *b*) côté ventral.

— 4. — *Textularia abbreviata* d'Orbigny (× 20).
Aïn Hamra, Vindob. sup. (Tortonien).
a) vue latérale, *b*) profil.

— 5. — *Amphricorine* cf. *falx* Jones et Parker (× 40).
El Gaada, Vindob. inf. (Couches de Beni Amar).

— 6. — *Listerella communis* d'Orbigny (× 20).
Aïn Hamra, Vindob. sup. (Tortonien).

— 7. — *Gyroidina Soldanii* d'Orbigny (× 40).
Bou Jmana, Burdig.
a) Côté dorsal, *b*) côté ventral, *c*) profil.

— 8. — *Liebusella Soldanii* Jones et Parker (× 20).
El Gaada, Vindob. inf. (couches de Beni Amar).

— 9. — *Cristellaria vortex* Fichtel et Moll. (× 30).
Aïn Hamra, Vindob. sup. (Tortonien).
a) Vue latérale, *b*) profil.

— 10. — *Cristellaria* sp. (× 15).
El Gaada, Vind. inf. (couches de Beni Amar).
a) Vue latérale, *b*) profil.

— 11. — *Cristellaria calcar* d'Orbigny (× 20).
Aïn Hamra, Vindob. sup. (Tortonien).
a) Vue latérale. *b*) profil.

— 12. — *Uvigerina hispida* Schwager (× 30).
Bou Jmana, Burdig.

— 13. — *Textularia carinata* d'Orbigny (× 20).
Aïn Hamra, Vindob. sup. (Tortonien).

— 14. — *Uvigerina seriata* Cushman et Jarvis (× 40).
Bou Jmana, Burdig.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ECHELLE STRATIGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX FORAMINIFERES DU MIOCÈNE DU PRÉRIF

D'APRÈS M. REY & V. OSTROWSKY

Annexe n°II

MIOCENE

Aquitanien	Burdigalien	Vindobonien inf.		Vind. sup.
		Couches inf. de Beni-Snar	Couches sup. de Beni-Snar	Tortonien
Marnes jaunes ou jaune-ocre subfeuilletées avec faibles intercalations gréseuses du Dj. Bouiger	Conglomerats, grès et marnes grises de Si Ameur el Hadi	Marnes blanches ou gris clair avec intercalations gréseuses	Marnes blanches diverses, calcaires parfois grises ou jaunes	Marnes gris-bleu plastiques de l'Ain el Hamra, El Gsaâb

Maximum de fréquence
Présence

AGE
ETAGE
NATURE DES SEDIMENTS
FORAMINIFERES

Sponides nov. sp.					
Lepid. (Nephr.) Tournoueri LEMOINE & R. DOUVILLE					
Amphistegina lessonii D'ORB.					
Operculina complanata DEFRANCE					
Miogypsina irregularis MICHELOTTI					
Miogypsina complanata SCHLUM.					
Globobulimina sp.					
Listerella cyclostomata GALLOWAY & MORREY					
Karreriella gaudryinoides FORNASINI					
Siphonodosaria abyssorum BRADY					
Vulvulina Colei CUSH.					
Listerella cf. *petrosa* CUSH. & BERMUDEZ					
Anomalina aff. *mecatepecensis* NUTTALL					
Globigerina sp.					
Ellipsonodosaria Verneuili D'ORB.					
Heterostegina depressa D'ORB.					
Elphidium crispum LINNE					
Triloculina tricarinata D'ORB.					
Cristellaria inornata D'ORB.					
Epistomina elegans D'ORB.					
Sphaeroidinella dehiscens PARKER & JONES					
Dentalina adolphina D'ORB.					
Pyrgo murrhina SCHWAGER					
Laticarinina pauperata PARKER & JONES					
Globorotalia Menardii D'ORB.					
Cassidulina subglobosa BRADY					
Cassidulina laevigata D'ORB.					
Lingulina seminuda HANTKEN					
Cristellaria Clericii FORNASINI					
Uvigerina cf. *Galloway* CUSH.					
Vulvulina pennatula BATSCH					
Cancris auriculus FICHTEL & MOLL					
Sigmoilina celata COSTA					
Nodosaria scalaris BATSCH					
Pulvinulinella culter PARKER & JONES					
Cibicides mexicana NUTTALL					
Gyroidina Soldanii D'ORB.					
Orbulina universa D'ORB.					
Bulimina inflata SEGUENZA					
Ehrenbergina Bradyi CUSH.					
Nonion incisum CUSH.					
Rotalia beccarii LINNE					
Globorotalia canariensis D'ORB.					
Triloculina cf. *bipartita* D'ORB.					
Cibicides cf. *Deusseni* WEINZIERL & APPLIN					
Uvigerina hispida SCHWAGER					
Uvigerina seriata CUSHMAN & JARVIS					
Cristellaria vortex FICHTEL & MOLL					
Globigerinoides rubra D'ORB.					
Cristellaria ariminensis D'ORB.					
Elphidium macellum FICHTEL & MOLL					
Clavulina agglutinans D'ORB.					
Lingulina costata D'ORB.					
Marginulina costatus BATSCH					
Sphaeroidina variabilis REUSS					
Cibicides sp.					
Cristellaria sp.					
Amphicoryne cf. *falx* JONES & PARKER					
Planulina ornata D'ORB.					
Anomalina trinitatensis NUTTALL					
Textularia carinata D'ORB.					
Ceratobulimina pacifica CUSHMAN & HARRIS					
Textularia abbreviata D'ORB.					
Marginulina hirsuta D'ORB.					
Sponides antillarum D'ORB.					
Planularia auris FICHTEL & MOLL					
Textularia sagittula DEFRANCE					
Textularia deperdita D'ORB.					
Listerella communis D'ORB.					
Uvigerina sp.					
Cristellaria echinata D'ORB.					
Quinqueloculina Buchiana D'ORB.					
Liebusella Soldanii JONES & PARKER					
Plectofrondicularia miocenica CUSH.					
Hastigerina pelagica D'ORB.					
Valvulineria miocenica var. *depressa* CUSH.					
Virgulina Schreibersiana CZJZEK					
Cristellaria calcar D'ORB.					
Uvigerina compressa CUSH.					
Planorbulina mediterranensis D'ORB.					
Bolivina scalprata SCHWAGER, var. *miocenica* MACFADYEN					
Pyrgoella sphaerica D'ORB.					
Nummoloculina contraria D'ORB.					
Cornuspira carinata COSTA					
Frondicularia complanata DEFRANCE					
Bolivina alata SEGUENZA					
Bolivina arta MACFADYEN					
Cassidulina oblonga REUSS					
Ehrenbergina sp.					
Triloculina trigonula D'ORB.					
Triloculina suborbicularis D'ORB.					
Quinqueloculina costata D'ORB.					
Quinqueloculina longirostra D'ORB.					
Quinqueloculina ungeriana D'ORB.					
Quinqueloculina vulgaris D'ORB.					
Spiroloculina aff. *crassa* SEQUENZA					

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Distribution stratigraphique des *Hantkenina* dans le Nummulitique du Rharb (Maroc)

par **M. Rey**[1].

Planche XXII.

I. — Introduction-Historique

Dans le Rharb, le Nummulitique se présente généralement sous des faciès marneux. Il débute à la base par les marno-calcaires blancs à silex du Lutétien; au-dessus reposent les marnes grises du Bartonien, et l'Oligocène est représenté par une épaisse série où alternent les marnes, les grès calcaires et les calcaires à *Lithothamnium*.

Les seuls fossiles que l'on trouve dans cet ensemble nummulitique sont les Foraminifères. Ils sont par contre abondants et variés : les calcaires et les grès étant souvent riches en Nummulites et Orbitoïdes (Astérocyclines, Discocyclines, Lepidocyclines, Miogypsines) ; et les séries marneuses contenant régulièrement une nombreuse faune de petits Foraminifères.

Parmi ces derniers, le genre *Hantkenina* a attiré particulièrement notre attention, non pas à cause de son abondance, car en fait il est assez rare, mais à cause des variations rapides qu'il présente au cours du Nummulitique et qui le rendent très précieux au point de vue stratigraphique.

Le genre *Hantkenina* fut créé par Cushman en 1924 pour des formes trouvées dans les couches à *Zeuglodon* (Éocène sup.) qui affleurent près du Bureau de Poste de Cocoa dans l'Alabama (U. S. A.) Le type de genre est *Hantkenina alabamensis* Cushman.

Pourtant, bien avant la création du genre *Hantkenina*, des espèces appartenant à ce genre avaient été décrites sous des noms différents :

En 1875, Hantken a signalé la première *Hantkenina* sous le nom de *Siderolina Kochi*. Il a décrit et figuré cette espèce, dont il n'avait recueilli qu'un seul spécimen dans la partie inférieure des couches à *Clavulinoïdes Szaboï* (Éocène sup.) aux environs de Porva (Hongrie).

1. Cette étude, présentée à la séance du 17 janvier 1938, a été réalisée au Service Géologique de la Société Chérifienne des Pétroles et publiée avec l'autorisation de cette Société.

3 février 1939. Bull. Soc. Géol. Fr. (5), VIII. — 21

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

En 1911, Liebus a signalé dans l'Éocène moyen du Nord de la Dalmatie une espèce décrite sous le nom de *Pullenia Kochi* HANTKEN.

Enfin, en 1919, Halkyard a décrit une espèce nommée *Nonionina Kochi* HANTKEN dans l'Éocène supérieur de Biarritz.

Depuis 1924, une dizaine d'espèces d'*Hantkenina* ont été décrites par différents auteurs. Nous avons retrouvé la plupart de ces espèces dans le Nummulitique marocain.

Nous pensons devoir en donner une sommaire description afin de pouvoir exposer leur évolution paléontologique et leur répartition stratigraphique, telles que nous les ont fait apparaître nos études personnelles.

II. — DESCRIPTION DES ESPÈCES.

Genre *Hantkenina* CUSHMAN 1924.

1875. *Siderolina* HANTKEN. *Mitt. Jahrb. geol. Anst.*, Bd. 4, s. 79.
1911. *Pullenia* LIEBUS. *Sitz. Akad. Wiss. Wien.*, Bd. 120, Abt. 1, s. 942.
1919. *Nonionina* HALKYARD, HERON-ALLEN et EARLAND. *Mém. Proc. Manchester Lit. Phil. Soc.*, vol. 62, pt. 2, p. 127.
1924. *Hantkenina* CUSHMAN. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, vol. 66, art. 30, p. 1.
1933. *Hantkenina* CUSHMAN. GALLOWAY, *A manual of Foraminifera.*

Foraminifère à test calcaire perforé, enroulement planispiral et symétrie bilatérale. L'enroulement comprend environ trois tours dont le dernier, très embrassant, est seul visible. Il présente de 5 à 7 loges plates ou renflées et ornées d'épines. Les sutures sont droites, recourbées ou sigmoïdes, tantôt profondes, tantôt peu accusées. La bouche, généralement divisée en trois parties est située à la base de la face antérieure de la dernière loge.

Le genre *Hantkenina* procède du genre *Schackoina* (THALMANN) du Crétacé. Il caractérise les sédiments peu profonds de l'Éocène et de l'Oligocène inférieur.

Hantkenina mexicana CUSHMAN.

(Pl. XXII, fig. 4, 5.)

1924. *Hantkenina mexicana* CUSHMAN. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, vol. 66, art. 30, p. 3, pl. 2, fig. 2.
1927. *Hantkenina mexicana* CUSHMAN. *Journ. Pal.*, vol. 1, p. 160, pl. 25, fig. 18.
1930. *Hantkenina mexicana* CUSHMAN. NUTTALL, *Journ. Pal.*, vol. 4, pt. 3, p. 284, pl. 23, fig. 13, 17.
1937. *Hantkenina mexicana* CUSHMAN. SHOKHINA, *Publ. Lab. Pal. Moskow University* (1937) : *Probl. of Pal.*, vol. 2, 3, p. 432, pl. 2, fig. 5-8.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Coquille à enroulement planispiral et symétrie bilatérale, ayant au dernier tour 5 à 6 loges peu renflées, allongées radialement. Chaque loge est terminée, à la périphérie, par une épine axiale. Les sutures sont profondes.

La bouche, difficilement visible, est placée sur la face antérieure de la dernière loge.

Diamètre : 1/2 à 1 mm. sans les épines.

Cette espèce a été rencontrée pour la première fois au Mexique, où elle se trouve dans les formations d'Aragon (Éocène inf.) et de Guayabal (Éocène moyen). Shokhina la signale dans l'Éocène moyen et à la base de l'Éocène supérieur du Nord du Caucase.

Au Maroc, on la rencontre dans la partie supérieure de l'Éocène moyen et à l'extrême base de l'Éocène supérieur. Elle semble avoir la même extension qu'au Caucase.

Hantkenina mexicana var. ***aragonensis*** NUTTALL.

(Pl. XXII, fig. 3.)

1930. *Hantkenina mexicana* var. *aragonensis* NUTTALL. *Journ. Pal.*, vol. 4, n° 3, p. 284, pl. 24, fig. 1, 2, 3.

1937. *Hantkenina mexicana* var. *aragonensis* NUTTALL. SHOKHINA, *Publ. Lab. Pal. Moskow University* (1937) : *Probl. of Pal.*, vol. 2, 3, p. 436, pl. 2, fig. 9-11.

Cette variété diffère de l'espèce type par ses loges plus allongées, diminuant graduellement jusqu'à l'épine terminale. La coquille présente souvent une forme étoilée.

La variété *aragonensis* de *H. mexicana* a été signalée pour la première fois dans l'Aragon formation (Éocène inf.) du Mexique. Elle n'a pas été trouvée dans les couches supérieures de Guayabal et de Chapapote.

Dans le Rharb on la rencontre seulement dans les marnes grises du Lutétien supérieur. Son absence dans les couches inférieures n'est peut-être due qu'au faciès, les marno-calcaires blancs étant des sédiments trop profonds pour permettre l'existence des *Hantkenina*.

Hantkenina longispina CUSHMAN.

(Pl. XXII, fig. 1-2.)

1924. *Hantkenina longispina* CUSHMAN. *Proc. U. S. Nat. Museum*, vol. 6 art. 30, p. 2, pl. 2, fig. 4.

1927. *Hantkenina longispina* CUSHMAN. COLE, *Bul. Am. Pal.*, vol. 14, n° 51, p. 24, pl. 4, fig. 7.

1937. *Hantkenina longispina* CUSHMAN. SHOKHINA, *Publ. Lab. Pal. Moskow University* 1937 : *Probl. of Pal.*, vol. 2-3, p. 436, pl. 2, fig. 4.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Espèce allongée, de petite taille, ayant, au dernier tour, 5 à 6 loges croissant rapidement en hauteur. Épines radiales situées soit dans l'axe, soit entre l'axe et l'angle antérieur des loges : Sutures déprimées. Les épines sont souvent plus longues que les loges elles-mêmes.

Sutures légèrement recourbées, peu déprimées.

Grand diamètre : 1/4 à 1/2 mm. (sans les épines).

Au Mexique, Nuttall signale cette espèce comme appartenant à l'Éocène inf. et moy. et à la base de l'Éocène sup.

Dans le Rharb elle n'a été trouvée que dans le Lutétien supérieur (Lalla Mimouna et Si Ameur).

Hantkenina Dumblei Weinzierl et Applin.

(Pl. XXII, fig. 10-12.)

1929. *Hantkenina Dumblei* Weinzierl et Applin. *Journ. Pal.*, vol. 3, n° 4, p. 402, pl. 43, fig. 5 *a*, *b*.

1937. *Hantkenina Dumblei* Weinzierl et Applin. Shokhina, *Publ. Lab. Pal. Moskow University* 1937 : *Probl. of Pal.*, vol. 2-3, p. 437, pl. 2, fig. 12-13.

Espèce plate, de forme elliptique, ayant au dernier tour 5-6 loges croissant rapidement en hauteur. Pourtour légèrement lobé et sutures sensiblement rectilignes. Épines situées dans l'angle antérieur des loges et dirigées radialement.

Grand diamètre : 1 mm. environ.

Cette espèce a été signalée pour la première fois en Amérique dans la « Yegua formation » des Coastal Domes, qui correspond à notre Éocène moyen.

Dans le Rharb, *Hantkenina Dumblei* existe dans le Lutétien sup., le Bartonien et la base de l'Oligocène.

Hantkenina Kochi Hantken.

(Pl. XXII, fig. 6.)

1875. *Siderolina Kochi* Hantken. *Mitt. Jahrb. géol. Anst.* Bd. 4, s. 79.

Coquille à enroulement planispiral et symétrie bilatérale ayant 5 loges au dernier tour. Pourtour lobé. Sutures légèrement déprimées. Les loges sont ornées d'épines placées dans leur angle antérieur.

Diamètre 1/2 mm. env.

Dans l'Éocène sup. du Rharb, à Lalla Mimouna, nous avons trouvé une *Hantkenina* qui peut être rapportée à *Siderolina Kochi* Hantken.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Hantkenina alabamensis Cushman.

(Pl. XXII, fig. 13, 15, 17.)

1924. *Hantkenina alabamensis* Cushman. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, vol. 66, p. 3, pl. 1, fig. 1-6, pl. 2, fig. 5.
1925. *Hantkenina alabamensis* Cushman. *Contr. Cushman Lab. Foram. Res.*, vol. I, pt. 1, p. 7, pl. I, fig. 2.
1926. *Hantkenina alabamensis* Cushman. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, vol. X, 2, p. 177, pl. 10, fig. 3.
1932. *Hantkenina alabamensis* Cushman. *Louisiana Geol. Bull.*, 2, p. 54, pl. 10, fig. 3.
1933. *Hantkenina alabamensis* Cushman. *Bull. Amer. Ass. Petr. geol.*, vol. XVII, 11, p. 6, fig. 5.
1935. *Hantkenina alabamensis* Cushman. Upper Eocene Foraminifera of the South Eastern U. S. *Prof. Pap.* 181.
1937. *Hantkenina alabamensis* Cushman. Shokhina, *Publ. Lab. Pal. Moscow University* 1937 : *Probl. of Pal.*, vol. 2-3, p. 434, pl. I, fig. 3-7.

Espèce peu bombée, de forme sensiblement circulaire, ayant 5 à 6 loges au dernier tour. Épines dirigées radialement (mais tendant parfois à devenir tangentielles), placées dans l'angle antérieur des loges. Sutures peu déprimées, droites ou légèrement recourbées.

L'accroissement des loges en hauteur est beaucoup plus faible que dans *H. Dumblei.*

Diamètre : 1/2 mm. environ

En Amérique, *Hantkenina alabamensis* existe dans l'Éocène supérieur (Alabama, Texas, Mexique, Mississipi) et dans l'Oligocène inférieur (Mississipi).

Au Caucase, on rencontre *H. alabamensis* dans l'Éocène supérieur.

Dans le Rharb, comme en Amérique, on trouve cette espèce dans l'Éocène sup. et dans l'Oligocène inférieur.

Hantkenina alabamensis var. *primitiva* Cushmam et Jarvis.

(Pl. XXII, fig. 16.)

1929. *Hantkenina alabamensis* var. *primitiva* Cushman et Jarvis *Contr. Cushman Lab. Foram. Res.*, vol. 5, pt. I, p. 16, pl. 3, fig. 8.
1937. *Hantkenina alabamensis* var. *primitiva* Cushman et Jarvis. Shokhina. *Publ. Lab. Pal. Moscow University* 1937 : *Probl. of Pal.*, vol. 2-3, p. 435, pl. I, fig. 8-9.

Cette variété diffère de l'espèce type par ses loges plus renflées. Les premières loges sont granuleuses et ne portent pas d'épines.

On la rencontre dans l'Éocène sup. de l'Amérique du Sud et de la Trinité. Au Maroc elle existe dans le même horizon.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Hantkenina brevispina Cushman.

(Pl. XXII, fig. 14.)

1924. *Hantkenina brevispina* Cushman. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, vol. 66, pt. 2, pl. 2, fig. 3.
1929. *Hantkenina brevispina* Cushman. *Contr. Cushmann Lab. Foram. Res.*, vol. I, pt. I, p. 7, pl. I, fig. 10.
1932. *Hantkenina brevispina* Cushmann. Howe et Wallace, *Louisiana Geol. Bull.* 2, p. 54, pl. 10, fig. 4.
1937. *Hantkenina brevispina* Cushman, Shokhina. *Publ. Lab. Pal. Moscow University* 1937 : *Probl. of Pal.*, vol. 2-3, p. 435, pl. I, fig. 1.

Cette espèce est très voisine de *H. alabamensis*. Elle est caractérisée par son pourtour non lobé et par ses épines très courtes.

Diamètre : 1/2 mm. env.

Cette espèce a été créée par Cushman pour des formes provenant de l'Eocène sup. du Mexique. Les spécimens que nous figurons proviennent de l'Oligocène inférieur de Mzoufroun et du Bartonien sup. du Si Ameur.

Hantkenina liebusi Shokhina.

(Pl. XXII, fig. 7-9.)

1911. *Pullenia Kochi* Liebus (non *Siderolina Kochi* Hantken), *Sitz. Akad. Wiss. Wien*. Bd 120, Abt I, s. 942, taf XI, fig. 9, 10.
1937. *Hantkenina Liebusi* Shokhina. *Publ. Lab. Pal. Moskow University. Probl. of Pal.*, vol. 2-3, p. 427, pl. 2, fig. 2 *a*, *b*, 3.

Espèce plate, de forme elliptique dont les loges peu renflées sont allongées et croissent rapidement en hauteur. L'angle antérieur de la loge, décroché par rapport à la loge suivante est terminé par une épine orientée radialement. Les sutures sont sigmoïdes et légèrement déprimées.

Nombre de loges : 5 à 7.

Grand diamètre : 1/2 à 1 mm.

L'espèce *Hantkenina Liebusi* a été créée pour des formes trouvées dans l'Éocène moyen de Ilskaya, dans le Nord du Caucase.

Les spécimens provenant du Caucase ont, d'après Shokhina de nombreux points communs avec *Hantkenina Kochi* (Liebus) provenant de l'Éocène moyen du Nord de la Dalmatie.

La littérature américaine ne signale pas *Hantkenina Liebusi*. Il est possible que cette espèce ait été considérée par les Américains comme une variété de *H. mexicana* (d'après Shokhina). Cette assimilation est impossible pour les spécimens marocains qui sont très nets et paraissent bien séparés du groupe de *H. mexicana*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Dans le Rharb, les plus beaux échantillons de *H. Liebusi* proviennent du Lutétien supérieur, mais l'espèce existe encore dans le Bartonien.

Hantkenina inflata Howe.

(Pl. XXII, fig. 18.)

1928. *Hantkenina inflata* Howe. *Journ. Pal.*, vol. 2, n° 1, p. 14, fig. 2.
1937. *Hantkenina inflata* Howe. Shokhina, *Publ. Lab. Pal. Moscow University : Probl. of Pal.*, vol. 2-3, p. 437, fig. 64.

Cette espèce présente au dernier tour 4 à 5 loges subglobulaires. La périphérie est fortement lobée et les épines, dirigées dans le sens antérieur, sont tangentes à la loge suivante, ou même parfois recouvertes partiellement par elle. Les sutures sont fortement déprimées.

Diamètre 1/2 mm. env.

Hantkenina inflata a été trouvée pour la première fois dans les calcaires de l'Oligocène inf. de Old Fort St Stephens dans l'Alabama.

Dans le Rharb, cette espèce existe au sommet du Bartonien et dans l'Oligocène inférieur, c'est l'espèce la plus jeune que nous connaissions.

III. — Variations des caractères spécifiques des *Hantkenina*.

Les caractères spécifiques des *Hantkenina* portent sur les différences que peuvent présenter les loges, les sutures, les épines et exceptionnellement la bouche. Les variations de ces facteurs ont amené les auteurs à décrire un certain nombre d'espèces. Le grand nombre d'échantillons, que nous avons pu recueillir dans le Rharb, nous ont montré les relations que présentent entre elles les espèces, et les passages insensibles de l'une à l'autre à l'aide de quelques spécimens intermédiaires.

Il importe donc de fixer d'une façon nette les espèces types et de ne pas s'attarder aux spécimens de passage, étant entendu qu'entre deux espèces de nombreux intermédiaires peuvent se présenter.

Parmi les espèces décrites, il en est qui offrent très peu de différence et qui peuvent être groupées. Nous allons étudier ces différents groupes, les espèces qu'ils comprennent et les différences qu'ils peuvent présenter.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

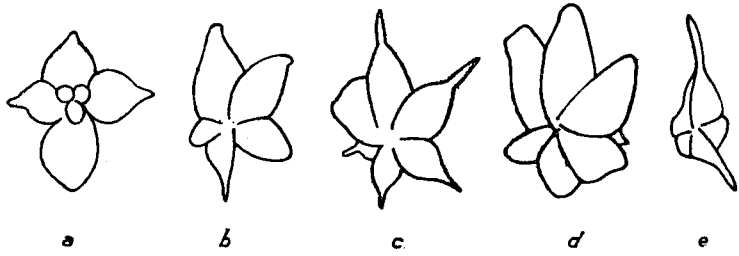
a) Groupe de *Hantkenina mexicana*.

Ce groupe comprend les espèces suivantes :

Hantkenina mexicana, *Hantkenina mexicana* var. *aragonensis*, *Hantkenina longispina* et *Hantkenina Lehneri* (cette dernière espèce inconnue au Maroc).

Il comprend les *Hantkenina* les plus anciennes, qui débutent en Amérique dans l'Éocène inférieur, et qui procèdent du genre primitif *Schackoina* du Crétacé.

Groupe 1.



a) *Schackoina cenomana* (d'après Schacko) ; *b*) *Hantkenina mexicana* var. *aragonensis* Nuttall (× 30), Lalla Mimouna ; *c*) *Hantkenina mexicana* Cushman (× 30), Lalla Mimouna ; *d*) *Hantkenina Lehneri*, d'après Cushman et Jarvis ; *e*) *Hantkenina longispina* Cushman (× 30), Si Ameur.

Les espèces du groupe de *Hantkenina mexicana* sont caractérisées par des loges légèrement renflées, assez hautes, bien détachées les unes des autres et terminées par des épines orientées suivant l'axe de la loge. Les sutures sont profondes, rectilignes ou légèrement recourbées.

b) Groupe *Hantkenina Liebusi*.

Dans ce groupe nous pouvons ranger :

Hantkenina Liebusi et *Hantkenina Dumblei*.

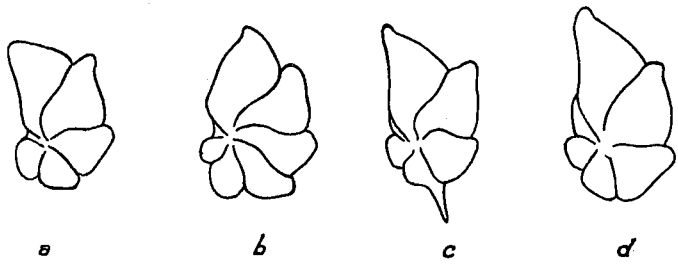
Ces espèces sont plus jeunes que les précédentes. Dans le Rharb, on les rencontre dans la partie supérieure de l'Éocène moyen et dans l'Éocène supérieur.

Les espèces du groupe de *Hantkenina Liebusi* n'ont plus leurs loges nettement séparées comme dans le groupe précédent, l'angle antérieur d'une loge étant seulement décalé par rapport à la loge suivante. Les dernières loges sont toujours assez hautes,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

elles atteignent leur maximum dans *Hantkenina Dumblei*. Les épines sont situées dans l'angle antérieur des loges et orientées radialement par rapport à la coquille. Les sutures sont peu déprimées, presque rectilignes dans *Hantkenina Dumblei* elles arrivent à être sigmoïdes dans *Hantkenina Liebusi*.

Groupe 2.



a) *Hantkenina Liebusi* Shokhina (× 30), Lalla Mimouna (Éocène sup.); *b*) *Hantkenina Liebusi* Shokhina (× 30), Lalla Mimouna (Éocène moyen); *c*) *Hantkenina Dumblei* Wienzierl et Applin (× 30), Si bou Mlid (Éocène sup.); *d*) *Hantkenina Dumblei* Wienzierl et Applin (× 30), Si Ameur (Éocène moy.).

c) Groupe de *Hantkenina alabamensis*.

Dans ce groupe nous pouvons ranger :

Hantkenina alabamensis, *Hantkenina alabamensis* var. *primitiva*, *Hantkenina Kochi* (Hantken), *Hantkenina brevispina* et *Hantkenina inflata*.

Le prototype de ce groupe est *Hantkenina alabamensis*. Le passage progressif de *Hantkenina alabamensis* à *Hantkenina inflata* est fort net sur les figures et les planches illustrant cette note.

Nous avons apporté à *Siderolina* (*Hantkenina*) *Kochi* Hantken l'espèce représentée sur la figure ci-dessous (groupe 3, b). Nous n'avons pu la comparer qu'au dessin publié dans les divers ouvrages consultés.

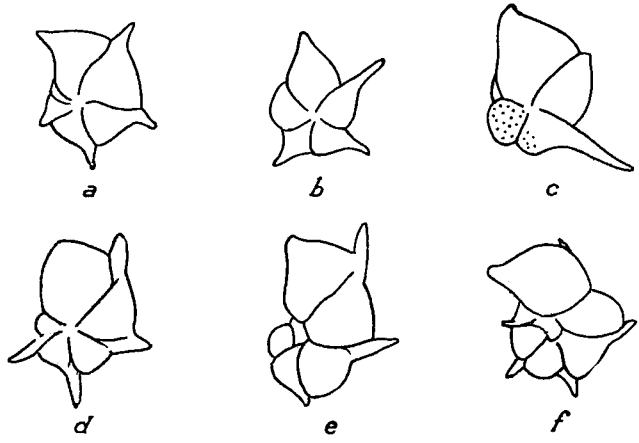
Ce 3e groupe d'*Hantkenina* est le plus jeune. Son extension stratigraphique va de l'Éocène supérieur à l'Oligocène inférieur.

Les espèces de ce groupe sont caractérisées par des loges moins hautes et plus renflées que celles des espèces précédentes ; elles ont une tendance très nette au déroulement. Certains spécimens de *Hantkenina alabamensis* et de *Hantkenina inflata* sont typiques à ce sujet.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les épines sont toujours situées dans l'angle antérieur des loges, comme dans le 2e groupe, mais elles ne sont pas toujours orientées radialement et, de *Hantkenina alabamensis* à *Hantkenina inflata* on observe leur variation de direction, celle-ci ayant tendance à pointer en avant et à devenir tangente au pourtour extérieur de la coquille.

Groupe 3.



a) *Hantkenina brevispina* Cushman (× 30), Mzoufroun (Olig. inf.) ; *b*) *Hantkenina Kochi* Hantken (× 30), Lalla Minouna (Eocène sup.) ; *c*) *Hantkenina alabamensis* var. *primitiva* Cushman et Jarvis (× 30), Si Ameur (Éocène sup.) ; *d*) *Hantkenina alabamensis* Cushman (× 30), Si Ameur (Éocène sup.) ; *e*) *Hantkenina alabamensis* Cushman (× 30), Si Ameur (Éocène sup.) ; *f*) *Hantkenina inflata* Howe (× 30), Mzoufroun (Olig. inf.).

Nous avons essayé de mettre en évidence, dans le tableau ci-dessous (tableau n° 1 [1]), l'évolution des caractères spécifiques des *Hantkenina* au cours de l'Éocène et de l'Oligocène inférieur.

On se rendra compte que nous avons attribué une grande importance aux épines, non pas en ce qui concerne leur longueur, mais pour deux considérations plus intéressantes : leur emplacement sur la loge et leur orientation.

Nous avons indiqué sur le tableau l'extension maxima des espèces. Cette extension s'applique aux principaux gisements connus : Alabama, Mexique, Europe centrale, Caucase et Maroc.

1. Dans ce tableau l'espèce *H. Dumblei* doit être considérée comme existant encore à la base de l'Oligocène inférieur.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Tableau n° 1

VARIATION DES CARACTÈRES SPÉCIFIQUES DES HANTKENINA

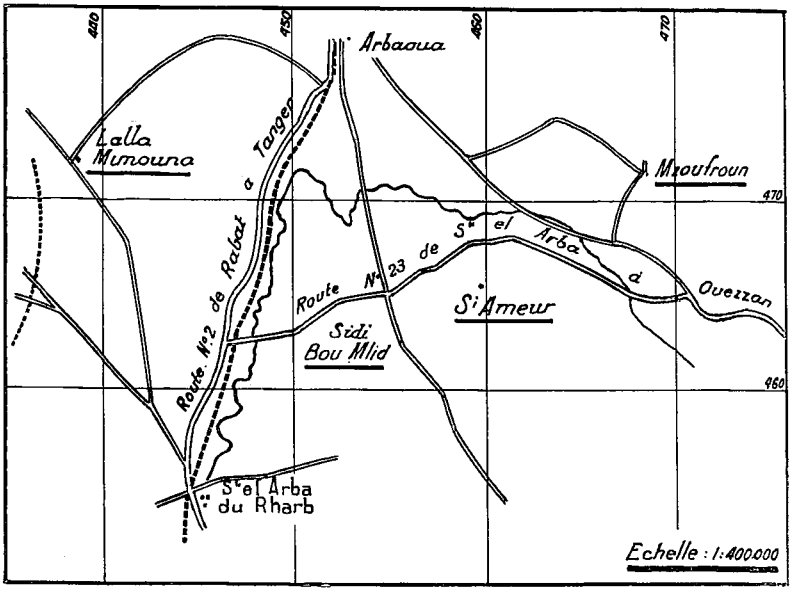
	Extension maxima				Forme générale	Loges	Sutures	Epines	
	Eocène inf.	Eocène moyen	Eocène sup.	Oligocène inf.				Emplacement	Orientation
H. Leneri Cush. & Jarvis	▬				Etoilée	Allongées, section circulaire	Légèrement recourbées très déprimées	Axe de la loge	Radiale
H. mexicana Cush.	▬	▬	▬		Etoilée	Allongées, plus aplaties	Légèrement recourbées très déprimées	Axe de la loge	Radiale
H. longispina Cush.	▬	▬	▬		Elliptique	Allongées, plus aplaties	Légèrement recourbées moins déprimées	Entre l'axe et l'angle antérieur	Radiale
H. Liebusi Shokhina		▬	▬		Elliptique	Allongées, plates	Sigmoïdes, peu déprimées	Près de l'angle antérieur	Radiale
H. Dumblei Weinzierl & Applin			▬	▬	Elliptique	A croissance rapide en hauteur, plates	Peu recourbées à rectilignes peu déprimées	Angle antérieur de la loge	Radiale
H. Kochi Hantken			▬	▬	Ronde	Légèrement renflées, peu allongées	Peu recourbées à rectilignes peu déprimées	Angle antérieur de la loge	Radiale
H. brevispina Cush.			▬	▬	Ronde	Légèrement renflées, peu allongées	Peu recourbées à rectilignes peu déprimées	Angle antérieur de la loge	Radiale
H. alabamensis Cush.			▬	▬	Ronde (parfois déroulée)	Légèrement renflées peu allongées	Peu recourbées assez déprimées	Angle antérieur de la loge	Radiale (tend à devenir tangentielle au pourtour)
H. inflata Howe				▬	Ronde (parfois déroulée)	Globuleuses	Profondes	Angle antérieur de la loge	Tangentielle au pourtour

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

IV. — Description de quelques gisements d'*Hantkenina* dans le Rharb. Coupes stratigraphiques.

Au cours de l'établissement de la carte géologique du Rharb, pour les travaux de prospection de la Société Chérifienne des Pétroles, on a dû faire, sur le terrain, de nombreuses coupes par puits à main dans les terrains marneux. Ces coupes servaient à prélever des échantillons destinés à être ensuite étudiés au laboratoire.

Nous reprenons ici les résultats de quelques coupes ayant traversé des couches à *Hantkenina* et notamment de celles qui nous ont fourni notre matériel d'étude.



Situation des principaux gisements d'*Hantkenina* dans le Rharb.

A. **Coupe de Lalla Mimouna.**

Durant son levé géologique de la région de Lalla Mimouna, M. Tenaille a fait effectuer une coupe par puits à main parallèlement au cours de l'Oued Ajbor, en vue de l'étude des marnes à *Hantkenina*.

Cette coupe a traversé les séries suivantes, de bas en haut :

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1° Lutétien inférieur.

Il est représenté par les marno-calcaires blancs à silex, qui contiennent de nombreux Foraminifères parmi lesquels l'association caractéristique suivante :

Globorotalia aragonensis NUTTALL
Eponides Trümpyi NUTTALL
Cibicides perlucida NUTTALL.

Il n'y a pas d'*Hantkenina*, les marno-calcaires représentant un faciès trop profond pour ce genre.

Notons que *Cibicides perlucida*, rencontré en Amérique dans l'Alazan formation seulement (Oligocène inf.), semble avoir au Maroc une extension bien plus grande allant du Lutétien à l'Oligocène inférieur.

2° Lutétien supérieur.

Il est constitué par des marnes grises légèrement gréseuses. Dans ce niveau, nous avons encore *Eponides Trümpyi* et *Cibicides perlucida*, par contre *Globorotalia aragonensis* a disparu. Les *Hantkenina* apparaissent avec :

Hantkenina mexicana var. *aragonensis* NUTTALL
Hantkenina mexicana CUSHMAN
Hantkenina Liebusi SHOKHINA
Hantkenina longispina CUSHMAN.

Nous devons noter une grande abondance d'*Hantkenina Liebusi* dans le puits 1945. C'est ce gisement qui a fourni les beaux spécimens représentés sur les planches photographiques.

3° Bartonien.

Dans les marnes grises fines du Bartonien, nous voyons apparaître deux nouvelles espèces d'*Hantkenina*.

Hantkenina Dumblei WEINZIERL et APPLIN
Hantkenina alabamensis CUSHMAN

tandis que disparaissent *Hantkenina mexicana* et sa variété *aragonensis*, mais que subsiste encore :

Hantkenina Liebusi.

Parmi les autres petits Foraminifères caractéristiques on peut citer :

Cibicides perlucida NUTTALL
Cibicides Cushmani NUTTALL
Cibicides ungeriana D'ORBIGNY
Globorotalia spinulosa CUSHMAN.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

4° Oligocène inférieur.

Il se présente sous son faciès ordinaire d'alternance de grès et de marnes. Les *Hantkenina* disparaissent, ce faciès étant trop détritique pour leur permettre de subsister.

Nous retrouvons ici la faune classique de l'Oligocène avec :

Nephrolepidina Tournoueri Lemoine et R. Douvillé
Amphistegina lessonii d'Orbigny
Eponides nov. sp.
Clavulina parisiensis d'Orbigny.

Nous insistons sur la bonne valeur stratigraphique au Maroc de *Eponides* nov. sp., cette espèce étant confinée dans l'Oligocène et l'Aquitanien. Son apparition coïncide généralement avec la disparition de *Cibicides perlucida*, mais il arrive que les deux espèces coexistent à la base de l'Oligocène.

Les résultats de la coupe de Lalla Mimouna sont résumés dans le tableau suivant (n° 2) :

Tableau n°2

COUPE STRATIGRAPHIQUE DE LALLA MIMOUNA

Foraminifères \ Etage et nature du terrain	Oligocène inf. — Alternance de grès et de marnes (Flysch)	Bartonien — Marnes grises fines	Lutétien sup. — Marnes grises légèrement gréseuses	Lutétien inf — Marno-calcaire blanc à silex
Globorotalia aragonensis Nuttall				
Eponides Trümpyi Nuttall				
Hantkenina mexicana var. *aragonensis* Nuttall				
Hantkenina mexicana Cush.				
Hantkenina Liebusi Shokhina				
Cibicides perlucida Nuttall				
Hanthenina alabamensis Cush.				
Cibicides Cushmani Nuttall				
Cibicides ungeriana d'Orb.				
Globorotalia spinulosa Cush.				
Hantkenina Dumblei Weinzierl & Applin				
Clavulina parisiensis d'Orb.				
Eponides nov. sp.				
Amphistegina lessonii d'Orb.				
Nephrolepidina Tournoueri Lemoine & R. Douville				

Pas d'*Hantkenina* (Faciès trop détritique)

Pas d'*Hantkenina* (Faciès trop

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

B. **Coupes du Dj. Si Hameur el Hadi.**

Le Nummulitique du flanc nord du Dj. Si Ameur a fait l'objet d'une étude détaillée de A. Senn en 1934, dont les résultats principaux ont paru dans les *Eclogae geologicae Helvetiae*, vol. 28, n° 1. Nous avons repris en détail les deux coupes principales de la vallée Est du sondage Financo et du ravin de Basra, et établi une échelle de petits Foraminifères complétant l'échelle de Nummulites et Orbitoïdes de A. Senn. Nous avons observé les successions stratigraphiques suivantes :

1° Vallée Est du sondage Financo.

En montant, de la route d'Ouezzane vers le sommet du Si Ameur, on recoupe les séries suivantes :

a) Lutétien inférieur.

Le Lutétien inférieur se présente sous son faciès ordinaire de marno-calcaires blancs à silex. Il contient la même faune qu'à Lalla Mimouna, *sans Hantkenina.*

Globorotalia aragonensis Nuttall
Eponides Trümpyi Nuttall
Cibicides perlucida Nuttall.

b) Lutétien supérieur.

Il est représenté par des marnes grises, concordantes sur les Marno-calcaires blancs. Ces marnes contiennent la faune suivante :

Hantkenina longispina Cushman
Hantkenina mexicana var. *aragonensis* Nuttall
Hantkenina mexicana Cushman
Hantkenina Liebusi Shokhina
Hantkenina Dumblei Weinzierl et Applin
Cibicides perlucida Nuttall
Pulvinulinella culter Parker et Jones
Valvulina Colei Cushman
Chilostomelloides eocenica Cushman
Operculina complanata Defrance
Asterocyclina stellaris Brunner.

Au sommet de la série se trouve un banc à grandes *Nummulites Gizehensis.*

Ces marnes grises, intercalées entre les marno-calcaires blancs lutétiens et le banc à *Nummulites Gizehensis*, étaient attribuées par A. Senn au Bartonien, ce qui accusait les complications tectoniques.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

c) Bartonien.

Le Bartonien est représenté par une alternance de marnes grises et de calcaires à *Lithothamnium*. Il est affecté, près de sa base, par une faille qui fait apparaître un nouveau banc à grandes Nummulites, et contient la faune suivante :

Hantkenina alabamensis Cushman
Hantkenina Dumblei Weinzierl et Applin
Asterocyclina stellaris Brunner
Bulimina jacksonensis Cushman
Vulvulina Colei Cushman
Cibicides perlucida Nuttall
Pulvinulinella culter Parker et Jones
Petites Nummulites.

d) Au-dessus du Bartonien on trouve les conglomérats burdigaliens discordants, qui constituent la crête de Si Ameur.

2° Grand ravin de Basra.

Dans le grand ravin de Basra, parallèle à la vallée E du sondage Financo, on a observé une coupe analogue.

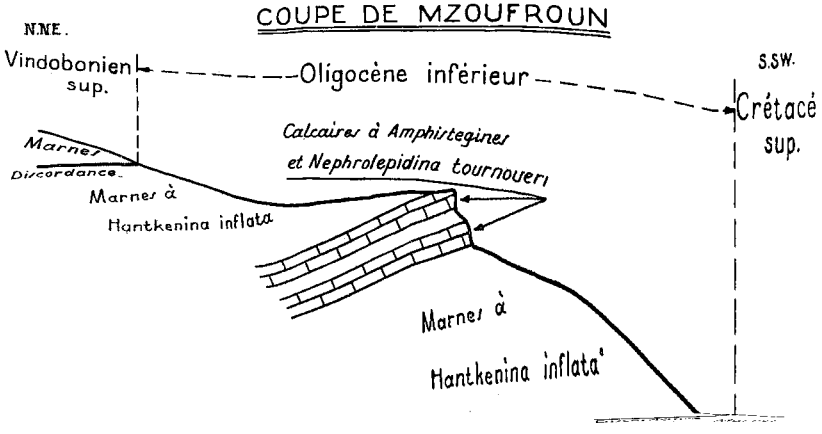
Au point de vue faune, il faut noter l'apparition de *Hantkenina inflata* Howe dans les couches supérieures du Bartonien.

On voit que les coupes du Si Ameur confirment les résultats de la coupe de Lalla Mimouna, la seule différence étant, nous venons de le voir, l'apparition de *Hantkenina inflata* au Bartonien supérieur.

C. **Coupe de Mzoufroun** (levé géologique de M. Tenaille).

Les marnes de Mzoufroun (Oligocène inférieur) nous ont aussi fourni une riche faune de petits Foraminifères et notamment d'*Hantkenina*.

Ces marnes reposent en discordance sur les marnes du Cré-



Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

lacé supérieur à *Rosalina Linnei* et elles sont recouvertes, toujours en discordance, par les marnes du Vindobonien supérieur. Un banc calcaire, faisant corniche, les divise.

1° Marnes supérieures aux calcaires.

Ces marnes contiennent la faune suivante :

Hantkenina inflata Howe (ab.)
Hantkenina alabamensis Cushman (rare)
Hantkenina Dumblei Weinzierl et Applin (rare)
Hantkenina brevispina Cushman
Eponides nov. sp.
Cibicides perlucida Nuttall
Pulvinulinella culter Parker et Jones
Rotalia mexicana Nuttall
Amphistegina lessonii d'Orbigny
Ellipsonodosaria Verneuilli d'Orbigny
Bulimina ovata d'Orbigny
Bulimina sculptilis Cushman
Uvigerina gardnerae Cushman et Applin
Anomalina alazanensis Nuttall
Operculina complanata Defrance
Gaudryina jacksonensis Cushman
Clavulinoïdes Szaboi Hantken
Vulvulina pennatula Batsch
Vulvulina Colei Cushman
Petites Nummulites.

2° Calcaires.

Ce sont des calcaires à algues, riches en Orbitoïdes. Leur examen, en plaque mince et en surface polie, a donné la faune suivante :

Nephrolepidina Tournoueri Lemoine et R. Douvillé
Nephrolepidina praemarginata R. Douvillé
Eulepidina eodilatata H. Douvillé
Amphistegina lessonii d'Orbigny
Operculina complanata Defrance
Petites Nummulites.

3° Marnes inférieures.

Elles renferment la même faune que les marnes supérieures et notamment *Hantkenina inflata*. De plus, on peut noter la présence de :

Cristellaria asperuliformis Nuttall

et de quelques Rosalines provenant du remaniement des marnes du Crétacé supérieur par la transgression oligocène. L'aspect de ces Rosalines montre nettement qu'elles ont été roulées.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Age des couches de Mzoufroun.

La présence d'espèces caractéristiques à la fois dans les marnes et dans les calcaires : Nephrolepidines, Eulepidines, Amphistegines, *Eponides* nov. sp., *Bulimina sculptilis*, *Anomalina alazanensis*..., etc..., permet de dater ces couches comme Oligocène.

Tableau n°3

DISTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE DU GENRE HANTKENINA AU MAROC (RHARB)

Noms des Espèces	Eocène inf.	Lutétien inf.	Lutétien sup.	Bartonien inf.	Bartonien sup.	Oligocène inf.	Oligocène sup.
		Marne calcaire à silex	Marne grise légèrement gréseuse	Marne grise avec banc gréseux ou calcaire		Marnes grises avec bancs calcaires	
			Lalla Mimouna / Si Ameur	Lalla Mimouna / Si Ameur / Bou Mlid	Lalla Mimouna / Si Ameur	Mzoufroun	Limite supérieure des Hantkenina
H. mexicana var. *aragonensis* NUTTALL	Lacune	Faciès trop profond dans Hantkenina	+ +	+ + +		+	+ + +
H. mexicana CUSH.			+ +	+ + +			
H. longispina CUSH.			+ +	+ + +			
H. liebusi SHOKHINA			+ +	+ + +			
H. Dumblei WEINZIERL & APPLIN			+	+ + +	+		+ +
H. Kochi HANTKEN				+	+		+
H. alabamensis var. *primitiva* CUSHMAN & JARVIS				+	+		+ +
H. alabamensis CUSH.				+ +	+		+ + +
H. brevispina CUSH.				+ +			
H. inflata HOWE				+ +			

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La présence de *Hantkenina inflata* dans ces marnes est tout à fait significative. En effet, cette espèce a été trouvée par Howe dans l'Oligocène inférieur de l'Alabama. Il en est de même de la plupart des espèces associées décrites par Nuttall et provenant de l'Alazan formation du Mexique. Ce niveau correspond aussi à l'Oligocène inférieur. C'est l'âge qu'il nous paraît normal d'attribuer aux couches de Mzoufroun.

La distribution stratigraphique des Hantkenina au Maroc est résumée dans le tableau ci-contre (n° 3).

V. — Conclusions.

Nous pensons avoir démontré, par les exemples précédents, l'intérêt que présentent les petits Foraminifères dans la stratigraphie des terrains marneux. Nous avons choisi, pour cette démonstration, le genre *Hantkenina* entre cent autres, parce que nous avons eu à l'utiliser récemment au cours d'études sur le Nummulitique du Rharb. Les *Hantkenina* nous ont permis d'établir des divisions précises, notamment pour les limites du Lutétien et du Bartonien. Nous aurions pu choisir bien d'autres genres, qui nous auraient vraisemblablement permis d'atteindre les mêmes résultats. Mais le genre *Hantkenina* présente l'intérêt de contenir peu d'espèces et d'avoir une extension stratigraphique réduite ; nous avons ainsi pu le traiter à peu près complètement dans le cadre de cette note préliminaire ; il n'en aurait pas été de même d'un des grands genres des Lagenidés, les *Cristellaria*, par exemple, dont l'extension stratigraphique va du Jurassique aux temps présents, qui est représenté par des centaines d'espèces, et sur lequel nous nous proposons de publier ultérieurement.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE DES OUVRAGES CONSULTÉS

1. Cole (W. St.). A foraminiferal fauna from the Guayabal Formation in Mexico. *Bull. american Pal.*, vol. 14, n° 51, Ithaca, 1927, 46 pp., 5 pl. (p. 24, pl. IV, fig. 7).
2. Cole (W. St.). A Foraminiferal fauna from the Chapapote Formation in Mexico. *Ibid.*, vol. 14, n° 53, Ithaca, 1928, 31 pp., 4 pl.
3. Cushman (J. A.). A new genus of Eocene Foraminifera. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, vol. 66, art. 30, pp. 1-4, pl. 1, 2, Washington, 1924.
4. Cushman (J. A.). Upper Eocene Foraminifera of the Southeastern U. S. *Prof. Pap.*, 181, 1935.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5. Cushman (J. A.). Foraminifera. Their Classification and Economic Use. *Cushman Lab. Foram. Research, Special Public.* N° 1, Sharon, 1928, n° 2, Sharon, 1933.
6. Galloway (J. J.). — A manuel of Foraminifera. Bloomington, Indiana, 1933.
7. V. Hantken (M.). Die Fauna der Clavulina szaboi-Schichten. I. Teil : Foraminifera. *Mitt. a. d. Jahrb. d. kgl. Ungar. Geol. Anstalt*, Budapest, 1875.
8. Shokhina (V. A.). The genus *Hantkenina* and its stratigraphical distribution in the North Caucasus. *Publication of the laboratory of Paleontology Moscow University : Problems of Paleontology*, vol. 2-3 (1937), p. 425.
9. Thalmann (H. E.). Die Foraminiferen. Gattung *Hantkenina* Cushman 1924 und ihre regionalstratigraphische verbreitung. *Eglog. geol. Helv.*, vol. 25, 1932, pp. 287-292.

Périodiques.

A. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, Tulsa, Oklahoma (1930-1937).
B. *Contribution from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, Sharon, Massassuchets (1925-1937).
C. *Journal of Paleontology*, Menasha, Wisc. (1928-1937).

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXII

Fig. 1-2. — *Hantkenina longispina* Cushman (× 40).
Si Ameur (Lutétien sup.).
Fig. 3. — *Hantkenina mexicana* var. *aragonensis* Nuttall (× 40).
Lalla Mimouna (Lutétien sup.).
Fig. 4-5. — *Hantkenina mexicana* Cushman (× 40).
Lalla Mimouna (Lutétien sup.).
Fig. 6. — *Hantkenina Kochi* Hantken (× 40).
Lalla Mimouna (Bartonien inf.).
Fig. 7-8-9. — *Hantkenina Liebusi* Shokhina (× 40).
Lalla Mimouna (Lutétien sup.).
Fig. 10-11. — *Hantkenina Dumblei* Weinzierl et Applin (× 40).
Si Bou Mlid (Bartonien).
Fig. 12. — *Hantkenina Dumblei* Weinzierl et Applin (× 40).
Si Ameur (Lutétien sup.).
Fig. 13. — *Hantkenina alabamensis* Cushman (× 40).
Lalla Mimouna (Bartonien).
Fig. 14. — *Hantkenina brevispina* Cushman (× 40).
Mzoufroun (Olig. inf.).
Fig. 15. — *Hantkenina alabamensis* Cushman (× 40).
Si Ameur (Bartonien).
Fig. 16. — *Hantkenina alabamensis* var. *primitiva* Cushman et Jarvis.
Si Ameur (Bartonien).
Fig. 17. — *Hantkenina alabamensis* Cushman (× 40).
Mzoufroun (Oligocène inf.). (Passage à *Hantkenina inflata*.)
Fig. 18. — *Hantkenina inflata* Howe (× 40).
Mzoufroun (Olig. inf.).
a vue latérale, *b* vue dorsale, *c* vue de face.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

NOTE PRÉLIMINAIRE SUR LA RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES PETITS FORAMINIFÈRES DANS LE NUMMULITIQUE DU PRÉRIF (MAROC)

PAR **V. Ostrowsky** [1].

PLANCHE XXIV.
ANNEXE I.

INTRODUCTION.

Cette note préliminaire a pour but d'exposer les résultats obtenus par l'étude du Nummulitique de la zone prérifaine au moyen des petits Foraminifères, travail qui prend place dans l'étude géologique d'ensemble de ces régions, effectuée par le service géologique du Bureau de Recherches et de Participations Minières et de la Société Chérifienne des Pétroles.

Dans la zone prérifaine du Maroc septentrional, où les faciès très semblables se répètent dans les différents étages, la détermination stratigraphique et l'interprétation tectonique sont particulièrement délicates du fait du mimétisme des marnes.

D'autre part, la corrélation de niveaux marneux traversés par diverses sondes étant indispensable, on se trouve, en l'absence à peu près totale de macrofossiles, et aussi de Nummulites et d'Orbitoïdes dans ces niveaux, devant la nécessité de recourir à l'étude des petits Foraminifères, qui abondent généralement dans les terrains marneux.

Deux coupes présentant des couches en succession normale ont servi de base à ce travail : d'une part le synclinal nummulitique du Djebel Touidjer, qui se trouve dans la zone prérifaine du Rharb, 3 km. au sud de la route de Souk el Arba du Rharb à Ouezzane et à mi-chemin entre deux localités ; d'autre part la série monoclinale de Koudiat Touila située à une dizaine de de km. vers le NW de Karia-ba-Mohammed, entre Fès et Ouezzane.

Pour le prélèvement correct des échantillons des marnes et pour éliminer toute erreur possible de mélange des faunes par éboulis, glissements et ruissellements, j'ai dû établir à travers les structures des lignes de puits à main, dont la profondeur

1. Cette note, présentée à la séance du 17 janvier 1938, est publiée avec l'autorisation de la Société Chérifienne des Pétroles.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

généralement ne dépasse pas 2 ou 3 m. et la distance moyenne variable, comprise entre 50 et 100 mètres.

Comme base pour l'établissement de l'échelle stratigraphique, j'ai utilisé quelques Nummulites et Orbitoïdes encore présents dans ces faciès marno-calcaires et de flysch, mais qui disparaissent totalement dans les faciès marneux pour faire place aux petits Foraminifères.

Au sujet de la répartition des Nummulites et Orbitoïdes, je me suis référé à divers travaux antérieurs, en particulier ceux de A. Senn, R. Abrard et celui de J. Bourcart et E. David (voir bibliographie).

Statigraphie de terrains nummulitiques au Djebel Touidjer.

Lors du levé géologique de la région du Rharb, effectué par M. Tenaille, que je remercie ici de ses indications, j'ai étudié cette série nummulitique de l'Est à l'Ouest, en partant de l'Oued Bidous, affluent de l'Oued Mda. Tout le fond de la vallée de cet oued est occupé par les argiles vertes plastiques du Crétacé supérieur à Rosalines, Gümbelines et les couches terminales à Flabellines et *Rzehakina*.

Ces dernières ont une parenté incontestable avec la formation de Velasco de Mexique et le Dano-Montien d'Algérie : cette question, étant à l'étude, sera ultérieurement traitée à part.

L'ensemble de cette formation du Crétacé sup. est fortement plissé.

Éocène moyen.

a) Lutétien inférieur. — Sur cet ensemble plissé repose en discordance la série du Lutétien transgressif. La discordance n'est pas visible à la surface à cet endroit, mais se révèle par la différence des pendages et la direction des couches. L'épaisseur de la série étirée tectoniquement à cet endroit est faible, 125 m. environ.

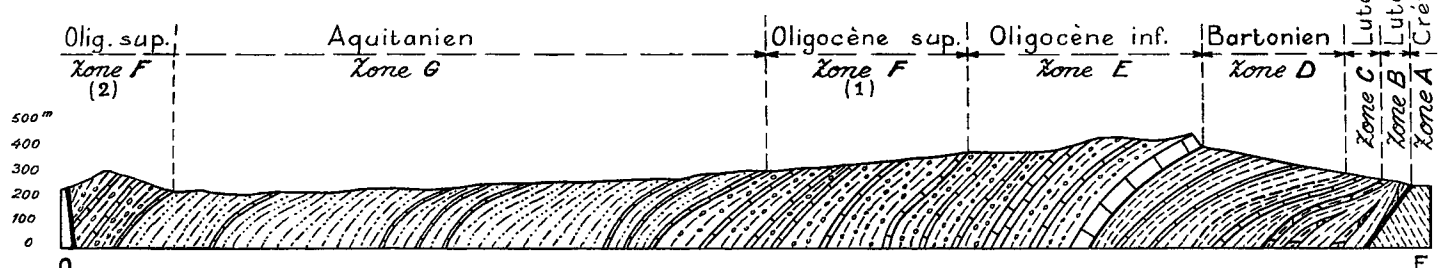
Ces assises sont composées de marno-calcaires, blancs à la surface par altération, avec intercalations de bancs de silex noirs assez puissants et irrégulièrement répartis dans la série. On y trouve au sommet de la formation une véritable couche à grandes Nummulites, qui est plus ou moins gréseuse. J'ai pu identifier : *N. atacicus* Leymerie et *N. millecaput* Boubée.

La microfaune de la série marneuse est très riche et composée, soit de Foraminifères qui ont subsisté de l'époque crétacée, comme :

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

COUPE SCHÉMATIQUE DU DJEBEL TOUIDJER

Échelle: 1 Km.



Zone A _ Argiles vertes à Flabellina et Rzehakina

Zone B _ Marno-calcaire à grandes et moyennes Nummulites, et Hartigerinella eocenica

Zone C _ Faciès Flysch à Orthophragmina et Quinqueloculina cf. anguina

Zone D _ ____d:____ à Orthophragmina, Lepidocyclina tournoueri, Globorotalia cocoaensis etc.

Zone E _ ____d:____ à Lepidocyclina, Rotalia mexicana, Heterostegina depressa

Zone F (1) _ ____d°____ à Lepidocyclina, Globobulimina sp., Dentalina adolphina

Zone F (2) _ ____d°____ ____d°____ Miogypsina irregularis et complanata

Zone G _ Marnes jaunes à Eponides nov. sp., Anomalina aff. mecatepecensis etc.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Gyroidina florealis White
Spiroplectammina excolota Cushman
Pulvinulinella velascoensis Cushman
Glomospira charoïdes Jones et Parker
Clavulinoïdes aspera Cushman var. *Whitei* Cushman et Jarvis,

soit par la microfaune propre à cet étage :

Hastigerinella oecenica Nuttall
Anomalina cf. *cocoaensis* Cushman
Globorotalia aragonensis Nuttall
Quinqueloculina cf. *anguina* Terquem

b) *Lutétien supérieur.* — Avec les couches terminales du Lutétien, qui ont à cet endroit une centaine de mètres d'épaisseur, commence le faciès flysch, où les minces couches de grès à grains fins en plaquettes sont intercalées dans l'épaisse série des marnes gris jaunâtre.

En examinant la microfaune, on remarque la disparition d'un certain nombre d'espèces qui subsistent depuis le Crétacé supérieur ou dès le début du Lutétien, et l'apparition d'autres ; parmi ces dernières, citons en quelques-unes :

Eponides cf. *cocoaensis* Cushman
Cibicides Grimsdalei Nuttall
Globorotalia cocoaensis Cushman
Cibicides Cushmani Nuttall
Cibicides perlucida Nuttall
Hantkenina Dumblei Weinzierl et Applin.

On remarque également que les premiers Orbitoïdes du genre *Lepidocyclina* apparaissent dans ces couches. Ils sont rares et petits, mais leur présence ici est justifiée dans plusieurs échantillons ; il s'agit de *Lepidocyclina* (*Nephrolepidina*) *Tournoueri* Lemoine et R. Douvillé, de *Lepid.* (*Nephr.*) *Tournoueri*, var. *praetournoueri* H. Douvillé et de *Lep.* (*Isolep.*) *mauritanica* Bourcart et David. Notons également la présence des Orthophragmines : *Asterocyclina stellaris* Brunner et *Discocyclina* sp. — (Lédien + Wemmelien).

Éocène supérieur ou Bartonien.

Cette formation, étant en parfaite concordance avec la série précédente, a les pendages en diminution progressive : de 15° à 20° vers l'Ouest.

C'est la zone néritique, bien moins profonde que le Lutétien à faciès de marno-calcaires, et l'épaisseur totale de la série ne dépasse pas 300 mètres.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ce sont les puissantes couches de marne gris bleuâtre à nombreuses concrétions d'Algues calcaires et avec faibles intercalations de grès jaune à grains fins en plaquettes, par endroit riches en Orthophragmines ; l'ensemble forme le classique faciès flysch si richement représenté dans toute la zone prérifaine.

On y trouve, à côté de *Nummulites* du groupe *incrassatus* DE LA HARPE, les Orthophragmines et les Orbitoïdes mentionnés plus haut, et les Foraminifères nouveaux :

Rhabdammina eocenica CUSHMAN et HANNA
Siphonodosaria abyssorum BRADY
Asterigerina bracteata CUSHMAN
Hantkenina alabamensis CUSHMAN.

Citons également l'apparition vers la fin du Bartonien de *Hantkenina inflata* HOWE, Foraminifère de grande valeur stratigraphique, et d'autres :

Amphistegina lessonii D'ORBIGNY
Rotalia mexicana NUTTALL
Listerella venezuelana NUTTALL
Clavulinoïdes Szaboi HANTKEN
Cibicides mexicana NUTTALL.

Avec les Orthophragmines et *Isolepidina mauritanica* disparaissent à la fin du Bartonien :

Globigerina topilensis CUSHMAN
Globorotalia cocoaensis CUSHMAN
Eponides cf. *cocoaensis* CUSHMAN
Lagena Orbignyana SEGUENZA, n. var.

à valeur stratigraphique incontestable, dont le premier a pour extension l'Éocène et les trois derniers restent localisés au Bartonien.

Les Nummulites sont en décadence marquée, leur taille a diminué sensiblement à la fin du Bartonien, ainsi que leur fréquence.

J'ai trouvé en outre dans les couches terminales de cette formation de très rares *Nummulites* aff. *Fabiani* PREVER, qui semblent être localisées à la fin de l'époque éocène.

Oligocène.

J'attribue à l'Oligocène une épaisse série à faciès flysch, qui au Dj. Touidjer a 1.100 m. d'épaisseur environ, et qui, en continuité de sédimentation avec le Bartonien, constitue les couches de la falaise terminale à pendage 25° vers l'Ouest.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les petites Nummulites subsistent encore et les Lepidocyclines ont ici le maximum de taille et de fréquence. En l'absence des éléments précis et nécessaires pour la distinction des étages, je me suis contenté pour cette étude préliminaire de la subdivision en deux parties — inférieure et supérieure —, l'extension de *Lepidoc.* (*Nephrolep.*) *marginata* MICHELOTTI caractérisant, la première, *Lepid.* (*Nephrol.*) *Tournoueri*, var. *simplex* H. DOUVILLÉ existant à la fois dans les deux parties.

A mon regret, je n'ai pas pu trouver dans la partie supérieure de l'Oligocène les Miogypsines, qui étant des Foraminifères de faciès gréseux, manquent à cet endroit. Par contre, elles existent dans la série correspondante et plus gréseuse à l'extrémité ouest de ma coupe et à proximité au Dj. Bou Hamou et au Dj. Sidi Amour el Hadi, également dans la série correspondante.

L'ensemble du Nummulitique et Aquitanien du Dj. Touidjer est une large cuvette synclinale dont le bord ouest est vertical, écrasé et laminé. Les poussées tectoniques venant de l'Est et du NE, nous pouvons supposer que le Touidjer a eu son flanc ouest écrasé contre un massif résistant resté en profondeur sous le Crétacé supérieur.

En remontant la série oligocène, qui forme le relief en gradins successifs à partir de la cote 438 dominant la région, on s'aperçoit que le pendage devient subvertical et retombe à 25°-30° Ouest à nouveau vers la fin de la série nummulitique.

Oligocène inférieur. — C'est le dépôt de faible profondeur de la zone néritique : alternance en proportion à peu près égale de marnes gris jaunâtre et de grès calcaires jaunes, bien lités, à grains tantôt fins, tantôt grossiers à Algues calcaires, à inclusions d'argile verte en forme de petites lentilles, glauconieux, zoogènes et à débris de Pectens.

La faune est très riche, on y trouve :

Petites Nummulites sp.
Lep. (*Nephr.*) *Tournoueri*, var. *simplex* H. DOUVILLÉ
Lep. (*Nephr.*) *marginata* MICHELOTTI, etc.

Parmi les petits Foraminifères citons l'association de quelques espèces importantes :

Eponides nov sp.
Amphistegina lessonii D'ORBIGNY
Anomalina aff. *mecatepecensis* NUTTALL
Rotalia mexicana NUTTALL
Cristellaria mexicana CUSHMAN, var. *nudicostata* CUSHMAN et HANNA
Heterostegina depressa D'ORBIGNY

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Clavulinoïdes Szaboï HANTKEN
Rotalia mexicana, var. *mecatepecensis* NUTTALL.

Hantkenina inflata disparaît au début de l'Oligocène inf. ainsi que *H. alabamensis* et *H. Dumblei* et vers la fin de l'Oligocène inf. apparaissent :

Nodosaria scalaris BATSCH
Operculina complanata DEFRANCE
Rotalia Viennoti GREIG.

b) *Oligocène supérieur*. — La composition lithologique est la même; les couches de grès calcaires jaunes deviennent par endroits encore plus zoogènes, formant de véritables bancs calcaires de 0,10 m. à 1 m. d'épaisseur, riches en Mollusques, Bryozoaires, Orbitoïdes et surtout Algues calcaires.

On trouve encore dans le résidu de lavage des marnes, de très petites Nummulites, qui s'éteignent dans cette formation.

Quelques Foraminifères nouveaux apparaissent :

Laticarinina pauperata PARKER et JONES
Globobulimina sp.
Dentalina adolphina D'ORBIGNY
Pyrgo murrhina SCHWAGER.

Le contact supérieur de cette formation est marqué par la disparition de *Lepid.* (*Nephr.*) *Tournoueri*, var. *simplex* H. DOUVILLÉ et le changement net du faciès lithologique.

Aquitanien.

L'Aquitanien marin, qui a été pendant longtemps considéré comme inexistant dans le Rharb, est apparemment concordant avec l'Oligocène supérieur; cette formation représente les couches les plus jeunes du synclinal de Touidjer : le flanc Ouest de ce synclinal étant légèrement déversé, les couches présentent toujours sur le terrain des pendages 15-20° Ouest, comme s'il s'agissait d'une série monoclinale. L'épaisseur réelle de l'Aquitanien est de 850 m. environ.

C'est une série uniforme de marnes jaunes sableuses avec faibles intercalations de grès jaune, parfois jaune ocre, peu consistant, à grains de quartz bien roulés.

La plupart des Foraminifères cités dans l'Oligocène s'éteignent, soit avant d'atteindre cette formation, soit au début. Par contre d'autres comme :

Anomalina aff. *mecatepecensis* NUTTALL

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Eponides nov. sp.
Laticarinina pauperata Parker et Jones

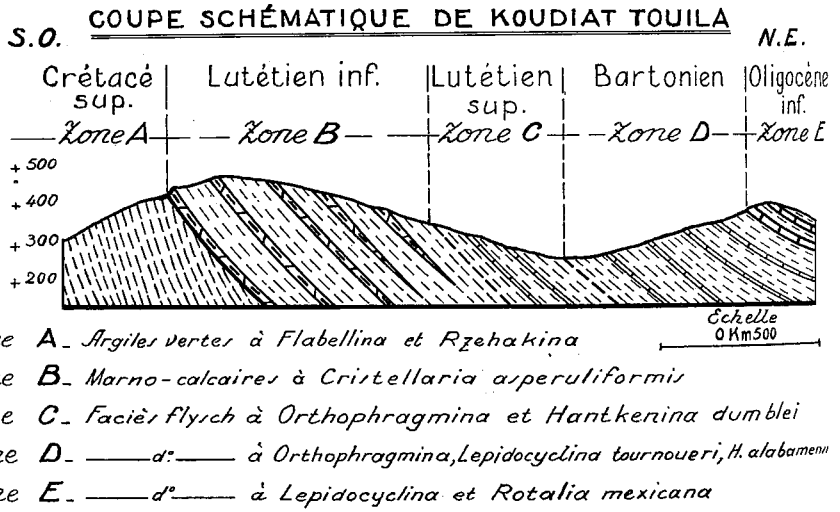
atteignent le maximum de leur taille et de fréquence.

Esquisse stratigraphique et faune de foraminifères de Koudiat Touila.

L'Éocène moyen étant très réduit en épaisseur à Dj. Touidjer par étirement, la coupe stratigraphique du Koudiat Touila complète l'étude de la microfaune de cette formation.

L'Éocène moyen et supérieur ont l'épaisseur normale ici et l'Oligocène inférieur est représenté par les grès calcaires de base avec une cinquantaine de mètres de marnes à intercalations gréseuses et où mes observations se terminent.

Dans l'ensemble, le complexe Crétacé-Nummulitique de Koudia Touila présente une série monoclinale, dont le flanc SO manque.



Éocène moyen.

a) *Lutétien inférieur et supérieur.* — Le contact inférieur de cette série est analogue au contact du Dj. Touidjer et je n'en parlerai pas davantage : la question des couches de passage du Crétacé sup. à l'Éocène fera l'objet d'une autre étude.

Le série de marno-calcaires blancs à bancs de silex noir, y

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

compris 100 m. de faciès flysch du Lutétien sup., mesure 600 m. à cet endroit.

La rupture de pente du flanc SW de Koudiat marque le commencement de la série de marno-calcaires à épais bancs de silex noir. Le flanc NE est également formé par le Lutétien et les pendages sont réguliers dès le début de la série — 40 à 50° vers NE.

La faune de Foraminifères est richement représentée dans les parties marneuses de cette formation et on suit facilement leur évolution.

Dans la partie inférieure du Lutétien on trouve un certain nombre d'espèces qui ont subsisté du Crétacé supérieur ; citons-en quelques-unes :

Nodosaria concinna Reuss
Globorotalia velascoensis Cushman
Ramulina globulifera Brady
Planulina contricta Hagenow
Cibicides cf. *Alleni* Plummer
Marginulina trilobata d'Orbigny.

La microfaune propre au faciès de marno-calcaires du Lutétien, dont on voit l'apparition des espèces, est la suivante :

Cristellaria trigonata Plummer
Epistomina exigua Brady
Loxostoma Applinae Plummer
Nodosaria paupercula Reuss

et autres espèces citées à propos de la faune du Lutétien du Dj. Touidjer.

Le faciès flysch du sommet du Lutétien ne diffère guère ici de celui du Dj. Touidjer et on y trouve la même faune de Foraminifères.

Éocène sup. ou Bartonien (Lédien + Wemmelien).

C'est le faciès flysch typique, où les marnes gris jaune alternent avec les couches de grès glauconnieux à grains fins et à plaquettes d'épaisseur variable de 0 m. 10 à 0 m. 50. Les pendages, moins importants, sont dirigés 25° vers le NE. L'épaisseur totale de cette formation est 300 m. et le tout repose en concordance sur le Lutétien.

A côté des Orthophragmines et petites Nummulites, on trouve la faune de Foraminifères suivants :

Eponides cf. *cocoaensis* Cushman
Hantkenina alabamensis Cushman

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Rhabdammina eocenica Cushman et Hanna
Siphonodosaria abyssorum Brady
Hantkenina Dumblei Weinzierl et Applin
Hantkenina inflata Howe vers la fin de cette formation.

Oligocène inf. (Lattorfien).

Les grès calcaires de base, qui forment l'escarpement, ont ici 3 m. d'épaisseur avec le pendage de 25° NE. C'est le grès jaune glauconnieux, riche en algues calcaires et toute sorte de débris organiques, analogues, aux grès du Dj. Touidjer, dont j'ai déjà eu l'occasion de parler.

On rencontre dans ces grès les Orbitoïdes, *Lep.* (*Nephr.*) *marginata* Michelotti, *Lep.* (*Neph.*) *Tournoueri* Lemoine et R. Douvillé et des rares petits Nummulites, le tout dans un assez mauvais état de conservation.

Par contre, la faune de petits Foraminifères, qu'on trouve au-dessus dans les marnes gris jaunâtre, est assez riche et présente la même association des espèces caractéristiques que la faune de l'Oligocène inférieur du Dj. Touidjer.

La question du remaniement.

Il me semble intéressant de mentionner ici en quelques mots la question du remaniement des Foraminifères crétacés dans la série Nummulitique et dans le Bartonien en particulier.

En examinant au laboratoire le résidu de lavage des marnes, on s'aperçoit que dans l'ensemble de la faune Nummulitique il n'est pas rare de trouver l'apparition sporadique des Rosalines, Gümbelines, Flabellines et autres Foraminifères spécifiquement crétacés : d'ailleurs, l'état de leur usure ne laisse aucun doute sur le remaniement.

D'autre part, j'ai eu maintes fois l'occasion de voir sur le terrain, soit dans les puits à mains, soit dans les affleurements du Bartonien, des morceaux parfois assez volumineux de marno-calcaires verts.

En faisant avec précaution le prélèvement de ces morceaux et le lavage au laboratoire, j'ai obtenu une faune uniquement crétacée.

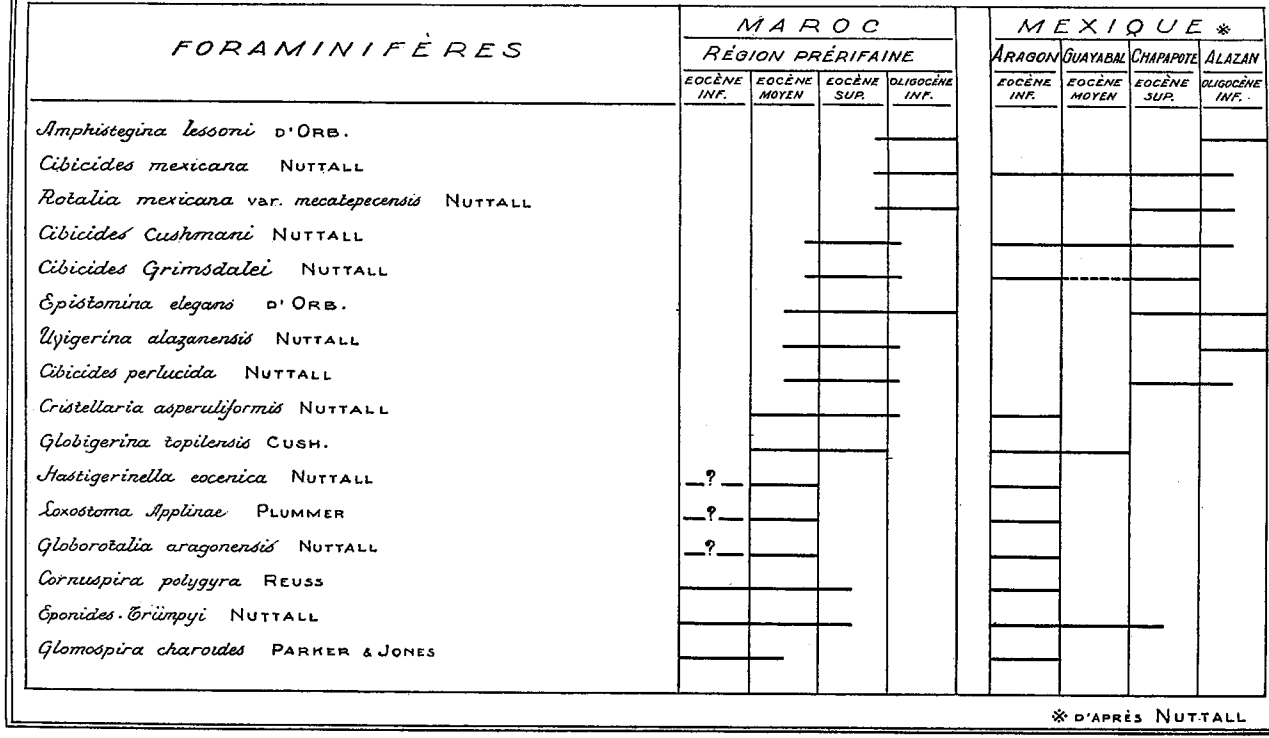
On peut supposer l'existence, à cette époque, de hauts fonds crétacés, probablement temporairement émergés, où les éboulements sous-marins ont eu lieu sur une pente raide. Souvent ces marno-calcaires ont été dissociés avant d'être enfouis et les Foraminifères ainsi dégagés ont été remaniés dans le dépôt.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Annexe n° 2

TABLEAU COMPARATIF DE LA DISTRIBUTION VERTICALE DE QUELQUES FORAMINIFÈRES DU NUMMULITIQUE AU MAROC ET AU MEXIQUE

PAR V OSTROWSKY



※ D'APRÈS NUTTALL

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Corrélation des Foraminifères nummulitiques du Maroc septentrional et d'Amérique.

En jetant un coup d'œil sur la microfaune Nummulitique du Maroc septentrional, il n'est pas difficile de se rendre compte que la plupart des espèces marocaines sont en même temps les espèces du Texas, Venezuela et Mexique surtout.

Ce sont les Foraminifères de la même province Atlantique, où la température d'eau, le faciès et les conditions de vie étaient soit les mêmes, soit très semblables.

Néanmoins l'extension verticale de la plupart de Foraminifères varie légèrement dans les deux continents. J'ai noté ces variations dans le tableau comparatif de l'extension de quelques Foraminifères communs (voir l'annexe n° 2).

Conclusion.

Le but de ce travail étant un essai de l'établissement de l'échelle stratigraphique du Nummulitique du Maroc septentrional au moyen des petits Foraminifères, je n'ai aucune prétention de généraliser hors du Maroc du Nord les données ainsi obtenues. Toutefois, le tableau de répartition que j'ai cru pouvoir établir (voir l'annexe n° 1) résume non seulement les observations ci-dessus présentées, faites dans deux coupes-types, mais celles très nombreuses faites sur d'autres prélèvements qui m'ont été communiqués par mes collègues du Service Géologique de la Société Chérifienne des Pétroles, lors de leurs levers. Ces observations ont été rapprochées et ont servi ainsi de contrôle. Il est vraisemblable que ces résultats sont, dans leur ensemble, valables pour d'autres secteurs nord-africains ou européens où règne un faciès marneux du Nummulitique, compte tenu de variations locales toujours possibles dans l'extension de certaines espèces.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BIBLIOGRAPHIE

1. Abrard (R.). — Nomenclature et synchronisme des assises de l'Éocène moyen et supérieur des bassins nummulitiques de l'Europe occidentale. *Bull. Soc. Géol. France* (5e s.), t. 3, 1933.
2. Bourcart (J.) et David (E.). — Étude stratigraphique et paléontologique des grès à Foraminifères d'Ouezzane. *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, Rabat, 1933.
3. Senn (A.). — Die stratigraphische Verbeitung der tertiären Orbitoïden. Basel, 1935.
4. Les publications sur les Foraminifères de J. Cushman, W. Nuttall, H. Plummer, W. Cole, etc.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIV

Fig. 1. — *Cibicides Grimsdalei* Nuttall (× 40).
Dj. Touidjer, Bartonien.
a) côté dorsal, *b*) côté ventral, *c*) profil.
— 2. — *Cristellaria asperuliformis* Nuttall (× 10).
Koudiat Touila, Lutétien sup.
a) vue latérale, *b*) profil,
— 3. — *Cibicides Cushmani* Nuttall (× 40).
Dj. Touidjer, Lutétien sup.
a) côté dorsal, *b*) côté ventral, *c*) profil.
— 4. — *Rotalia Viennoti* Greig (× 30).
Dj. Touidjer, Oligocène sup.
a) côté dorsal, *b*) côté ventral, *c*) profil.
— 5. — *Hastigerinella eocenica* Nuttall (× 40).
Dj. Touidjer, Lutétien inf.
— 6. — *Quinqueloculina* cf. *anguina* Terquem (× 40).
Dj. Touidjer, Lutétien inf.
— 7. — *Clavulinoïdes Szaboï* Hantken (× 30)
Dar el Hadjer, Bartonien.
— 8. — *Siphonodosaria abyssorum* Brady (× 20).
Dj. Touidjer, Bartonien.
— 9. — *Amphistegina lessonii* d'Orbigny (× 30).
Dj. Touidjer, Oligocène sup.
a) côté dorsal, *b*) côté ventral, *c*) profil.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ECHELLE STRATIGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX FORAMINIFÈRES DU NUMMULITIQUE DU PRÉRIF

PAR V. OSTROWSKY

Annexe n°1

Maximum de fréquence
Présence

FORAMINIFERES
AGE
ET NATURE
DES SEDIMENTS

EOCENE MOYEN
EOCENE SUPERIEUR
OLIGOCENE INFERIEUR
OLIGOCENE SUPERIEUR
AQUITANIEN

Marno-calcaires blancs à silex
Marnes gris-bleuâtre avec faibles intercalations de grès en plaquettes (faciès flysch)
Alternance de marnes grises et de grès calcaires très zoogènes (faciès flysch)
Marnes jaunes ou jaune-ocre sableuses avec faibles intercalations de grès

Pleurostomella clavata Cushman
Planulina constricta Hagenow
Nodosaria concinna Reuss
Glomospira charoides Jones & Parker
Globorotalia aragonensis Nuttall
Globigerinella volutus White
Hastigerinella eocenica Nuttall
Cibicides aff. *Alleni* Plummer
Anomalina cf. *baccensis* Cush.
Bullimina cf. *denticulata* Cushman & Parker
Bullimina cf. *quadrata* Plummer
Clavulinoides aspera Cushman, var. *Wilsei* Cush.
Textularia agglutinans d'Orbigny
Spiroplectammina escalata Cush.
Pulvinulinella velascoensis Cush.
Nodosaria paupercula Reuss
Marginulina tridentata d'Orb.
Lanstena Applinae Plummer
Gyroidina floreali White
Gaudryina cf. *jacksonensis* Cush.
Gaudryina Pauda Reuss
Epistomina exigua Brady
Cristellaria brigonata Plummer
Eponides Trumpyi Nuttall
Quinqueloculina cf. *agyuinx* Terquem
Gyroidina girardana Reuss
Textularia missisippiensis var. *rhomboides* Cushman & Ellisor
Textularia Plummerae Lalicker
Nodosaria radicula Linne
Cornuspira polygyra Reuss
Sphaeroenrina elegans Plummer
Ammodiscus cf. *incertus* d'Orb.
Anomalina cf. *ammonoides* Reuss
Massilina cf. *decorata* Cush.
Valvulina Pfadelliformis Gümbel
Discocyclina nummulitica Gümbel
Globigerina bapidensis Cush.
Cristellaria asperuliformis Nuttall
Chilostomelloides eocenica Cush.
Textularia aff. *Halkyardi* Lalicker
Valvulina Colei Cush.
Karreriella chapapotensis Cole
Spiroplectoides Clotho Grevbourni
Pleurostomella alternans Schwager
Plectofrondicularis Vaughani Cush.
Plectina cf. *elongata* Cushman & Bermudez
Nodosaria rotundata d'Orb.
Nodosaria longiscata d'Orb.
Marssonella oxycona Reuss
Lagena Orbignyana Seguenza
Globigerina bulloides d'Orb.
Eggerella Bradyi Cush.
Dentalina paupereta d'Orb.
Cibicides lobatula d'Orb.
Ammolagena clavata Parker & Jones
Aromalina grosserugosa Gümbel
Casidulina subglobosa Brady
Ammobaculites Humboldti Reuss
Asterocyclina stellaris Brunner
Cibicides perlucida Nuttall
Cristellaria subcultrata Cushman var. *tuberculata* Plummer
Virgerina alabamensis Nuttall
Virgerina Gaconensis Cushman & Applin
Vaginulina elegans d'Orb. var. *mexicana* Nuttall
Lagena Schwageriana Cush.
Dorothia Natalis Cush.
Epistomina elegans d'Orb.
Elliposonodosaria Verneuili d'Orb.
Lepid.(Isolp) mauritanica Bourcart & David
Lagena Orbignyana Seguenza var. (n^le var.)
Globorotalia cocoaensis Cush.
Eponides cf. *cocoaensis* Cush.
Hantkenina Dumblei Weinzierl & Applin
Cibicides Cushmani Nuttall
Cibicides Grimsdalei Nuttall
Pulvinulinella cutter Parker & Jones
Pleurostomella brevis Schwager
Elliposglandulina multicostata Galloway & Morrey
Cristellaria budensis Hantken
Triloculina gibba d'Orb.
Lepid.(Nephr.) Tournoueri Lemoine & R. Douvillé
Rhabdammina eocenica Cushman & Hanna
Hantkenina alabamensis Cush.
Valvulina cf. *advena* Cush.
Asterigerina bractecata Cush.
Cristellaria crepidula Fichtel & Moll
Cyclammina cancellata Brady
Siphonodosaria abyssorum Brady
Hantkenina inflata Howe
Clavulinoides Szabói Hantken
Listerella venezuelana Nuttall
Cibicides mexicana Nuttall
Amphistegina lessonii d'Orb.
Valvulina pennatula Batsch
Chilostomella ovina Schwager
Cassidulina laevigata d'Orb.
Gyroidina Soldanii d'Orb.
Rotalia mexicana Nuttall
Lepid.(Nephr.) marginata Michelotti
Lepid.(Nephr.) Tournouri var. *simplex* H. Douvillé
Rotalia mexicana var. *mecatepecensis* Nuttall
Textularia midwayana Lalicker
Eponides nov. sp.
Nodosarella salmojraghi Martinotti
Heterostegina depressa d'Orb.
Cristellaria mexicana Cush. var. *nudicostata*. Cushman & Hanna
Ammodiscus incertus d'Orb.
Anomalina aff. *mecatepecensis* Nuttall
Rotalia Viennoti Greig
Operculina complanata Defrance
Nodosaria scalaris Batsch
Dentalina adolphina d'Orb.
Laticarinina pauperata Parker & Jones
Pyrgo murrhina Schwager
Globobulimina sp.
Ehrenbergina Bradyi Cush.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Remarques sur la tectonique du massif de Gigondas et des régions voisines

par **Jean Goguel** [1].

Résumé.

L'enlèvement de l'Urgonien par l'érosion, à la suite d'un soulèvement éocène limité par des failles, a placé la région de Gigondas (au NE d'Avignon, dans la basse vallée du Rhône) dans la même situation vis-à-vis des plis miocènes que la fosse vocontienne où l'Urgonien est remplacé par un faciès vaseux peu épais : La région urgonienne est peu plissée et très faillée ; là où il n'y a pas d'Urgonien, on trouve des anticlinaux étroits et disloqués. La forme des plis est donc sous la dépendance étroite de la série lithologique.

Au pied du Ventoux, du côté du Rhône, se dresse le petit massif de Gigondas, complètement isolé au milieu des plaines miocènes. Il contraste vivement avec le Ventoux par la présence dans sa partie méridionale de Jurassique supérieur vertical et capricieusement découpé en « Dentelles ».

Plus surprenante encore est la présence du Trias, dont les gypses et cargneules étaient restés longtemps énigmatiques. Ce n'est qu'à partir du moment où leur âge a été définitivement établi, en particulier grâce aux fossiles trouvés par Joleaud, que la tectonique a pu progresser. Après avoir pensé à une grande nappe triasique, Termier [2] a montré que les plis des Baronnies forment une virgation, avec pointements de Trias diapir aux sommets des arcs successifs. Cette notion a été développée et précisée par Jung [3], qui a assimilé les môles contre lesquels serait venu déferler le flux de force, môles situés à l'emplacement de la vallée du Rhône et le long de la crête Ventoux-Lure, à des plis de fond pyrénéens, tout en montrant les caractères stratigraphiques qui caractérisent ces plis de fond.

Mais, dans le détail, cette idée explique mal les plis du massif de Gigondas. Les deux branches de l'arc reconnu par Termier

1. Note présentée à la séance du 30 mai 1938.

2. P. Termier. Nouvelle contribution à l'étude du problème de Suzette, *B. S. G. F.*, 4, XXVII, pp. 57-76, 1927.

3. J. Jung. Rapport des plis alpins et des plis pyrénéens dans les chaînes subalpines méridionales, *Ann. Univ. Grenoble*, t. VI, n° 1, pp. 61-82, 1930.

J. Jung et H. Erhart. Structure géologique des Baronnies au Nord du Mont Ventoux, *Ann. Univ. Grenoble*, t. VIII, n° 1, 1933.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sont extrêmement inégales, et on ne voit nullement tourner les plis de l'une à l'autre. Essayons donc de préciser l'origine du massif de Gigondas.

Si l'on remonte jusqu'au Crétacé inférieur, on constate une différenciation de la région, qui devait avoir des conséquences importantes. Tandis que les calcaires urgoniens se formaient dans ce qui devait être le Vercors, la rive droite du Rhône à partir de Donzère, et la Basse-Provence, des dépôts vaseux à Céphalopodes occupaient la fosse vocontienne, à l'emplacement du Diois et des Baronnies. La transition se fait assez progressivement depuis les beaux calcaires blancs à Chamacées, aux calcaires à débris, de ceux-ci à des calcaires à silex, déjà un peu marneux, mais encore très épais, et enfin aux marno-calcaires à Céphalopodes, dont l'épaisseur peut n'être que le dixième des formations récifales ou sub-récifales du même âge. Sur la carte ci-contre, nous avons tracé — approximativement, puisque nous n'avons pas voulu distinguer les différents niveaux — la limite des formations typiquement urgoniennes, d'une part, et celle des formations de transition, caractérisées par leur épaisseur, et sans doute leur résistance tectonique considérable, d'autre part.

Cette seconde limite passe par la Montagne de Lure, celle de Bluye, et Vaison. Elle se perd ensuite sous le bassin tertiaire de Visan, mais la rive droite du Rhône et les environs de Donzère montrent l'Urgonien le plus typique. A l'Est de Montélimar, le massif de Pont-de-Barret montre encore des calcaires à débris qui le rapprochent de l'Urgonien (Barrémien). Plus à l'Est, à Crupies et jusqu'à Arnayon[1], on trouve encore des intercalations à débris organiques roulés, mais souvent dans des parties marneuses. Au point de vue lithologique, la coupe du Crétacé inférieur est du type vocontien, marneux ; les débris organiques roulés ont été localement entraînés par des courants en dehors de la zone urgonienne ou sub-urgonienne qu'ils caractérisent habituellement. Au Nord, l'Urgonien réapparaît brusquement sur la rive droite de la Drôme.

Avant l'Oligocène — sans doute à l'Éocène supérieur, au moment des plissements provençaux — un certain nombre de dislocations ont affecté la région : l'extrusion du Trias dans la partie sud du massif de Gigoudas a accompagné un soulèvement assez important, puisque l'Oligocène est transgressif sur le Trias et sur l'Oxfordien dans lequel il est injecté. Nous pouvons

1. Paquier. Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales, *Thèse*, Grenoble, 1900, p. 168.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

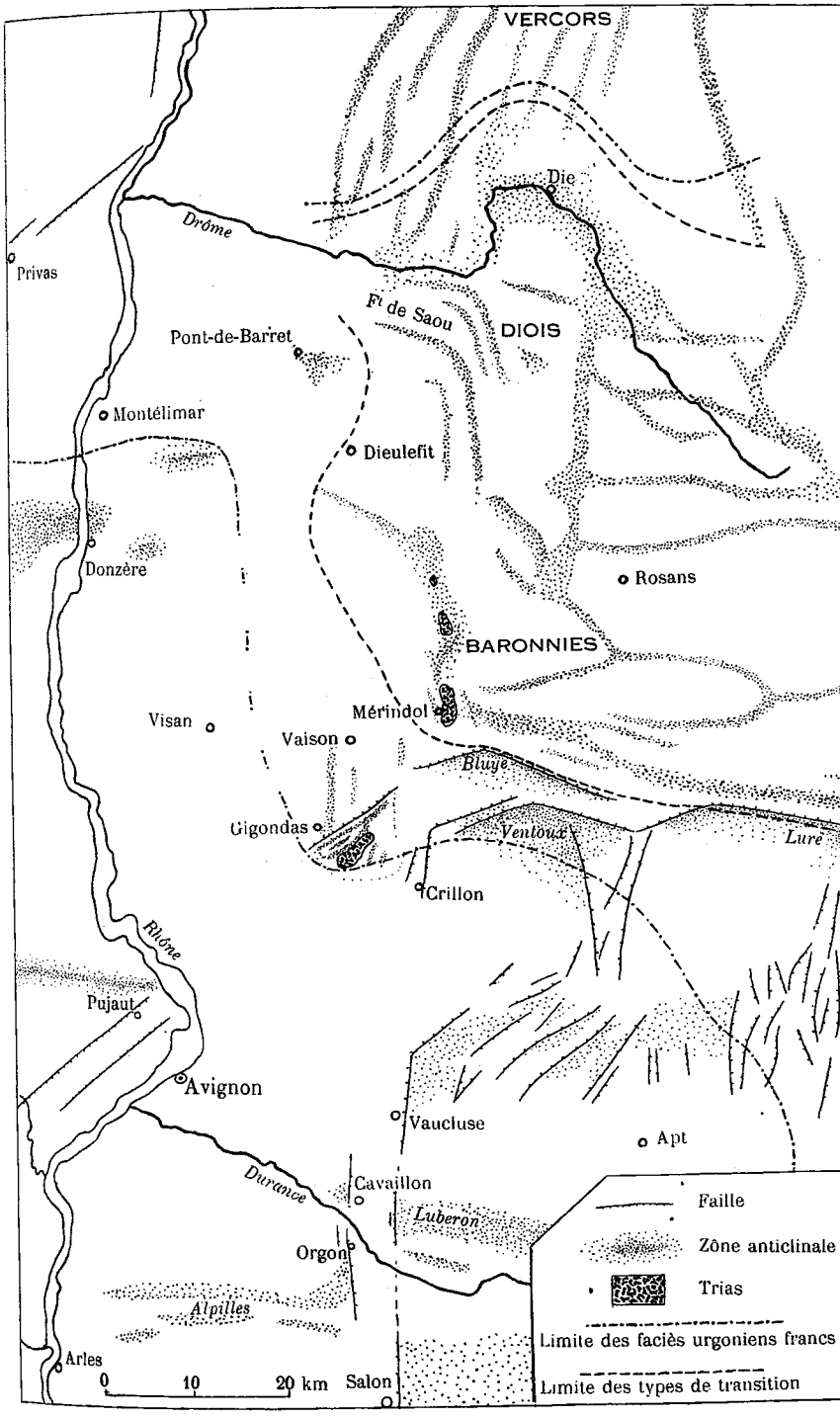


FIG. 1. — Carte tectonique des chaînes subalpines de la Drôme à la Durance.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

donner quelques précisions sur la forme de cette dislocation : Au pied ouest du Ventoux, à Crillon-le-Brave, passe une faille nord-sud, dont la lèvre ouest est relevée, à tel point que tout le Crétacé moyen a été enlevé par l'érosion avant l'Oligocène, qui repose transgressivement sur la faille sans en être affecté. Un peu plus à l'Ouest, une autre faille parallèle, également anté-oligocène, a permis l'enlèvement par l'érosion de tout l'Urgonien. En suivant, depuis le Sud-Est, les bancs de l'Oligocène (plus précisément, de l'ensemble Ludien-Oligocène inférieur), on les voit à l'approche de ces failles passer à des conglomérats très grossiers. Tout ceci concorde pour montrer qu'à l'Éocène, toute la partie sud du massif de Gigondas a été soulevée, et que l'érosion, pendant le Ludien et le début de l'Oligocène, a détruit le massif ainsi formé.

Jusqu'où, vers le Nord, s'est étendu ce soulèvement ? Certainement pas plus loin que la grande flexure SW-NE qui prend en écharpe le massif depuis Gigondas, puisque au delà de cette flexure, l'Aptien et le Cénomanien sont conservés. Le jeu de cette flexure, sous forme de faille, n'est que de 100 à 200 m. dans le Miocène, contre 1.000 à 1.500 m. dans le Secondaire. Il est donc très vraisemblable que c'est cette flexure même qui a limité la région soulevée à l'Éocène.

Il est inutile d'énumérer les accidents plus méridionaux qui se sont produits à la même époque[1]. Par leurs formes, ils diffèrent beaucoup de ce soulèvement limité à des failles, et accompagné d'une injection de Trias dans les marnes oxfordiennes. Cependant, ces failles semblent appartenir à des lignes d'effondrement assez continues :

Le massif situé à l'Est de Salon[2], le Luberon et les Monts de Vaucluse sont limités par des failles nord-sud rigoureusement alignées, situées dans le prolongement de la faille de Crillon. Par place, ces failles sont post-miocènes, ailleurs plus anciennes, mais il est vraisemblable qu'elles ont joué à plusieurs reprises. Une autre ligne de failles, que les alluvions baignant leur pied n'empêchent pas de reconnaître, s'étend parallèlement un peu plus à l'Ouest, avec un rejet de sens inverse. Elles limitent les plaines d'Orgon et le Rocher Saint-Jacques à Cavaillon. Il règne donc, depuis le bassin de Mormoiron, près de Crillon, jusqu'au

1. Nous les avons indiqués dans :
C. R. Coll. 1932, *Bull. Carte*, n° 190, t. XXXVIII, p. 135.
Description tectonique de la bordure des Alpes de la Bléone au Var. *Mém. Carte*, 1936, p. 320 et fig. 1.

2. Jean Goguel. Le massif néocomien à l'Est de Salon, *A. F. A. S.*, Marseille, 1936, pp. 249-51.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

bord de l'étang de Berre, un fossé nord-sud, qui semble s'être effondré à plusieurs reprises.

Dans le prolongement de la flexure de Gigondas, on observe un fossé analogue dans le Crétacé, remblayé par des marnes pliocènes (Pujaut, Théziers). Le bord nord-ouest de ce fossé, absolument rectiligne, limite la garrigue de Roquemaure à Nîmes et au delà. Bien que nous n'observions, dans la partie abaissée, que des remblaiements postérieurs, il est assez vraisemblable qu'il s'agit là aussi d'un fossé d'effondrement.

Malgré l'étendue des formations néogènes et quarternaires, les fossés effondrés de Salon — Cavaillon et de Nîmes — Pujaut paraissent constituer des traits fondamentaux de la basse vallée du Rhône, et la position du Trias diapir de Gigondas à leur intersection ne saurait être l'effet du hasard.

Un peu plus au Nord l'injection du Trias de Mérindol, toujours dans les marnes callovo-oxfordiennes, qui constituent le niveau d'élection pour ces migrations tectoniques, s'est accompagné d'un soulèvement tel que le Miocène (il n'y a pas, ici, d'Oligocène) est transgressif jusque sur l'Oxfordien, sur une faible étendue. Mais le Néocomien n'était représenté que par des marno-calcaires relativement peu épais.

Au moment des plissements alpins (principalement miocènes supérieurs, comme le montrent les lambeaux de mollasse miocène pincés près d'Ollon et de Montbrun), la dalle résistante constituée par les calcaires urgoniens et leurs types de passage s'étendait donc au Sud d'une ligne Vaison — Montagne de Bluye — Montagne de Lure, à l'exception de la partie sud du massif de Gigondas, décapée par l'érosion à la suite du soulèvement éocène. A l'Ouest, elle occupait une partie de l'emplacement actuel de la vallée du Rhône, et, au Nord, ce qui devait être le Vercors. Nous allons voir cette répartition commander complètement la répartition des différents types d'accidents tectoniques.

Dans le Diois et les Baronnies, au-dessus de la masse sans doute calcaire du Lias et du Bajocien, qui n'apparaît jamais, et de la tectonique de laquelle nous ne pouvons rien dire, on trouve les épaisses marnes noires du Callovien et de l'Oxfordien, un niveau relativement mince de calcaire résistant tithonique, puis le Crétacé principalement marneux, plus calcaire seulement au niveau du Barrémien. A cette série stratigraphique correspond un style éjectif, avec des cuvettes synclinales plus ou moins ovales, presque horizontales et souvent fort étendues, séparées par des anticlinaux étroits, fréquemment rompus, compliqués d'accidents variés, et déversés d'un côté ou de l'autre.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'allure si particulière de ces plis a donné lieu à bien des interprétations. Pour Paquier [1], les cuvettes synclinales doivent leur existence à une surépaisseur originelle de toutes les assises, par suite d'un excès de subsidence. Il était alors naturel que

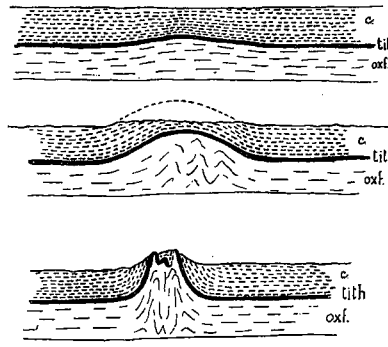


FIG. 2. — Coupes schématiques montrant la formation d'un anticlinal dans les Baronnies. *oxf.* marnes oxfordiennes; *tith.* Tithonique; *c*, Crétacé.

les anticlinaux se localisent dans les zones les plus faibles. Ce qui est remarquable, c'est que les anticlinaux aient pu se disloquer et s'étirer aussi profondément sans que les aires synclinales aient subi le moins du monde l'effet de cette poussée.

Il est possible que l'érosion, en débarrassant les anticlinaux à peine esquissés d'une partie de la couverture épaisse de marno-calcaires crétacés, ait facilité leur dislocation ultérieure (fig. 2). Les marnes oxfordiennes accumulées dans le cœur de l'anticlinal ne présentaient en effet qu'une faible résistance. Quant à la lame tithonique, à la fois trop mince pour opposer une résistance sérieuse aux déformations, et trop rigide pour suivre les marnes oxfordiennes et valanginiennes dans leur écrasement, elle a été le siège des ruptures et des étirements très complexes que nous observons.

La localisation des anticlinaux, contrastant avec la tranquillité des cuvettes synclinales, tiendrait en somme au rôle essentiel joué dans la résistance aux déformations tectoniques par les terrains les plus élevés, les premiers enlevés par l'érosion. C'est exactement le contraire de ce qui se passe près de Digne, où l'élément essentiel de la résistance aux déformations est le Lias calcaire, ou près de Castellane, où ce rôle est joué par le Jurassique supérieur.

1. *Op. cit.*, p. 379.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Là où existait la dalle urgonienne, le tableau est bien différent. Dans le Vercors, où la couverture de Crétacé supérieur devait être assez épaisse, il s'est formé une série de longs plis bien réglés, dissymétriques.

Dans le Ventoux et la Montagne de Lure, le contre-coup des mouvements provençaux avait permis à l'érosion de déblayer largement la partie supérieure du Crétacé, qui ne s'était d'ailleurs déposée que très incomplètement. La dalle urgonienne se trouvait donc si voisine de la surface qu'elle ne pouvait se prêter qu'à des plis de très grand rayon. Les nombreuses failles du Ventoux, des Monts de Vaucluse et du flanc méridional de la Montagne de Lure[1] témoignent surabondamment de ce régime cassant. Dans son ensemble, la dalle garde sa continuité, et s'incline d'un bloc vers le Sud, les terrains moins résistants qui la bordent au Nord rattrapant par une brusque flexure la différence de niveau ainsi créée.

La partie sud du massif de Gigondas ressemble beaucoup plus, comme forme de plis, à la région des marno-calcaires néocomiens

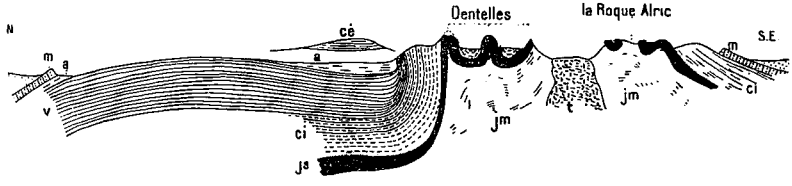


FIG. 3. — Coupe du massif de Gigondas.
t, Trias ; *jm*, marnes callovo-oxfordiennes ; *js*, Tithonique ; *ci*, Néocomien marneux, Valanginien et Hauterivien ; *v*, calcaire de Vaison, équivalent latéral de l'Urgonien ; *a*, marnes aptiennes ; *cé*, Cénomanien ; *m*, Miocène.

qu'à celle de l'Urgonien. La lame tithonique, comprise entre les marnes oxfordiennes et valanginiennes, se trouvait à la hauteur de la tranche de la dalle de calcaires urgoniens (ou des calcaires de Vaison qui en représentent une forme latérale). Elle a été écrasée entre ces serres puissantes, et, comme toute lame calcaire au sein d'une masse marneuse, elle a formé une série de petits plis très aigus (fig. 3), dans lesquels les flancs des anticlinaux se sont appuyés l'un contre l'autre en chassant complètement les marnes oxfordiennes : la double lame tithonique, verticale, forme actuellement les crêtes des Dentelles. Les synclinaux sont restés assez larges, le Valanginien moins plastique ne se prêtant pas à une telle expulsion. Bien que moins réguliers que ceux des Dentelles,

1. Jean GOGUEL. Sur l'interprétation du champ de fractures de Banon. *B. S. G. F.*, 5, II, pp. 53-57, 1932.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les plis de la Roque-Alric, de l'autre côté du Trias, présentent les mêmes caractères. Les directions de ces plis sont celles des failles limitant les masses enserrantes, et ne présentent qu'un rapport lointain avec celle de la poussée. Les plissements du Tithonique ont pu être accusés au Miocène, mais sont pour une part antérieurs à l'Oligocène : leur âge ne change rien à la façon dont leur forme a été déterminée par la composition lithologique de la série épargnée par l'érosion.

L'existence de cette zone moins résistante a une autre conséquence : la Montagne de Lure comporte une flexure unique, renvoyée à la limite de la dalle urgonienne. Dans la partie occidentale du Ventoux, les choses se compliquent et une cassure intermédiaire sépare du Ventoux la montagne de Bluye, également formée par la dalle urgonienne inclinée vers le Sud, et qui répète plus au Nord la structure du Ventoux. Cette cassure intermédiaire se raccorde à la faille de Crillon, et paraît avoir été déterminée par la zone affaiblie du massif de Gigondas.

La forme de tous ces plis est donc sous la dépendance très étroite de la composition lithologique de la série stratigraphique. Devant cette relation, on pouvait se demander si la répartition des plis ne résultait pas, comme celle des faciès, de quelque propriété du tréfond, qu'on pourrait appeler « môle » ou « pli de fond ». Le cas du massif de Gigondas, où la suppression accidentelle de l'Urgonien entraîne un régime de plis voisin de celui de la fosse vocontienne montre qu'il n'en est rien.

Le fait que ce soit la nature lithologique d'un niveau aussi élevé que le Crétacé inférieur qui détermine la forme des plis est remarquable, et montre leur caractère extrêmement superficiel. Les marnes oxfordiennes permettent une dysharmonie très complète, et les plis de la série surincombante, que nous observons seuls, n'ont peut-être que de lointains rapports avec ceux du Lias, et surtout avec ceux des terrains anté-triasiques. Seule, l'allure générale de l'arc des Baronnies, dans lequel les plis passent de la direction nord-sud du Vercors à une direction est-ouest[1] tient à des causes générales, mais le détail et la forme des accidents résultent de causes strictement locales.

1. La distinction de l'arc du Bas-Valentinois et de l'arc des Baronnies, *ss. st*, que nous avions admise précédemment à la suite de Jung, nous paraît très secondaire.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les faunes de Mollusques des terrains a *Hipparion gracile* de Küçük Çekmece près Istanbul (Turquie)

par **E. Chaput** et **S. Gillet** [1].

Planches XXVI, XXVII, XXVIII et XXIX.

Sommaire :

D'après les déterminations de Mlle Gillet, les Mactres des couches à *Hipparion gracile* des environs de Stamboul appartiennent toutes au Chersonien. Si l'on appelle Pontien *sensu lato* les terrains à *Hipparion gracile*, comme on le fait habituellement en France, ce Pontien continental a donc comme équivalent, dans l'Europe orientale, non seulement le Pontien *sensu stricto*, mais encore le Méotien et même le Sarmatien supérieur, conformément à une opinion émise d'ailleurs par Andrussow, au moins depuis 1902.

I. LES CONDITIONS DE GISEMENT

par E. Chaput [1].

Planche XXVI.

Généralités.

Les régions voisines du littoral de la mer de Marmara, à l'Ouest de Stamboul (Istanbul), sont formées par des terrains d'origine surtout lagunaire, connus sous le nom de « terrains à *Mactra* » [2]. L'existence de *Mactra caspia* et de *Mactra bulgarica* a fait ranger ces terrains [sauf peut-être leur partie supérieure, dont l'attribution au Méotien a été envisagée par M. Arabu] dans le Sarmatien supérieur (Chersonien) de l'Europe orientale. Dans la série sarmatienne, M. Arabu a trouvé, à l'Ouest du golfe de Küçük Çekmece, des ossements rapportés par lui, d'ailleurs avec quelques réserves, à un giraffidé de la faune de Pikermi ; plus récemment, A. Malik et H. Nafiz ont décrit [3] une belle faune de Vertébrés comprenant en particulier *Hipparion gracile*. Cette

1. Note présentée à la séance du 30 mai 1938.

2. Nous ne pouvons insister ici sur la stratigraphie du Néogène de la Thrace orientale, qui a donné lieu à de nombreuses publications. On a indiqué dans la bibliographie les principaux travaux de M. Arabu (particulièrement les notes de 1913 et 1916) ainsi que les publications les plus récentes, depuis 1931.

3. A. Malik et H. Nafiz. *C. R. somm. S. G. F.*, 1933, p. 64-65 ; Vertébrés fossiles de Küçük Çekmece. Istanbul, 1933.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

faune, trouvée à l'Est du golfe de Küçük Çekmece, dans des sables contenant *Mactra bulgarica* et *Mactra caspia*, a été considérée par nous comme sarmatienne, mais des doutes ont subsisté. En effet, dans les classifications habituelles, *Hipparion gracile*, avec *Mastodon longirostris* et autres représentants de la faune de Pikermi, caractérise le Miocène supérieur de la nomenclature française, c'est-à-dire le Pontien (*sensu lato*, Méotien compris), tandis que le Sarmatien, où manque *Hipparion gracile* et où les Mastodontes sont encore du groupe « angustidens », est placé dans le Miocène moyen (Vindobonien). On pouvait donc se demander si les sables à *Hipparion gracile* de Küçük Çekmece ne seraient pas d'âge pontien, et supérieurs aux couches à *Mactra* sarmatiennes [1].

En 1934, nous avons revu, à diverses reprises, la région de Küçük Çekmece ; l'état des travaux à ce moment nous a montré de manière indiscutable que les sables à *Hipparion gracile* étaient bien interstratifiés dans la série des terrains à *Mactra*, considérée habituellement comme sarmatienne (voir la coupe ci-après). Dès lors, ou bien la faune à *Hipparion gracile* était sarmatienne, ou bien il fallait attribuer à la base du Pontien *sensu lato*, c'est-à-dire au Méotien, la partie de la série à *Mactra* où l'on trouve *Hipparion gracile*.

L'existence de Mactres sarmatiennes dans les sables à *Hipparion* paraissait, au premier abord, en faveur de la première hypothèse, mais on pouvait se demander si les Mactres sarmatiennes, toujours un peu roulées dans les sables, ne proviendraient pas de berges sarmatiennes, remaniées par des cours d'eau pontiens. En outre, dans les sables et dans les marnes supérieures, *Mactra bulgarica* est souvent représentée par des variétés plus petites que le type de l'espèce ; enfin le groupe de *Mactra caspia* est représenté par des formes inéquilatérales et allongées, que l'on pouvait rapporter, d'après les figurations russes, à *Mactra subcaspia* ou *Mactra karabugazica*, indiquées par Andrussow dans le Méotien. Dès lors, nous avons admis que l'on pouvait placer dans le Méotien la partie supérieure de la série à *Mactra*, c'est-à-dire les sables à *Hipparion* et les terrains superposés [2].

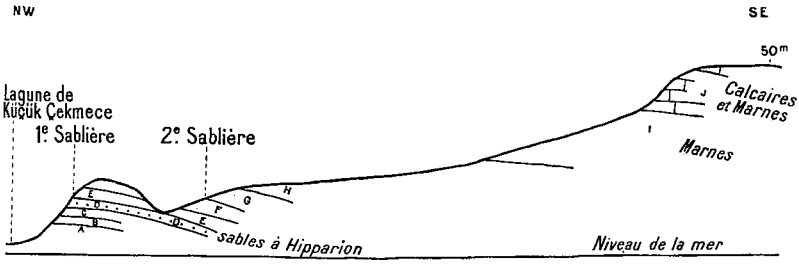
Toutefois, après examen, en Russie, de diverses faunes néo-

1. Voir Dietrich. *Neues Jahrbuch*, 1933, Referate, p. 893 ; M. Gignoux, Géologie Stratigraphique, 2e édition, 1936, p. 586 et p. 620, note 1. Noter aussi que M. Arabu emploie l'expression : « Sarmatien supérieur méotique » indiquant une variation de faciès plutôt que d'étage [*B.S.G.F.* (4), 17, p. 402].

2. E. Chaput et H. Nafiz. Nouvelles observations..., 1934, p. 6.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

gènes, pendant le Congrès de 1937, j'ai vu que des variétés de petite taille de *Mactra bulgarica*, identiques à celles de Küçük Çekmece, existaient dans le Sarmatien de Stavropol ; d'autre part, les *Mactra subcaspia* et *karabugazica* des collections d'Andrussow sont un peu différentes des formes voisines trouvées dans les sables à *Hipparion* des environs de Stamboul ; d'ailleurs ces espèces, d'abord considérées comme méotiennes, sont, en



fait, plus récentes, et appartiennent à l'Aktchagylien de la nomenclature actuelle. Une étude plus complète des mollusques de Küçük Çekmece était donc nécessaire ; Mlle S. Gillet a bien voulu se charger de ce travail et rédiger la description des espèces publiée plus loin. D'après Mlle Gillet, toutes les Mactres de Küçük Çekmece peuvent être considérées comme chersoniennes. Les formes un peu différentes de *Mactra caspia* sont rapportées à des variétés décrites en 1934 par B. Zhizhchenko et provenant des horizons supérieurs de la série de Grozny, c'est-à-dire du Chersonien supérieur (m^7_3 de la stratigraphie russe [1]). D'ailleurs, dans le Méotien typique (m^8_3 de la stratigraphie russe), il n'y a plus maintenant qu'un très petit nombre de formes, par exemple *Mactra superstes*.

La position des sables à *Hipparion gracile* de Küçük Çekmece étant maintenant fixée au sommet du Chersonien (Sarmatien supérieur), il y a lieu de noter, avec Mlle Gillet, les analogies entre ces faunes chersoniennes et celles des sables à *Hipparion gracile* du bassin du Rhône, considérés comme pontiens dans la plupart des ouvrages. Un fait aussi important que l'arrivée des *Hipparion* en Europe paraît logiquement correspondre à une coupure géologique importante, au début d'une nouvelle série stratigraphique : Miocène supérieur (Pontien *sensu lato*) de la nomenclature française, Pliocène inférieur de la nomenclature

1. Voir le Livret-Guide : Intern. XVIIe Geol. Congress, Petroleum excursion, The Daghestanian and Chechenian Ingushetian A.S.S.R., 1937, appendix II (tableau stratigraphique).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

allemande, mais il faut comprendre dans ce Miocène supérieur à *Hipparion gracile*, à la fois le Pontien *sensu stricto*, le Méotien, et même le Sarmatien supérieur de l'Europe orientale. On revient ainsi à une opinion exprimée déjà en 1902 par Andrussow [1] : le Sarmatien inférieur contient encore la faune à *Mastodon* du groupe *angustidens*, tandis que le Sarmatien supérieur contient déjà la faune à *Hipparion gracile* [2].

Stratigraphie des gisements fossilifères.

Le village de Küçük Çekmece est situé sur le bord oriental de la lagune du même nom, à une douzaine de kilomètres (à vol d'oiseau) à l'Ouest des murailles terrestres de Stamboul, près du kilomètre 24 de la voie ferrée. La coupe géologique décrite ici, et comprenant les divers gisements fossilifères, suit approximativement, depuis le village, en direction du Sud-Est, la route de Stamboul, jusqu'au bord du plateau situé à une altitude de 45-50 mètres. Les couches sont légèrement inclinées vers le Sud ou le Sud-Est, avec de larges ondulations et de petites failles. Les photographies de la pl. XXVI montrent les aspects de ce territoire. On indiquera successivement les fossiles de chaque assise lorsque le gisement est connu avec précision [3]. Les listes de Mollusques ont été établies d'après les déterminations de Mlle Gillet ; elles permettent de compléter les indications données par M. Arabu sur les localités voisines. On a rappelé pour mémoire les plus importants des Mammifères recueillis par H. Nafiz et A. Malik et déterminés par eux au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris sous la direction de MM. Boule et Arambourg. Les listes plus complètes ont été publiées dans la note et la Monographie de 1933.

La base des collines, non loin du village, a été entamée par une sablière sur une hauteur de 8 à 10 mètres (pl. XXVI, fig. 1). On y voyait, à la base, des sables (A), puis des marnes (B) peu fossilifères ; dans la partie moyenne, des argiles et sables verdâtres, fins (C), puis les principaux sables fossilifères (D), jaunes, assez grossiers, à lits entrecroisés sous une épaisseur d'environ 1 mètre, enfin, des sables plus fins, rougeâtres (E).

1. Andrussow (N.). Sarmatische Stufe, 1902, p. 464.

2. Pour la question de l'âge des terrains à *Hipparion gracile*, on lira avec intérêt l'article de Tobien (*Ztsch. Deutsch. Geol. Gesellschaft*, 90, 1938, p. 177-192).

3. Les Mollusques, très fragiles, n'ont pu être conservés que par encollage ou silicatation sur place ; les formes signalées ici et décrites par Mlle Gillet ont été recueillies en partie par Mme Chaput, en partie par les géologues turcs.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Fossiles des sables C : *Unio* (*Iridea*) *flabellatus* Goldf., *Mactra bulgarica* Toula var. *nalivkini* Kolesn., *M.* aff. *luxata* Zhizhch., *M. firma* Zhizhch., *Helix* (*Campylaea*) *bolivari* Royo Gomez, *H.* (*Hemicycla*) *gualinoi* Michaud, *H.* aff. *nayliesi* Michaud, *Planorbis* (*Coretus*) *heriacensis* Font., *P.* (*Coretus*) *thiollierei* Michaud.

Fossiles des sables D : *Unio dardanus* Calv. et Neum., *U. dardanus* var. *spratti* Calv. et Neum., *U. dardanus* var. *steindachneri* Calv. et Neum., *U. dardanus* var. *ovatus* S. Gillet, *U. moravicus* Hoernes, *U.* aff. *sayni* Font., *Mactra caspia* Eichw. var. *acuminata* Zhizhch., *M. bulgarica* Toula, *M. bulgarica* var. *caucasica* Zhizhch., *M. bulgarica* var. *inflata* Zhizhch., *M. bulgarica* var. *nalivkini* Kolesn., *M.* aff. *modesta* Zhizhch., *M. luxata* Zhizhch., *M.* aff. *semiruta* Zhizhch., *M.* cf. *seducta* Kolesn., *M.* cf. *vitaliana* d'Orb., *Melanopsis trojana* Hoernes, *M. acanthicoides* Hoernes, *M. acanthicoides* var. *pergamenica* Calv. et Neum., *M. acanthicoides* var. *abichi* Calv. et Neum., *M. kleini* Kurr var. *valentinensis* Font., *Brotia* cf. *escheri* Brongn., *Amphimelania hellespontica* Calv. et Neum., *Theodoxus scamandrius* Calv. et Neum., *Valvata* sp., *Bulimus glabrus curtus* (Locard) Wenz.

Tout à fait à la base des sables D ont été trouvés divers fragments d'un squelette de Mastodonte, en particulier une mandibule presque complète avec deux dents bien conservées (voir les planches du Mémoire de H. Nafiz et A. Malik). Il s'agit d'une forme très évoluée du groupe *angustidens* dont les dents sont très comparables à celles de la forme de Simorre, et dont la longue symphyse est très voisine de celle que Bakalov a décrite et figurée, provenant du Sarmatien de Burgas [1]. Les autres Mammifères viennent de la masse des sables D : *Mastodon pentelici* (deux molaires), *Hipparion gracile* (nombreuses dents), *Rhinoceros pachygnathus*, etc.

Fossiles des sables E : *Unio* (*Psilunio*) *istanbulensis* S. Gillet, *Mactra bulgarica* Toula var. *crassicollis* Sinz. et les diverses formes d'*Unio*, *Mactra* et *Melanopsis* des sables D.

A une vingtaine de mètres au Sud de la première sablière, une deuxième sablière et des tranchées le long de la route montrent (pl. XXVI, fig. 2), à la base, les sables D avec *Hipparion gracile*, puis les sables fins (E), puis des argiles (F) et des sables jaunes ou grisâtres (G), enfin des marnes grises, puis blanches à nombreux débris de coquilles (H).

Fossiles des marnes H : *Mactra caspia* Eichw. var. *acuminata* Zhizhch., *Mactra bulgarica* Toula, *M. bulgarica* var. *caucasica*

1. Bakalov (P.). Mastodonreste... 1911, p. 37 et pl. I, fig. 1.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Zhizhch., *M. firma* Zhizhch., *M.* cf. *seducta* Kolesn., *Melanopsis trojana* Hoernes.

Enfin, un peu au Nord de la route de Stamboul, les marnes H, reconnaissables à leurs nombreux débris de coquilles, sont surmontées par des marnes avec petits bancs calcaires (I) passant peu à peu à des calcaires plus épais avec minces lits marneux (J) formant une corniche assez accentuée (pl. XXVI, fig. 3).

Fossiles des marnes I et J : *Mactra bulgarica* Toula, *M. bulgarica* var. *caucasica* Zhizhch., *Melanopsis trojana* Hoernes, *Theodoxus scamandrius* Calv. et Neum.

On remarquera que les fossiles des assises supérieures aux sables à *Hipparion* se trouvent surtout dans des marnes et sont donc bien en place. Ces fossiles étant chersoniens, d'après Mlle Gillet, les sables à *Hipparion*, stratigraphiquement inférieurs, ne peuvent être méotiens ; ils sont bien chersoniens, quoique les fossiles chersoniens qu'ils renferment soient souvent un peu roulés ; ce sont apparemment des dépôts d'estuaire en bordure de lagunes chersoniennes.

II. DESCRIPTION DES MOLLUSQUES

PAR S. Gillet[1].

Planches XXVII a XXIX

Unio* (*Psilunio*) *istanbulensis sp. nov.

Pl. XXVII, fig. 1 et 2.

Quatre exemplaires des sables du niveau E.

Cette espèce possède une carène oblique rectiligne ou arrondie bien prononcée. Les crochets sont larges, proéminents et très prosogyres, l'insertion ligamentaire est étendue ; les côtes d'accroissement sont profondes, surtout vers le bord palléal. La charnière porte à la valve droite deux dents cardinales, la première aiguë et très longue ; à la valve gauche, une cardinale crénelée, deux latérales postérieures aiguës et très longues (la supérieure n'est pas développée sur l'exemplaire figuré) ; l'impression musculaire antérieure est très profonde, le pilier qui soutient les cardinales très développé.

1. J'adresse tous mes remerciements à M. le professeur Roman et au Dr Wenz qui m'ont communiqué des documents.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'exemplaire figuré (fig. 1) a 5 cm. de largeur, les autres exemplaires sont plus petits (fig. 2). Un des exemplaires a une forme plus carrée ; il n'a pu être figuré faute d'une conservation parfaite.

Les *Psilunio* vivent encore actuellement ; certaines espèces se rencontrent dans l'Amérique du Sud et du Nord.

P. alutae JEKEL. du Dacien de Braşov appartient au même groupe ; la carène est moins prononcée ; crochets deux fois moins proéminents que les exemplaires de même taille d'Istanbul ; galbe général plus arrondi.

Unio craiovensis TOURN. a une forme assez semblable, mais les crochets sont quatre fois moins forts.

Groupe d'*Unio dardanus* CALV. et NEUM.

Il comprend de petites coquilles à test convexe, épais, à forme très oblique par réduction du bord antérieur et grand développement du bord postérieur ; les crochets sont épais et proéminents, la charnière bien développée.

Ce groupe est constitué par une série de variétés qui forment une grande espèce. Les formes ici décrites viennent des sables D et E.

U. dardanus CALV. et NEUM.

Pl. XXVII, fig. 3, 4 et 5, 6 (variétés).

1879. *Unio dardanus* CALV. et NEUM. (12), p. 373, pl. II, fig. 10 *a*, *b*.

C'est la forme moyenne de l'espèce ; le rapport de la largeur à la hauteur est 1 ; le bord postérieur est très développé, séparé de l'aréa postérieur par une carène arrondie qui délimite une région à fortes côtes d'accroissement. Le crochet est peu projeté en avant. Le ligament est très allongé dans tout le groupe. Il y a à la valve droite une dent cardinale proéminente soutenue par un fort pilier et une longue dent lamellaire ; à la valve gauche deux dents cardinales soutenues par un fort pilier et une dent lamellaire longue. L'impression musculaire antérieure est très profonde. Ici, la charnière est usée, les coquilles ayant été roulées sur place.

Certaines variétés ont la carène très prononcée.

On trouve tous les passages aux variétés suivantes.

U. subhoernesi TEISS. (35) du Méotien de Roumanie se rapproche d'*U. dardanus* type. Il ne semble pas que le type de Sinzov, qui a un crochet droit, se rapporte à la même espèce (33).

U. dardanus est une espèce locale.

Certaines espèces actuelles de la rivière Ohio sont très proches (*U. decisus* LEA).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

U. dardanus Calv. et Neum. var. *spratti* Calv. et Neum.
Pl. XXVII, fig. 7.

1879. *Unio Spratti* Calv. et Neum. (12), p. 373, pl. II, fig. II.

Dans la variété *spratti* le rapport de la largeur à la hauteur est 2,6/2,9. Le crochet est fortement projeté en avant comme chez le genre *Prosodacna* dans les Limnocardiidés. La carène est anguleuse, délimitant un aréa postérieur perpendiculaire à la partie médiane de la coquille. La dent cardinale de la valve droite est épaisse et saillante et le pilier qui la soutient très épais.

U. dardanus Calv. et Neum. var. *steindachneri* Calv. et Neum.
Pl. XXVII, fig. 8, 10.

1879. *Unio Steindachneri* Calv. et Neum. (12), p. 373, pl. II, fig. 9.

Dans cette variété le bord antérieur et le bord postérieur sont à peu près également développés. La forme est donc trigone. Le rapport de la largeur à la hauteur est 2,2/2,6 (fig. 8); le crochet, au lieu d'être projeté en avant, est très large et droit. La carène est parfois anguleuse, donnant à la coquille une forme générale carrée (2/2) (fig. 10). L'épaisseur du test est au maximum.

U. dardanus Calv. et Neum. var. *ovatus* nov. var.
Pl. XXVII, fig. 9.

Sur certains exemplaires d'*U. dardanus* le bord postérieur est réduit, la coquille arrondie; rapport de la largeur à la hauteur : 1,7/1,7. La carène délimite un aréa perpendiculaire à la surface de la coquille, celle-ci reste toujours très convexe.

Groupe d'*Unio atavus* Hoernes.

Il englobe des formes à coquille mince et convexe ovale-allongée, à côté antérieur court et arrondi, à côté postérieur beaucoup plus développé se terminant par un angle plus ou moins aigu; la carène est bien prononcée, le test lisse; le crochet est droit ou oblique, très antérieur.

U. moravicus Hoernes.
Pl. XXVIII, fig. 1 et 2.

1870. *Unio moravicus* Hoernes (20), p. 287, pl. 37, fig. 3 *a-c*.

Un certain nombre d'exemplaires des sables à *Hipparion* se rapportent à l'espèce des Couches à Congéries du bassin de Vienne, qui est de même âge.

Un exemplaire trapézoïdal correspond au type de Hoernes; le rapport de la largeur à la hauteur est 2,9/2,4. Les crochets sont à peine

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

saillants, très peu développés; la carène arrondie délimite un aréa déprimé; les côtes d'accroissement sont peu marquées.

La charnière comprend à la valve droite une dent cardinale courbe, lamelliforme; à la valve gauche une première cardinale bifide; elle a été figurée par Hoernes. Ici elle est usée par suite du transport sur place des coquilles, mais elle était certainement moins développée que sur le type de Hoernes, ce qui doit faire considérer les exemplaires turcs comme une race locale. La dépression musculaire antérieure est bien marquée de même que sur le type.

Par des formes intermédiaires les coquilles ci-dessus décrites passent à une variété allongée transversalement dont le rapport de la largeur à la hauteur est 3,7/2,4. Ce semble être une transition à *U. atavus* Hoern., espèce très répandue dans le bassin de Vienne avec les Congéries. Mais la taille est beaucoup plus petite, le crochet reste droit et le bord postérieur n'est pas aussi développé.

U. subatavus Teis. (35) du Méotien de Roumanie, donc de même âge qu'*U. atavus* Hoernes, est une simple race de cette espèce, de plus grande taille, plus massive, à extrémité postérieure moins aiguë, à crochet moins antérieur. Les faibles différences qui existent entre les deux types ne justifient pas la création d'une espèce. *U. bielzi* Fuchs du Pontien de Radmanest appartient au même groupe.

U. aff. ***Sayni*** Font. et var.

Pl. XXVIII, fig. 3 à 10.

1880. *U. Sayni* Font. (17), p. 187, pl. III, fig. 4-8 et var. *ectata*, p. 189, pl. III, fig. 5 *a*, *b*.

Quelques coquilles ont la taille moitié plus petite et l'aréa postérieur plus réduit que le type du bassin du Rhône; le crochet est large et dépasse à peine le bord cardinal; la carène est arrondie, délimitant un aréa postérieur peu déprimé.

D'après Fontannes la coquille est fragile; ici le test est assez épais. Les dents cardinales sont peu épaisses, les dents lamellaires minces, l'impression musculaire profonde.

Cette forme passe à des variétés comprimées qui conduisent à une variété extrême voisine d'*ectata* Font. où le bord postérieur est moins déprimé, plus réduit, la coquille très allongée transversalement et le crochet encore plus réduit. Mais ces variétés n'atteignent jamais la longueur transversale de la variété de Fontannes, le rapport est 1,5 au lieu de 1,8; la taille est toujours peu développée.

Un des exemplaires des sables à *Hipparion* atteint 4 cm. La carène est anguleuse et délimite un aréa postérieur perpendiculaire à la partie

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

médiane de la coquille. Le crochet est prosogyre au lieu d'être droit (fig. 3). Il semble que cette variété soit à *U. Sayni* ce qu'est *U. subrecurvus* Teis. du Méotien roumain à *U. subatavus* Teis. mais le crochet est beaucoup moins projeté en avant que dans *U. subrecurvus*. Le test est épais.

Nous désignons sous le nom d'*U. sayni* var. *ovatus* une forme bien différente d'*U.* aff. *sayni*, variété décrite plus haut, mais qui semble s'y rattacher (fig. 5) par l'aréa postérieur peu développé et les crochets arrondis.

Fontannes considère *U. sayni*, dont le type vient des sables de Montvendre (Drôme), couches à *Hipparion*, comme une race rhodanienne d'*U. atavus*, forme d'Europe centrale, *U. subatavus* étant sans doute la forme d'Europe orientale.

Il y a des différences sensibles entre *U. sayni* et *atavus* que Fontannes lui-même a notées : crochet moins proéminent et plus antérieur, impression musculaire antérieure plus petite dans la première espèce, etc.

Unio (Iridea) flabellatus Goldf.

1842. *U. flabellatus* Goldf. (19), p. 182, pl. CXXXII, fig. 4.
1848. *U. Wetzleri* Dunker (14), p. 162, pl. XXXI, fig. 25, 26.
1875. *U. flabellatus* Sandberger (30), p. 568, pl. XXX, fig. 1, var. *trigonatus*, fig. 2.
1870. *U. Wetzleri* Hoernes (90), p. 288, pl. 37, fig. 4.
1880. *U. flabellatus* var. *cabeolensis* Font. (17), p. 185, pl. III, fig. 1-3.
1892. *U. flabellatus* Maillard et Locard (26), p. 237, pl. X, fig. 29, XI, fig. 16, XII, fig. 9.

Un seul exemplaire des sables Ç a le côté postérieur brisé. Il porte une carène arrondie, oblique, le côté antérieur largement arrondi, une dépression au milieu de la valve qui correspond à un arrêt dans l'accroissement; tout le bord palléal ventral est coupé de fortes côtes d'accroissement; le crochet est large et ne dépasse pas le bord cardinal. La coquille est intermédiaire comme forme entre *U. flabellatus* var. *cabeolensis* Font., très allongée transversalement, et la variété *trigonatus* Sand. qui est presque carrée.

La charnière n'est pas visible sur notre exemplaire; elle est bien développée dans l'espèce; la coquille est très fragile, quoique le test soit épais.

U. flabellatus Goldf. est répandu en Allemagne, en Suisse et dans le bassin du Rhône.

U. wetzleri, simple variété très allongée par rapport à la hauteur, est répandue dans le bassin du Danube. Le type vient de la molasse d'Ulm (Miocène moyen); l'exemplaire figuré par

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Hoernes vient des Couches à Congéries de Hongrie (Miocène supérieur).

U. inæquiradiatus Gümb. est une forme ancestrale oligocène.

U. maximus Fuchs appartient à un niveau supérieur en Europe centrale et orientale (Pontien-Dacien).

Des formes semblables existent encore à notre époque.

Groupe de ***Mactra bulgarica*** Toula (37).

Il englobe une seule espèce comprise au sens large, à multiples variétés qu'on désigne en général sous le nom de *M. bulgarica*, première espèce décrite. Toutes les variétés passent les unes aux autres. Elles ont comme caractère commun : coquille triangulaire, carénée, presque toujours équilatérale, à crochets plus ou moins surplombants ; test et charnière épais. Ici, les coquilles ayant été roulées, les charnières sont mal visibles.

Ce groupe caractérise le Sarmatien supérieur dans toute l'Europe orientale (Chersonien).

Il est difficile de déterminer de quelle forme bessarabienne (Sarmatien moyen) le groupe peut dériver. Il n'est pas possible, comme le pense Kolesnikov, qu'il dérive de *M. pallasi* Baily à coquille énorme et crochet massif souvent proéminent.

M. bulgarica Toula var. ***caucasica*** Zhizhchenko.

Pl. XXVIII, fig. 11-14.

1934. *M. caucasica* Zhizh. (39), p. 13, pl. II, fig. 21-24.

La coquille forme un angle largement ouvert (80°) ; le crochet, pointu, ne dépasse pas le bord cardinal. La coquille, toujours plate, devient parfois un peu inéquilatérale par léger allongement du bord postérieur. La taille peut atteindre 33 cm. Certains exemplaires sont identiques à la figure 24 de Zhizhchenko. Diverses variétés sont ici figurées.

La variété *caucasica* se trouve dans les sables à *Hipparion* et dans la falaise de San Stefano (exemplaires en calcite).

Le type vient des couches à *M. caspia* de Ciscaucasie.

M. bulgarica Toula var. ***inflata*** Zhizhchenko.

Pl. XXVIII, fig. 17-19.

1934. *M. inflata* Zhizhchenko (39), p. 17, pl. II, fig. 19, 20.

L'angle apical reste le même que dans l'espèce précédente, mais la coquille a un contour plus arrondi ; les crochets deviennent obtus et surplombants, légèrement prosogyres ; la coquille est un peu inéquilatérale, le test est plus mince que dans la variété *crassicollis* décrite plus loin et qui diffère également par l'angle moins ouvert de la coquille.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cette variété atteint jusqu'à 5 centimètres.

Dans les sables à *Hipparion* la forme type est très rare; il y a de nombreuses formes de passage entre *M. caucasica* et *M. inflata*.

Le type de la variété *inflata* vient du sommet des couches de Grozny (petite chaîne du Kabarda) et du Daghestan (couches à *M. caspia*).

M. bulgarica Toula var. *nalivkini* Kolesn.

Pl. XXVIII, fig. 22-27.

1925. *M. bulgarica* Toula var. *nalivkini* Kolesn. (22), p. 11, pl. XXIII, fig. 1-3.
1935. *M. nalivkini* Kolesn. (23), p. 61, pl. VII, fig. 14-18.

C'est une coquille toujours de petite taille (8-20 mm.).

L'angle apical est encore plus ouvert que dans la variété *caucasica* (85°); la forme est arrondie, le côté postérieur déprimé se termine en bec aigu, le bord antérieur de la coquille est droit, ce qui la rend dissymétrique; la carène est bien prononcée et courbe; le crochet est aigu et étroit, légèrement prosogyre, le test et la charnière épais pour la taille; le sinus palléal est très petit. Sur certaines variétés, la coquille prend une forme trapézoïdale (fig. 27).

La variété *nalivkini* passe à *M. bulgarica* type.
On la trouve dans les sables C, D, E.
Le type vient d'Armavir.

M. bulgarica Toula var. *crassicollis* Sinz.

Pl. XXVIII, fig. 15, 16.

Voir la synonymie dans Kolesnikov (23), p. 60 et dans Zhizhchenko (39), p. 15.

Cette variété est celle qui atteint la plus grande taille et le maximum d'épaisseur (11 à 38 mm.). L'angle apical est moins largement ouvert que dans les variétés précédentes (70°), ce qui la rapproche de *M. bulgarica* type; le bord postérieur de la coquille forme un angle étroit, le crochet est proéminent et prosogyre; il a une carène bien prononcée qui délimite un aréa perpendiculaire à la coquille; les côtes d'accroissement sont profondément marquées.

Cette variété est rare dans les sables à *Hipparion* et dans la falaise de San Stefano. Les exemplaires figurés ne sont que des variétés intermédiaires entre *M. bulgarica* type et la variété *crassicollis*. On la rencontre à Balcic, en Dobrogea, avec des exemplaires de 35 millimètres.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

M. bulgarica Toula.

Pl. XXVIII, fig. 20, 21.

Voir la synonymie dans Kolesnikov (23), p. 62.

L'espèce type n'atteint jamais une grande taille (9-18 mm.).

L'angle apical y est au minimum de développement (60°). Les crochets sont surélevés, comme placés en capuchon au sommet de la coquille qui est épaisse, bombée, généralement équilatérale et quelquefois dissymétrique (fig. 20). La charnière est massive, la carène bien marquée, les côtes d'accroissement profondes. On trouve tous les passages de *M. bulgarica* type à la variété *crassicollis* et à la variété *caucasica*.

De nombreux exemplaires de toute petite taille dans les sables à *Hipparion* et dans les marnes supérieures H, I, J.

Le type de Toula de Balcic (Dobrogea) a un rapport de 1,7/1,7. L'espèce est très abondante en cette localité. On la trouve dans les couches à *M. caspia*, avec la variété *crassicollis* qui a été confondue sous le même nom, dans tout le territoire russe. Elle est abondante aux environs d'Istanbul dans les gisements d'Hazinedar.

Groupe de ***Mactra caspia*** Eichwald (15).

Il comprend au Bessarabien une grande espèce : *M. tapesoides* Sinz. ; au Chersonien une seule espèce très polymorphe de petite taille : *M. caspia* Eich. Le caractère du groupe est : coquille ovale plate, équilatérale, dissymétrique, test et charnière épais, crochet aigu, étroit, légèrement prosogyre, carène postérieure peu marquée, délimitant un aréa étroit, déprimé, côtes d'accroissement profondes, petit sinus palléal.

M. caspia Eich.

Pl. XXIX, fig. 4, 5.

Voir la synonymie dans Kolesnikov (23), p. 62 et dans Zhizhchenko (39), p. 12.

La coquille atteint jusqu'à 30 mm., le crochet est médian, mais la coquille a les deux bords inégaux, le postérieur est moins arrondi que l'antérieur.

Cette forme type est abondante dans les falaises de San Stefano (exemplaires en calcite avec charnière visible). On ne la rencontre pas dans les sables à *Hipparion* de Küçük Çekmece.

Dans le Chersonien d'Europe orientale. Rare dans les Subcarpates roumaines et absente à Balcic (Dobrogea). On la recueille dans le bassin de Timok en Serbie orientale.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

M. caspia Eich. var. *acuminata* Zhizhch.

Pl. XXIX, fig. 1-3.

1934. *M. caspia* Eich. var. *acuminata* Zhizhch. (39), p. 13, pl. I, fig. 4 et 5,

Cette variété allongée, comme l'indique son nom, est encore à peu près équilatérale, ce qui la distingue de *M. luxata* Zhizhch. du même niveau, qui a le crochet porté en avant de la coquille par suite de l'accroissement du bord postérieur. Celui-ci se termine en bec aigu dans le type de Zhizhchenko ; plusieurs exemplaires en calcite de San Stefano, à charnière dégagée, se rapportent à cette coquille. D'autres variétés ont le bord postérieur rectiligne, notamment quelques exemplaires des sables à *Hipparion* de Küçük Çekmece.

M. subcaspia Andr., de l'Aktchagylien, est de toute petite taille.

M. aff. *modesta* Zhizhch.

1934. *M. modesta* Zhizhch. (39), p. 16, pl. II, fig. 8-12.

Coquille qui peut atteindre près de 3 cm. 5, plate, très inéquilatérale. Crochets larges et proéminents, dépassant largement le bord cardinal.

M. urupica David. du Volhynien et du Bessarabien s'en rapproche. Un seul exemplaire dans les sables à *Hipparion* de Küçük Çekmece.

Le type de l'espèce vient des couches du sommet de la série de Grozny.

M. firma Zhizhch.

Pl. XXIX, fig. 6.

1934. *M. firma* Zhizhch. (39), p. 10, pl. I, fig. 17, 18.

Coquille de petite taille dans le type, test assez épais, convexe, crochets peu développés, assez larges, légèrement prosogyres, un peu antérieurs. Côtes d'accroissement bien marquées.

La variété *rotundata* Zhizhch. n'existe pas à Küçük Çekmece, mais sur certains exemplaires le bord antérieur s'arrondit semblant annoncer cette variété. Dans les sables C.

Le type vient des couches à *M. caspia* de Ciscaucasie.

M. luxata et aff. *luxata* Zhizhch.

Pl. XXIX, fig. 7, 8.

1934. *M. luxata* Zhizhch. (39), p. 18, pl. II, fig. 1-7.

Deux exemplaires des sables à *Hipparion* de Küçük Çekmece : l'un se rapporte à peu près à la figure 3 de Zhizhchenko, l'autre à la

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

figure 5, mais le crochet est plus développé et dépasse le bord cardinal, il est légèrement prosogyre ; il est large et aigu sur le type, presque médian quand le bord antérieur est peu développé, un peu postérieur quand il est très développé.

L'espèce se rapproche de *M. superstes* David. du Méotien qui est plus petite.

Le type vient des couches du sommet de la série de Grozny.

M. aff. ***semiruta*** Zhizhch.

1934. *M. semiruta* Zhizhch (39), p. 15, pl. I, fig. 6-8.

Quelques exemplaires brisés des sables à *Hipparion* de Küçük Çekmece. Coquille très mince, un peu bâillante, d'après l'auteur, convexe, peu inéquilatérale, les crochets, très peu prononcés dépassent à peine le bord cardinal.

Le type vient des couches à *M. caspia* de Ciscaucasie.

M. cf. ***seducta*** Kolesn.

Pl. XXXI, fig. 9.

1935. *M. seducta* Kolesnikov (23), p. 55, pl. VI, fig. 4-7.

Quelques exemplaires des sables à *Hipparion* se rapprochent de cette espèce qui appartient au Bessarabien.

La taille est moyenne, la forme trapézoïdale, le test et la charnière sont minces, les crochets étroits, la carène est bien prononcée, les côtes d'accroissement peu marquées, le sinus palléal petit.

Au même groupe appartient *M. eichwaldi* Lask., espèce fréquente au Volhynien.

M. cf. ***vitaliana*** d'Orb.

Pl. XXIX, fig. 10.

1844. *Mactra vitaliana* d'Orbigny (28), p. 479, pl. IV, fig. 19-21.

Voir la synonymie dans Kolesnikov (23), p. 54.

Un exemplaire des sables à *Hipparion*, moitié plus petit que le type du Bessarabien figuré par Kolesnikov (pl. VI, fig. 2). Crochets droits, forme convexe, charnière mince ; sur le type la coquille est épaisse.

Brotia cf. ***escheri*** Brong.

1880. *Melanopsis* cf. *Escheri* Calv. et Neum. (12), p. 324, pl. II, fig. 12-13.

Voir la synonymie dans Wenz (38), 40, IX, p. 2579.

Un seul exemplaire venant des sables D, à tours peu saillants,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

contigus ; le dernier tour manque. Cette espèce, avec ses multiples variétés, est répandue du Chattien au Tortonien en Suisse et dans le duché de Bade et dans le Sarmatien d'eau adoucie d'Europe centrale et orientale.

C'est une des espèces les plus polymorphes, à grande extension stratigraphique et géographique.

Melanopsis acanthicoides R. Hoernes.

Pl. XXIX, fig. 11 et 12.

1877. *M. acanthicoides* Hoernes (21), p. 14, pl. I, fig. 1-5.
1880. *M. acanthicoides* Calv. et Neum. (12), p. 325, pl. II, fig. 15-16.

Voir la synonymie complète dans Wenz (38), 20, IX, p. 2651.

L'espèce a été bien décrite et figurée par les auteurs.

La coquille a 6-7 tours, la forme est plus ou moins globuleuse. Le dernier tour, qui occupe plus de la moitié de la hauteur totale de la coquille, quelquefois les 2/3, est séparé par un méplat de la spire. Dans la spire, chaque tour est aussi séparé du précédent par un méplat. Mais, sur certaines variétés, la spire et le dernier tour sont sur le même plan (fig. 1) ; le dernier tour de la coquille peut s'amincir et la spire s'allonger (fig. 15 de Calvert et Neumayr). Certains exemplaires, au contraire, sont encore plus courts et globuleux qu'aucun de ceux figurés par les auteurs ci-dessus (ils ne sont pas assez bien conservés pour être figurés). Il y a toujours trois rangs de tubercules épineux plus ou moins marqués sur le dernier tour ; deux rangs de tubercules sur les tours de la spire ; les tubercules qui sont près de la suture sont les plus épineux ; ils sont reliés ensemble par des côtes qui se continuent jusqu'au labre et à la columelle après avoir subi une forte inflexion vers la région columellaire ; ils sont également reliés par des filets horizontaux.

M. acanthicoides est une espèce locale, mais elle est très proche de *M. acanthica* Neum. des marnes à *Melanopsis* de Dalmatie ; dans cette espèce la spire est plus longue, plus effilée et se détache nettement du dernier tour.

M. acanthicoides, avec toutes ses variétés, se rencontre dans les sables à *Hipparion* et dans les marnes supérieures (I-J.)

M. acanthicoides Hoernes var. *pergamenica* Calv. et Neum.

Pl. XXIX, fig. 13-14.

1880. *M. pergamenica* Calv. et Neum. (12), p. 311, pl. II, fig. 17-19.
1929. *M. pergamenica* Wenz (38), 40, IX, p. 2804.

Dans cette variété les tubercules sont à peine marqués lorsque persistent les filets horizontaux ; ils disparaissent lorsque ce sont les côtes verticales qui subsistent (fig. 13).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il est très difficile de délimiter cette variété de la précédente à laquelle la relient toutes les formes de passage.

Mêmes gisements.

M. acanthicoides HOERNES var. ***abichi*** CALV. et NEUM.

Pl. XXIX, fig. 15-18.

1880. *M. abichi* CALV. et NEUM. (12), p. 376, pl. II, fig. 20-23.
1929. *M. abichi* WENZ (38), 40, IX, p. 2650.

C'est une variété complètement dépourvue de tubercules ; il reste des traces de côtes verticales ou de filets horizontaux ; mais la coquille peut devenir à peu près lisse (fig. 18). La spire est alors réduite au maximum, le dernier tour court et globuleux, ou la spire est allongée comme dans la figure 20 de Calvert et Neumayr.

Toutes les variétés existent depuis la variété précédente. Mêmes gisements.

M. trojana R. HOERNES.

Pl. XXIX, fig. 19-26.

1877. *M. trojana* HOERNES (21), p. 18, pl. I, fig. 8-15.

Voir la synonymie dans WENZ (38), 40, IX, p. 2844.

Hoernes a figuré la plupart des variétés de l'espèce qu'il compare à l'espèce actuelle du même groupe : *M. costata* OLIVIER. Il en donne de bonnes reproductions fig. 6 et 7. *M. costata* FÉR. in ROYO GOMEZ (29) a les côtes interrompues sur le labre ; c'est une espèce différente.

Dans *M. trojana*, qui a 7 tours de spire comme les autres espèces du même groupe, les côtes sont fortement coudées au-dessus du labre et de la columelle ; sur les tours de spire, elles sont obliques au lieu d'être droites comme dans l'espèce actuelle. Au niveau de chaque suture, la côte porte un renflement caractéristique. Sur le dernier tour, il y a en plus un renflement vers l'ouverture de la coquille.

Les renflements peuvent se fusionner et former une simple côte sinueuse (fig. 20-23). Cette côte sinueuse peut devenir très mince, lorsque toute trace de tubercule a disparu. Quelquefois, au contraire, le dernier tour porte deux tubercules aigus prolongés par un rudiment de côte, les tours de spire portent un tubercule aigu partant de la suture du tour précédent et se prolongeant par une côte peu marquée. C'est un passage à ce type que Hoernes a figuré (fig. 10) et que nous figurons (fig. 19, 24, 25).

La spire peut être courte et les tours en retrait les uns par rapport aux autres ; mais les tours peuvent être aussi contigus (fig. 22), que la coquille soit allongée comme dans la figure 13 de Hoernes ou qu'elle soit courte. Nous figurons une variété à spire courte et tubercules non marqués (fig. 21).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Une espèce du même groupe existe à Raphina, près d'Athènes, dans les couches pliocènes.

M. Cvijici Brus. est voisine de *M. trojana*. Elle vient du Miocène de Bosnie.

Toutes les variétés de l'espèce sont représentées dans les sables à *Hipparion* et dans les marnes supérieures (H, I, J).

M. kleini Kurr et var. ***valentinensis*** Font.

Pl. XXIX, fig. 27-28.

1874. *M. kleini* Kurr in Sandberger (30), p. 574, pl. XX, fig. 21, pl. XXVIII, fig. 15.

1881. *M. kleini* var. *valentinensis* Fontannes (17), p. 183, pl. I, fig. 7-9.

Voir la synonymie complète dans Wenz (38), 40, IX, p. 2762 et 2766, et dans Royo Gomez (29), p. 106.

C'est une espèce très commune en Europe Occidentale. Dans les sables à *Hipparion* de Küçük Cekmece se trouvent représentées les deux variétés : la forme type fusiforme où le dernier tour est un peu plus long que la spire ; elle a été figurée pour la première fois par Sandberger et Royo Gomez en a donné une bonne figuration (fig. 25 dans le texte), et la variété *valentinensis*, qui se distingue par la réduction de la spire, le dernier tour plus globuleux occupant deux ou trois longueurs de spire. Toute trace de côtes concentriques d'accroissement a disparu sur nos exemplaires qui sont roulés.

D'après Fontannes, certains exemplaires à spire courte auraient une vague trace de carène près de la suture. Ce caractère ne serait pas visible sur nos exemplaires qui ont le test usé.

Au même groupe que *M. kleini* appartient, à l'époque actuelle, *M. praerosa* Linné.

Au Miocène supérieur, nombreuses sont les espèces qui appartiennent à ce groupe à test lisse. Brusina a figuré un grand nombre d'espèces dont beaucoup ne sont que des variétés, notamment : *M. sostarici* de Croatie qui est très proche, mais a le dernier tour plus comprimé.

M. mitræformis Andr. a le dernier tour très long et peu convexe. Il vient du Pontien de Babadjan (Azerbeijan).

La forme type de *M. kleini* est représentée dans le Miocène supérieur d'Allemagne, de Suisse et d'Espagne ; la variété *valentinensis* est représentée au même niveau dans toute la vallée du Rhône.

Amphimelania hellespontica Calv. et Neum.

Pl. XXIX, fig. 29.

1880. *Melania hellespontica* Calv. et Neum. (12). p. 374, pl. II, fig. 14.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Voir la synonymie dans Wenz (38), 40, IX, p. 2874.

Un exemplaire des sables à *Hipparion* où le dernier tour est plus court et globuleux, la spire plus courte que dans le type ; l'ornementation est la même, mais usée.

L'espèce n'a pas été citée en d'autres régions jusqu'à présent. *Amphimelania Fričí* Brus. présente la même forme.

Theodoxus scamandrius Calv. et Neum.

Pl. XXIX, fig. 30, 30 *a*

1880. *Neritina scamandria* Calv. et Neum. (12) ; 43, X, p. 377, pl. II, fig. 24.

Voir la synonymie dans Wenz (38), p. 3005.

Un certain nombre d'exemplaires, à dernier tour très surélevé, sont conformes aux figures de Calvert et Neumayr.

C'est une espèce locale provenant des sables à *Hipparion* et des marnes I-J.

Planorbis (Coretus) heriacensis Fontannes.

Pl. XXIX, fig. 32 *a*.

1881. *Planorbis heriacensis* Fontannes (17), p. 174, pl. II, fig. 6.

Voir la synonymie complète dans Wenz (38), 22, V, p. 1450.

Un seul exemplaire bien conservé des sables C. Il y a une spire de 2,5 cm. de circonférence, une ouverture étroite : 9 mm. La coquille est très enroulée, l'ombilic formant un entonnoir profond à la partie inférieure. C'est à peu près la figure de Depéret d'une coquille de la Bresse (13) [1]. Celle figurée par Fontannes atteint 38 mm. La spire est moins enroulée.

Avec la forme type de *Coretus mantelli* Dunker, que Fontannes regarde comme une simple variété, il y a des différences assez sensibles : tours plus nombreux, ombilic plus large, dernier tour plus étroit.

Si nous comparons *Coretus heriacensis* avec l'espèce du même niveau : *Coretus thiollierei* Michaud, nous voyons que les tours sont moins élevés, moins carénés en dessous, l'ombilic supérieur est moins profond, la taille peut être plus grande.

C. heriacensis est très abondant dans le Miocène supérieur et dans le Pliocène inférieur du bassin du Rhône.

P. (C.) thiollierei Michaud.

Pl. XXIX, fig. 33, 33 *a*.

1855. *Planorbis thiollierei* Michaud (27), p. 56, pl. IV, fig. 9-11.

Voir la synonymie complète dans Wenz (38), 22, V, p. 1477 et dans Royo Gomez (29), p. 127.

1. Pl. IV, fig. 21-23.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Un seul exemplaire dans les sables C. Le profil correspond au type, mais l'épaisseur s'accroît considérablement vers le dernier tour. La dissymétrie est très accusée. Il y a une profonde dépression sur la région inférieure de la coquille ; les tours sont carénés à leur rencontre avec le tour précédent. La région supérieure de la coquille a un ombilic moins étroit, mais elle est également déprimée. C'est l'exemplaire figuré par Royo Gomez qui se rapproche le plus de notre exemplaire (fig. 37, p. 129) ; mais l'ombilic inférieur y est moins étroit. Il semble que l'échantillon des sables à *Mastodon* soit une variété extrême comme épaisseur et comme enroulement de la coquille.

L'espèce a une très large répartition géographique : Miocène supérieur du Portugal, de l'Espagne, du bassin du Rhône, Eubée, Megara (Attique), Cos, Phrygie, Galatie, Russie, Méotien des Subcarpates. Elle apparaît dans l'Helvétien de la péninsule ibérique et existe encore dans le Pliocène inférieur du bassin du Rhône.

P. solidus Thomas du Pliocène de Megara est très proche.

Helix* (*Campylaea*) *bolivari Royo Gomez.

Pl. XXIX, fig. 34, 34 *a*.

1922. *Helix bolivari* Royo Gomez (29), p. 139, fig. 43, pl. XI, fig. 15 *a-c*.

Un seul exemplaire bien conservé des sables C. Il a la forme globuleuse de la figure 15 de Royo Gomez, mais l'ouverture est plus comprimée. Le test est usé et toute trace de bandes a disparu. On voit seulement des stries concentriques. Le péristome est épais, à rebord interne, il y a une large callosité au niveau du bord ombilical et columellaire qui joint les deux bords de l'ouverture.

Comme espèces voisines du même niveau, il y a *Campylaea insignis* Schlübl. et var. *steinheimensis* Sandb. qui est moins globuleux, à spire moins élevée, à péristome sans rebord interne ; *C. chaixi* Michaud, qui est beaucoup plus massif, a une ouverture très large et une spire beaucoup moins élevée. *C. mrazeci* Sevast. du Méotien de Moldavie a le dernier tour plus élevé ; *Helix* sp. de Pikermi, figuré par Gaudry, a le dernier tour beaucoup plus élevé.

Campylaea bolivari vient du Pontien *s. lato* de la province de Teruel.

Helix (Hemicycla) gualinoi Michaud.

1855. *Helix gualinoi* Michaud (27), p. 40, pl. V, fig. 5.
1922. *Helix gualinoi* Royo Gomez (29), p. 141, pl. XII, fig. 26, 27 et fig. 44 dans le texte.

Voir la synonymie complète dans Wenz (37), II, 18, p. 580.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Deux exemplaires mal conservés des sables C. L'un a une spire développée comme dans le type, un diamètre de 2,8 cm., ce qui doit être une taille maximum. L'autre a la spire plate et un diamètre de 2 cm. ce qui paraît la taille normale. Les deux exemplaires ont une carène et les 5 tours de spire caractéristiques de l'espèce ; le test est presque disparu, mais on voit des traces de stries d'accroissement.

L'ouverture est ici brisée ; elle est oblique, plus longue que large, avec un péristome réfléchi ; la partie ombilicale est couverte d'une callosité assez étendue.

L'espèce est fréquente dans le Pontien *s. lato* et le Plaisancien du bassin du Rhône. Elle existe au premier niveau dans la région de Madrid, Barcelone, Cuenca.

***Helix* (*Hemicycla*) aff. *nayliesi* Mich.**

Pl. XXIX, fig. 35.

1855. *Helix nayliesi* Michaud (27), p. 39, pl. IV, fig. 3, 4.

Voir la synonymie dans Wenz (38), II, 18, p. 581.

Un exemplaire venant des sables C se rapproche du type de Michaud (fig. 4); mais l'ouverture de la coquille (qui est plus globuleuse) est moins allongée. La figure 3 de Michaud représente une variété extrême à ouverture très allongée. C'est une forme approchante qu'a figurée Sandberger (30) [1]. Sur notre exemplaire la partie ombilicale de l'ouverture est brisée. La spire est plus importante par rapport au reste de la coquille que sur les exemplaires figurés. Le dernier tour porte en sa partie médiane une carène à peine marquée, ce qui est visible sur la figure de Sandberger citée plus haut et qui est conforme, comme forme générale, avec l'*Helix* de Turquie.

La figure de Delafond et Depéret (13) [2] se rapporte à la figure 4 de Michaud. On peut considérer notre exemplaire comme une race orientale à ouverture peu développée et à spire plus importante.

L'espèce se rencontre dans les couches dites pontiennes du bassin du Rhône et dans le Plaisancien des mêmes régions.

***Bulimus glabrus curtus* (Locard) Wenz.**

Pl. XXIX, fig. 31, 31 *a*.

1893. *Bythinia gracilis* var. *curta* Locard in Maillard (26), p. 199, pl. X, fig. 7.
1928. *Bulimus glabrus curtus* Wenz (38), VIII, 38, p. 2243.

De nombreux exemplaires des sables à *Hipparion* se rapprochent de l'espèce de Locard. Le dernier tour est aussi globuleux, mais

1. Pl. XVII, fig. 17.
2. Pl. VII, fig. 66, 67.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

la spire est moins développée. Sur certains exemplaires cette spire est très peu développée. Aucune des espèces jusqu'ici décrites en Europe orientale n'ont le dernier tour développé. Sur le type de Locard sont visibles des stries d'accroissement sur le test qui n'existent pas chez nos exemplaires.

L'espèce n'a été citée que dans le Sarmatien suisse.

Conclusions. Les sables à *Hipparion* de Küçük Çekmece peuvent être considérés comme un dépôt d'estuaire où l'on trouvait alternativement une faune d'eau douce et une faune semi-marine, suivant le retrait ou l'avancée de la mer chersonnienne.

Il est intéressant de noter l'abondance des espèces de Mollusques des niveaux à *Hipparion* du bassin du Rhône.

Certains de ces niveaux appartiendraient, d'après Andrusov, (11), au Sarmatien supérieur (sables de Montvendre et d'Heyrieu).

Quelques-unes des espèces décrites ont une très vaste répartition dans le bassin méditerranéen, d'autres sont locales. Les Mactres sont des espèces répandues dans les Balkans et en Russie d'Europe et d'Asie.

Elles sont représentées au même niveau depuis la Turquie jusqu'en Asie centrale et nous permettent, seules parmi les Mollusques, de dater le gisement de Küçük Çekmece.

La faune dite de Pikermi est généralement considérée comme appartenant au Pontien *s. lato* ; mais elle a été citée en Russie depuis le sommet du Bessarabien (calcaires à *Nubecularia* supérieurs) (33).

Dans les couches à *Mactra bulgarica* elle y est fréquente, d'après Andrusov (11).

En Serbie, Laskarev cite *Aceratherium incisivum*, qui accompagne toujours *Hipparion gracile*, depuis le Bessarabien supérieur (25).

Dans le bassin de Vienne la base des couches à Congéries, considérée actuellement comme chersonienne, renferme déjà des débris d'*Hipparion*, d'après Schaffer (31).

Dans presque toute l'étendue du bassin pannonique des mouvements tectoniques ont eu lieu au sommet du Bessarabien, arrachant les dépôts de cet étage, dont nous connaissons quelques lambeaux en Carinthie, dans le Banat et en Transylvanie (18).

Ces mouvements ont pu amener des ruptures de communication des faunes terrestres par production de fossés d'affaissement et amener l'extinction de la faune tortonienne.

Si nous considérons le bassin euxinique dans les Subcarpates, il y a presque partout une lacune correspondant au Chersonien ; la faune de Pikermi apparaît au Méotien.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

En Bessarabie, il y a retrait partiel de la mer au Chersonien ; la faune à *Hipparion* apparaîtrait à la fin du Bessarabien, d'après Sinzov (33) ; elle est très abondante dans le Méotien. En Crimée, elle apparaîtrait au Chersonien, d'après Andrusov (11).

Puisque la faune tortonienne de Mammifères disparaît avec le Bessarabien supérieur, il n'est pas possible d'assimiler le sommet du Sarmatien au Tortonien. Nous devons le considérer comme un équivalent de l'étage Sahélien.

On a ainsi :

Pontien
Méotien } Sahélien (faune de Pikermi)
Sarmatien supérieur [2]
Sarmatien inférieur [1] = Tortonien supérieur (faune de Sansan, etc.)

Nous pouvons conclure avec Andrusov (11) qu'il apparaît dès le sommet du Bessarabien une faune pikermienne à rares espèces ; cette faune, plus abondante au Chersonien, atteint son maximum au Méotien où elle se rapproche de la faune attique. Au Pontien elle est encore riche, mais termine son existence pour laisser la place à la faune dite de Montpellier qui vit au Dacien et au Kouialnikien.

D'après les récents travaux de Tobien (36) les mêmes conclusions stratigraphiques s'appliquent à la faune pikermienne d'Europe occidentale [3].

DIVERS ÂGES ET GISEMENTS DE LA FAUNE DE PIKERMI EN EUROPE CENTRALE ET OCCIDENTALE :

PONTIEN s. str.	Balaton, Budapest, Cetatea Alba (Bessarabie), Vienne, Vardar, Veles, Attique, Samos.
MÉOTIEN	Budapest, Baltavar (Hongrie), Taraclia, Ciuburciu, Tudora (Bessarabie), Plopana (Moldavie), bassin de Vienne, Attique.
CHERSONIEN	Bassin de Vienne, Istanbul, Sébastopol, Grossoulov, Mont Mithridate (Kertch), Stavropol (Russie du Sud), Steppe Eldar (Trancaucasie).
BESSARABIEN sup.	Chisinàu (Bessarabie), Skoplje (Yougoslavie).

1. Englobant Volhynien et Bessarabien inférieur.
2. Englobant Bessarabien supérieur et Chersonien.
3. Voir aussi P. O. Mc Grew et Grayson E. Meade : The bearing of the Valentine area in Continental Miocene-Pliocene correlation ; *Am. Journ. of Sc.*, XXXVI, n° 213, sept. 1938, p. 197 dont les données sont en contradiction avec la classification dès longtemps établie en Europe et G. Edw. Lewis : Commentary on Mc Grew and Meade's paper ; *ibid.*, p. 209, qui réfute ce travail.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BIBLIOGRAPHIE

1. Andrusov (N.). Die südrussischen Neogenablagerungen, 3e Theil : Sarmatische Stufe, *Verh. Russ. Min. Gesellschaft Saint Petersburg*, 2e série, 39, 1902, p. 337-495, pl. 9.
2. Arabu (N.). Sur le Néogène du nord de la mer de Marmara. *CR. Ac. Sc. Paris*, 157, 1913, p. 347-350.
3. Arabu (N.). Études sur les formations tertiaires du bassin de la mer de Marmara ; classification et parallélisme des dernières couches néogènes de la région et des régions voisines. *CR. Ac. Sc. Paris*, 162, 1916, p. 332-334.
4. Arabu (N.). Remarques stratigraphiques sur les formations tertiaires du Bassin de la mer de Marmara. *B.S.G.F.*, 4, 17 (1917), 1918-1919, p. 390-405.
5. Bakalov (P.). Beiträge zur Paläontologie Bulgariens, I : Mastodonreste aus Bulgarien, Sofia, 1911, 48 p., 14 pl.
6. Chaput (E.). Observations sur la structure du Néogène des environs de Constantinople. *Publ. Inst. Geol. Univ. Stamboul*, 1931, 13 p., une carte, 3 pl.
7. Chaput (E.) et Nafiz (H.). Nouvelles observations sur les terrains néogènes de l'Ouest d'Istanbul. *Publ. Inst. Geol. Univ. Stamboul*, n° 9, 1934, 12 p.
8. Chaput (E.). Voyages d'Études géologiques et géomorphogéniques en Turquie. *Mém. Inst. Fr. Arch. Stamboul*, II, 1936, 312 p., 28 pl.
9. Malik (A.) et Nafiz (H.). Une faune de Vertébrés miocènes près de Stamboul (Turquie), *C.R. somm. S.G.F.*, 1933, p. 64-65.
10. Nafiz (H.) et Malik (A.). Vertébrés fossiles de Küçük Çekmece. *Bull. Fac. Sc. Istanbul*, 1933, 120 p. (texte français p. 99-111), 16 pl.
11. Andrusov (N.). Sur l'âge de la faune de Mammifères de Pikermi. *Bull. Ac. Sces Russie*, 1918.
12. Calvert (P.) et Neumayr (M.). Die junge Ablagerungen am Hellespont. *Denkschr. d. K. Ak. Wissensch. Math. Naturw. KL.* XL. 1880.
13. Delafond (F.) et Depéret (Ch.). Les terrains tertiaires de la Bresse et leurs gîtes de lignites et de minerai de fer. *Et. Gîtes Minér. Fr.*, 1893.
14. Dunker (W.). Ueber die in der Molasse bei Gürzburg unfern Ulm vorkommenden Conchylien und Pflanzenreste. *Palaeontographica*, I, 1848.
15. Eichwald (E.). Lethaea rossica, III, 1853.
16. Fontannes (F.). Le vallon de la Fuly et les sables à Buccins des environs d'Heyrieu (Isère). *Ann. Soc. agr. et Hist. Nat. Lyon.* 1875.
17. Fontannes (F.). Études stratigraphiques et paléontologiques pour servir à l'histoire de la période tertiaire dans le bassin du Rhône. VI. Le bassin de Crest. 1880.
18. Gillet (S.). Les Limnocardiidés des Couches à Congéries de Roumanie. Stratigraphie et paléontologie (en cours d'impression dans *Mem. Inst. geol. al. Rom.*, III).
19. Goldfuss (G.). Petrefacta Germaniae, 1842.
20. Hoernes (M.) Die fossilen Mollusken des Tertiaerbeckens von Wien. *Abhandl. d. K. K. Landesanst.* IV, 2te Bd. Bivalven, 1870.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

21. Hoernes (R.). Ein Beitrag zur Kenntniss fossiler Binnenfaunen. *Sitzungsber. d. K. Ak. d. Wissensch. M. Naturwiss. Kl. XXXIV, Ite Abt.* 1876.
22. Kolesnikov (V.). Sur les Mactridés du Miocène russe. *Bull. Com. géol. XLIV, n° 9*, 1926.
23. Kolesnikov (V.). Sarmatische Mollusken. *Paleont. de l'U.S.S.R.*, X, 2, 1935.
24. Laskarev (V.). Sur les conditions géologiques et géomorphologiques du gisement de la faune pikermienne dans les environs de Veles. *Ann. geol. Pénins. Balk.*, VII, 2, 1923, p. 40-56.
25. Laskarev (V.). Sur les restes du *Masdoton angustidens* trouvés en Yougoslavie. *Bull. Soc. Sc. de Skroplje*, XVII, 1936.
26. Maillard (G.) et Locard (A.). Mollusques tertiaires et fluviatiles du Tertiaire de la Suisse. *Mém. Soc. Pal. suisse*, XIX, 1892.
27. Michaud (G.). Description des coquilles fossiles des environs d'Hauterive (Drôme). *Soc. lin. Lyon*, 1855.
28. D'Orbigny (A.). Paléontologie du voyage de M. Hommaire de Hell. 1844.
29. Royo Gomez (J.). El mioceno continental iberico y su fauna malacologica. *Commis. de invest. paleont. y prehist. Mém. 30.* 1922.
30. Sandberger (Fr.). Die Land und Süsswasser Conchylien der Vorwelt. Wiesbaden, 1875.
31. Schaffer (Fr.). Geologie von Wien, Vienne, 1904-1906.
32. Simionescu (J.). La faune pliocène à *Hipparion* en Roumanie. Volume Jubilaire « Grigore Antipa », Bucarest, 1938.
33. Sinzov (J.). Matériaux pour la géologie de la Russie. Odessa, 1883.
34. Sinzov (J.). Beschreibung einiger Arten neogener Versteinerungen welche in den Gouvernements von Cherson und Bessarabien aufgefunden wurden. *Verhandl. d. neuruss. Ges. d. Naturforsch.* XXI, Odessa, 1896.
35. Teisseyre (W.). Beiträge zur Neogen Molluskenfauna Rumäniens. *Anuar. Inst. geol. al Rom.* I, 1907.
36. Tobien (H.). Ueber *Hipparion* reste aus der Obermiozaenen Süsswassermolasse Südwestdeutschlands. *Zeitschr. d. D. Geol. Gesellsch.* 90, 4 A, 1938, p. 177-192.
37. Toula (Fr.). Geologische Untersuchungen im Oestlichen Balkan. *Denkschrift d. K. Ak. d. Wissensch.*, LIX, II te Abt., 1892.
38. Wenz (W.). Fossilium Catalogus. Gastropoda extra-marina, 1823-1830.
39. Zhizhchenko (B.). Mollusca from the Miocene beds of Ciscaucasia. *Trans. Oil geol. Inst.*, sér. A, 38e fasc., 1934.

EXPLICATION DES PLANCHES XXVI, XXVII, XXVIII ET XXIX

Planche XXVI.

1 : Région inférieure : 1° sablière (principal gisement des *Hipparion*).
2 : Région moyenne : 2° sablière et tranchées de la route.
3 : Région supérieure : marnes passant vers le haut à des calcaires (pentes plus fortes sur le bord du plateau).

Planche XXVII.

Fig. 1. — *Psilunio istanbulensis* nov. sp., 1 *a*, même exemplaire vu par la charnière, 1 *b*, même exemplaire vu par les crochets.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Fig. 2. — *Psilunio istanbulensis* nov. sp., 2 *a*, même exemplaire vu par la charnière.
Fig. 3-4. — *Unio dardanus* Calv. et Neum.
Fig. 5-6. — *U. dardanus* Calv. et Neum. passage à la variété *spratti* Calv. et Neum.
Fig. 7. — *U. dardanus* Calv. et Neum., variété *spratti* Calv. et Neum., 7 *a*, même exemplaire vu par la charnière.
Fig. 8. — *U. dardanus* Calv. et Neum., passage à la variété *steindachneri*.
Fig. 9. — *U. dardanus* Calv. et Neum., variété *ovatus* nov. var., 9 *a*, même exemplaire vu par la charnière.
Fig. 10. — *U. dardanus* Calv. et Neum., passage à la variété *steindachneri*.

Planche XXVIII.

Fig. 1. — *Unio moravicus* Hoernes.
Fig. 2. — *U. moravicus* Hoernes, variété carrée.
Fig. 3-5. — *U.* aff. *sayni* Font.
Fig. 6-9. — *U.* aff. *sayni* Font., variétés comprimées aff. *eotata* Font.
Fig. 10. — *U. sayni* Font., variété *ovatus* nov. var.
Fig. 11-14. — *Mactra bulgarica* Toula, var. *caucasia* Zhizhch.
Fig. 15-16. — *M. bulgarica* Toula, passage à la variété *crassicollis* Sinz.
Fig. 17-19. — *M. bulgarica* Toula, variété *inflata* Kolesn.
Fig. 20-21. — *M. bulgarica* Toula, (fig. 21 × 2).
Fig. 22. — *M. bulgarica* Toula var. *caucasica* Zhizhch, jeune exemplaire.
Fig. 23-27. — *M. bulgarica* var. *nalivkini* Kolesn.

Planche XXIX.

Fig. 1-3. — *Mactra capsia* Eich. var. *acuminata* Zhizhch.
Fig. 4. — *M. caspia* Eich., forme typique.
Fig. 5. — *M. caspia*, jeune exemplaire, (× 2).
Fig. 6. — *M. firma* Zhizhch. Marnes vertes.
Fig. 7. — *M. luxata* Zhizhch., forme typique.
Fig. 8. — *M.* aff. *luxata* Zhizhch., variété arrondie.
Fig. 9. — *M.* cf. *seducta* Kolesn. Marnes vertes.
Fig. 10. — *M.* cf. *vitaliana* d'Orb.
Fig. 11-12. — *Melanopsis acanthicoides* R. Hoernes.
Fig. 13-14. — *M. acanthicoides* Hoernes var. *pergamenica* Calv. et Neum. (fig. 13 × 2).
Fig. 15-18. — *M. acanthicoides* Hoernes var. *abichi* Calv. et Neum.
Fig. 19-26. — *M. trojana* R. Hoernes.
Fig. 27-28. — *M. kleini* Kurr.
Fig. 29. — *Amphimelania hellespontica* Calv. et Neum., variété.
Fig. 30. — *Theodoxus scamandrius* Calv. et Neum; 30 *a*, même exemplaire vu par la face inférieure (× 2).
Fig. 31. — *Bulimus glabrus curtus* (Locard) Wenz., variété; 31 *a*, même exemplaire vu de face, (× 2).
Fig. 32. — *Planorbis* (*Coretus*) *thiolierei* Mich., 32 *a*, même exemplaire vu par la face inférieure.
Fig. 33. — *Planorbis* (*Coretus*) *heriacensis* Font., variété; 33 *a*, même exemplaire vu par la face inférieure.
Fig. 34. — *Helix* (*Campylaea*) *bolivari* Roya Gomez; 34 *a*, même exemplaire vu par la face inférieure.
Fig. 35. — *Helix* (*Hemicycla*) aff. *nayliesi* Mich.

Remarque. — Tous les fossiles figurés viennent de Küçük Çekmece (niveaux indiqués dans le texte), sauf pour les fig. 12 et 15 de la pl. XXVIII et les fig. 3 et 4 de la pl. XXIX, représentant des fossiles de la falaise de San Stefano.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Variations magmatiques et minéralogiques dans le massif granitique de Gauterets

par **Pierre Urbain**[1].

Planche XXX

La théorie de l'endomorphisme des roches éruptives implique que les grandes masses granitiques ne sauraient être minéralogiquement homogènes lorsqu'elles interrompent la continuité d'une série plissée ou redressée, comportant simultanément des calcaires, des grès ou des quartzites, des schistes, etc. L'étude minutieuse de quelques massifs granitiques d'âge hercynien a permis de vérifier qu'il en était bien ainsi ; les variations latérales du granite de Quérigut ont été mises en évidence par M. A. Lacroix dès 1898, et, plus récemment, M. H. Bücking a exploré le massif du Champ-du-Feu [2]. On sait enfin que le même problème retient actuellement l'attention de plusieurs de nos confrères, notamment dans le Massif Central.

Il semble que l'emploi de la platine intégratrice, qui permet de déterminer quantitativement la composition minéralogique vraie des roches dont les éléments ne sont pas exagérément fins, puisse être d'un grand secours dans les recherches de ce genre. Je crois inutile de rappeler ici le principe de cet appareil ; par contre, il peut être instructif de donner quelques indications sur la précision des mesures qu'on peut en attendre. Cette précision est en moyenne de 5 %, comme on peut s'en assurer, soit en repassant plusieurs fois la même préparation sous l'objectif du microscope, soit en la confiant successivement à plusieurs observateurs entraînés ; elle est d'autant meilleure que le nombre des parcours parallèles, possibles sur une même préparation, est plus élevé. Le parcours total ne doit pas être inférieur à 15 cm. (10 parcours parallèles) par préparation, et il est recommandable d'utiliser des lames minces d'assez grande surface, de manière à obtenir des parcours totaux compris entre 25 et 30 cm. Les observations sont faites en lumière polarisée parallèle et à faible grossissement (15 à 50 diamètres) ; les appareils intégrateurs actuels devront, pour devenir vraiment pratiques, subir quelques modifications qui permettront : 1° de réduire ou même

1. Note présentée à la séance du 30 mai 1938.
2. Cité par J. de Lapparent, Leçons de pétrographie, p. 153.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de supprimer les erreurs introduites par de trop fréquentes remises au zéro des totalisateurs de parcours ; 2° d'interrompre à tout moment le « balayage » d'une préparation pour procéder à des vérifications à fort grossissement ou en lumière polarisée convergente.

Grâce à l'obligeance de M. A. Michel-Lévy, qui a mis une platine intégratrice à ma disposition, j'ai pu appliquer la méthode ci-dessus à l'étude des variations du granite du massif de Cauterets, à l'extrémité de la zone axiale pyrénéenne. M. Bresson, qui avait assumé la lourde tâche de dresser les contours de la feuille de Luz de la carte au 1/80.000e, a admis que ce massif occupe l'axe d'un grand synclinal rempli par le Carbonifère. En fait, les roches qui bordent le massif au S, entre le Vignemale et le lac d'Artouste, ont été rapportées au Dévonien ; bien plus, M. Bresson a figuré, à l'E du massif *et dans son prolongement direct*, un anticlinal de formations dévoniennes qu'il a suivi bien au delà du gave de Pau. La légende de la feuille distingue un *granite amphibolique*, qui occuperait toute la périphérie du massif, y compris l'apophyse des bains de Panticosa, et un *granite porphyroïde* qui n'apparaîtrait que dans l'axe du massif, à des distances des contacts comprises entre 6 et 10 km. dans la direction EW et 1 à 4 km. dans la direction NS.

L'étude de nombreux échantillons prélevés de 1931 à 1936 dans le massif de Cauterets m'a montré que cette interprétation est trop schématique. Les déterminations quantitatives faites à la platine intégratrice permettent de ramener les roches du massif à *trois* types au moins (sans parler ici des roches filonniennes qui remplissent les diaclases) :

A. Un *granite calcoalcalin*, dans lequel le quartz et les plagioclases sont en proportions à peu près équivalentes (moyennes : 32,2 et 36,6 %), l'orthose, généralement microperthitique et souvent accompagnée de microcline, représentant 17 à 29 % de la roche (moyenne : 21,7 %).

B. Un *granite monzonitique*, relativement riche en hornblende (moyenne : 6,2 %) dans lequel le quartz est nettement moins abondant que les plagioclases (moyennes : 27,3 et 48,1 %) la teneur en feldspaths exclusivement alcalins étant toujours inférieure à 4 % et pouvant tomber à zéro.

C. Une *diorite quartzifère*, dont orthose et hornblende sont également absentes.

En dépit de leur nombre, les points où des prélèvements ont été effectués sont trop dispersés pour qu'il soit possible de considérer comme définitives les donnés acquises sur l'extension de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ces trois types de roches. Les faits suivants paraissent cependant établis :

a) le granite calcaocalin A, qui équivaut au granite porphyroïde de la légende de la feuille, occupe non seulement le centre du massif, mais toute son extrémité occidentale, jusque dans la région du lac d'Artouste, où on le trouve au contact même du sédimentaire.

b) Une modification endomorphique de ce type (0,4 à 4 % de hornblende, les teneurs en éléments blancs restant identiques à elles-mêmes) paraît couvrir des surfaces considérables au N et au S de la large bande occupée par le granite calcoalcalin proprement dit : on la trouve au lac d'Illéou comme dans le massif de Panticosa.

c) A l'Est d'une ligne méridienne joignant le lac d'Illéou au Vignemale, les roches précédentes relativement riches en potasse sont remplacées par des granites monzonitiques (B) dont les plus beaux échantillons ont été recueillis aux environs de Cauterets, au voisinage immédiat du contact avec le Carbonifère schisteux ou calcaire.

d) Sur le bord opposé du massif, la diorite quartzifère C paraît limitée à la région où l'éruptif s'est substitué à des calcaires dévoniens, au N du Vignemale ; toutefois, le faciès monzonitique est également représenté ici.

Enfin, on peut faire état de quelques roches ne rentrant ni dans l'un des trois types précédents, ni dans les termes de passage qu'ils admettent nécessairement. En particulier, on citera : 1) au cœur du massif, un granite hyperalcalin à muscovite primaire ; 2) non loin du précédent, un granite hyperacide, très riche en quartz, et l'un des plus pauvres en biotite de tout le massif ; 3) quelques roches à faciès pegmatoïde.

	Quartz	Feldspaths		Micas		Hornbl.
A. *Granite calcoalcalin* :		Ca-Na	K-Na	Biot.	Musc.	
1	29,68	40,78	17,64	10,61	1,27	
2	34,22	35,47	17,45	11,29	1,55	
3	37,34	35,09	21,03	4,91	1,61	
4	25,55	35,66	29,18	6,57	3,02	
5	34,64	34,23	24,80	4,22	2,08	
A'. Variation endomorphe :						
6	36,17	36,75	12,11	11,15		3,79
7	36,65	37,88	18,11	7,37		0,42
8	38,31	36,89	14,13	9,88		0,77

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

	Quartz	Feldspaths		Micas		Hornbl.
B. *Granite monzonitique :*		Ca-Na	K-Na	Biot.	Musc.	
9	26,47	48,33		20,86		4,31
10	22,40	54,61	2,37	15,29		5,31
11	24,15	49,97	3.60	10,59		11,67
12	24,87	45,75	2,96	18,09		8,31
13	35,34	45,26		14,06	3,79	1,52
14	31,04	44,44	3,78	14,84		5,90
C. *Diorites quartzifères :*						
15	28,00	54,05		14,26	3,67	
16	29,10	58,12		12,13	0,63	
17	33,85	52,56		13,56		
18	41,73	43,28		15,02		
Types de passages :						
A (B) : 19	38,22	40,13	3,58	15,14		2,91
20	40,52	38,80	2,88	17,24		0,53
B (A) : 21	21.38	51,88	11,48	12,78		2,46
22	24,07	43,40	11,40	9,75		11,36
23	30,70	47,51	10,21	11,15		0,41
Types aberrants :						
24 (hyperalcalin)	21,93	29,44	38,44	2,96	7,16	
25 (hyperacide)	50,67	39,19	3,71	6,42		
26 (pegmatite)	32,86	4,55	62,29		0,29	

N. B. — Les chiffres placés en tête de chaque ligne horizontale se rapportent aux points figurés sur la carte de la planche XXX.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La marge continentale.
Essai sur les régressions et transgressions marines

par **Jacques Bourcart** [1].

Il n'est pas habituel de présenter à notre Société qui, en général, entend des communications très précises, des réflexions dont le caractère spéculatif n'est que trop évident. Chaque fois, pourtant, que j'ai essayé d'aborder un problème limité, comme l'histoire des dépôts marins atlantiques du Quaternaire au Maroc ou au Portugal, la paléogéographie du Miocène et du Pliocène, ou la signification de la « pénéplaine » triasique, je me suis heurté à la même énigme, celle des régressions et des transgressions, de leurs causes et de la généralité ou non de leur rythme, « une des questions les plus hautes de la stratigraphie » dit Maurice Gignoux au début de son Traité [2].

Il y a trente-huit ans, réunie pour la dernière fois rue des Grands-Augustins le 25 juin 1900, notre Société, que présidait Albert de Lapparent, entouré de Louis Gentil et de Pervinquière, entendait la lecture du Mémoire d'Émile Haug : « Les Géosynclinaux et les Aires continentales, Contribution à l'étude des Transgressions et des Régressions marines [3]. »

C'est là que sont exposées les idées qui vont servir de fil conducteur au magistral Traité où nous avons tous appris la géologie et qui reste encore, de l'aveu même des Étrangers, malgré l'acquit de tant de faits nouveaux, la seule synthèse à laquelle nous puissions recourir pour tenter de saisir l'histoire de la Terre.

Depuis ce célèbre Mémoire, deux types de recherches ont précisé certains aspects du problème : d'une part, les essais théoriques ou synthétiques des géologues américains parmi lesquels je pense surtout à R. A. Daly, Herbert Hobbs, Schu-

1. Conférence faite à la séance du 30 mai 1938.
2. Géologie stratigraphique, 2e édition, Paris, 1936, p. 23.
3. *B. S. G. F.* (3), 1900, p. 617-711.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

chert [1] et, d'autre part, dans le même pays, l'effort d'aborder directement le problème, dans toute sa complexité actuelle, qui fut fait par Douglas Wilson Johnson [2].

La question est aussi évoquée, dans une grande synthèse de tous les faits orogéniques par Stille [3], dans son œuvre capitale; mais latéralement, si je puis dire.

Le problème fondamental : celui de la cause même de ces allées et venues de la mer et des incessantes modifications, au cours des temps, de la géographie, est évidemment traité dans le célèbre livre d'Alfred Wegener [4], mais surtout, selon moi, dans deux ouvrages fondamentaux, celui de J. Joly [5] et le traité de Géophysique de Gutenberg.

Enfin, mon collègue et ami V. Novak vient, tout récemment, de tenter une mise au point générale de toutes nos connaissances sur le « Plateau continental » [6].

Cette seule énumération devrait me décourager. Comment aborder un pareil problème et ne vaudrait-il pas mieux me borner à étudier quelques aspects bien limités de l'action de la mer sur les côtes, plutôt que de tenter l'impossible.

Ma défense est ceci. Presque toute l'année, nous travaillons les uns et les autres à des problèmes particuliers; mais ceux qui ont charge d'enseignement sont aussi obligés de revenir au général et, en outre, d'abandonner quelque temps le vocabulaire technique de notre science, si commode, mais peu intelligible à des étudiants venus de points d'origine bien divers.

1. R. A. Daly. The Glacial-Control Theory of Coral Reefs, *Proc. Americ. Ac. of Arts and Sc.*, LI, 4, 1915.
Id. Swinging Sealevel of Ice Age, *Bull. Geol. Soc. of America*, XL, 1923.
Id. The Changing World of Ice Age, in-8°, New Haven, 1934.
Id. Origin of submarine Canyons, *Am. Journ. of Sc.*, series V, XXXI, 1936.
Id. Our mobile Earth, in-8°, Scribner's 1926.
Herbert Hobbs. Earth evolution and its facial expression, 1 vol. New-York, 1921.
C. Schuchert. Paleogeography of North America, *Bull. Geol. Soc. of Am.*, XX, 1910.
Id. Some Recent Geologic Philosophy, *ibid.*, XXXII, 1936.
Id. The periodicity of Oceanic Spreading, Mountain making and Paleogeography, *in* Physics of the Earth. V, chap. XVI, *Bull. Nat. Research Council* 85, juin 1932.
2. Shore Processes and Shoreline Development, N. Y., 1919.
The New England-Acadian Shoreline, *Id.*, 1925.
The Corelation of Ancient Marine Levels, *Rep.* 1933.
3. H. Stille. Grundfragen der Vergleichenden Tektonik. Berlin, 1924.
4. La genèse des Continents et des Océans, Paris, Nizet et Bastard (*trad. française*), 1937.
5. Surface History of the Earth, in-8°, Oxford, Clarendon Press, 2e ed., 1930.
Radioactivity and Geography. *C. R. Cong. Int. Géog. du Caire*, III, 1926.
6. Vladimir J. Novak On the origin of the Continental Shelf. *Vestnik Král. České Společnosti Nauk* (Mat. Přiod.), 1937, 27 p.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Nous sommes donc, la plupart d'entre nous, ramenés à ces spéculations qui hantaient nos nuits d'étudiants. Ce n'est qu'à trois moments : celui où l'on apprend la géologie, celui où l'on commence et où l'on finit un cours, enfin, celui où l'on doit écrire un Traité, que l'on est amené à se reposer les problèmes généraux.

Mais le lieu n'est peut-être point choisi, non plus, pour donner ce qui est plutôt matière d'un article que d'une communication.

Ma raison de venir lire devant vous ces quelques pages est la suivante. Un article de revue me fournirait évidemment l'occasion d'exposer ma pensée. Mais ici, seulement, les observations, les contradictions, les conseils que susciteront cette note, me permettront de l'affermir, de la modifier, de l'enrichir par l'effort collectif de tous nos confrères.

C'est surtout en océanographe et en morphologiste que j'essaierai, d'ailleurs, d'aborder le problème. Mon expérience, en cette matière, dépasse celle de la plupart de mes collègues. Elle est pourtant encore trop réduite. Un des buts de cet exposé est de montrer combien la reprise des travaux dans cette direction, jadis entreprise par Delesse, Thoulet, Charcot et l'Institut Océanographique auquel j'appartins, peut aider à la compréhension réelle des observations stratigraphiques.

Je veux donc, tout d'abord, examiner ce qu'est cette *marge* des continents qui subit, au cours des temps, le flux et le reflux des eaux marines et quels sont les traits de sa géographie. Je tenterai, ensuite, dans quelques cas, de retrouver ces traits dans la morphologie des pays sur lesquels se sont étendues certaines de ces transgressions et d'en fixer le rythme, pour une portion limitée, mais que je connais bien, du littoral de l'Atlantique.

Revenant enfin aux hypothèses que l'on peut faire pour expliquer ces incessantes allées et venues de la mer, j'essaierai d'indiquer la possibilité de leur étude par des méthodes de la physique.

La conception de « plateau continental ».

Il semble que tous les géologues s'entendent, depuis Dana, sur la permanence, d'une part, du domaine proprement continental (qui au cours des temps a bénéficié d'adjonctions successives, océaniques ou méditerranéennes) et, d'autre part, du domaine proprement maritime. Ce dernier ne s'est agrandi que par disjonction — on disait autrefois par effondrement — d'an-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ciennes étendues continentales. Un excellent exemple de ce dernier type de conquête est la création de la mer Égée au travers des Hellénides.

Dans le domaine continental, à l'exception des cas où elle a pénétré par *ingression*[1], les invasions marines temporaires et suivies de reculs, se sont faites sur les marges, les profondeurs restant faibles. Les divers auteurs ont donc, en général, plus ou moins confondu trois notions différentes : celle de *plateforme continentale*, celle de *zone néritique* et celle de *marge continentale*.

La notion de *zone néritique* (Haug, νεριτη = coquille) implique en principe celle de faible profondeur. Dans son Traité (p. 86), il limite le domaine néritique à l'isobathe de —200, en se basant sur deux caractères, l'un biologique, conditionné par la limite de pénétration de la lumière, l'autre statistique : le fait, comme nous allons le voir, qu'une rupture de pente se trouve, en général, au voisinage de l'isobathe de 200 m. ou de 100 brasses.

Cette idée se confond implicitement avec celle, fort différente, d'une sédimentation « terrigène », de dépôts assez grossiers (au moins de l'ordre du sable).

La notion de *plateau continental* ou *plateforme continentale* (*continental shelf*, ou simplement *shelf* des auteurs anglais) est au contraire purement morphologique. Elle est basée sur l'existence que nous indiquions plus haut, d'un talus à pente rapide qui sépare en général deux domaines différents : un domaine *côtier* à pente faible, et un domaine proprement *océanique*, de topographie plus variée. La coïncidence, très remarquable, entre l'isobathe de 100 brasses (ou à peu près 200 m.) et la partie supérieure du talus, a incité de très nombreux géographes à fixer à cette cote la limite du plateau continental.

Il faut toutefois remarquer que si la région littorale, jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 40 à 50 m., voire de 100 m., est très anciennement connue, cette isobathe limite de 200 m. est le plus souvent tracée très grossièrement par interpolation entre de très rares points de sondages. A de rares exceptions près, notamment celle des recherches de Nansen[2], sur la plateforme continentale de la Norvège, ce sont des travaux très récents qui ont porté sur la zone voisine de —200 du plateau continental. Sa morphologie commence à être connue, grâce surtout aux méthodes de sondage par le son ou l'ultra-son.

C'est ainsi que sont nés les beaux travaux du Coast and Geode-

1. A. Penck. Morphologie der Erdoberfläche.
2. Fr. Nansen. The Norwegian North polar expedition. *Scientific results*, IV.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tic Survey des États-Unis et, en France, ceux de l'Office Scientifique des Pêches Maritimes, sous la vive impulsion d'Édouard Le Danois.

Il semble, en outre, qu'au large de l'isobathe de — 200, on retrouve une série de plateaux situés à de plus grandes profondeurs. C'est à cet ensemble de reliefs précontinentaux que nous donnerons le nom, qui se définira de mieux en mieux au cours de cet exposé, de *marge continentale*.

Une autre définition s'est introduite dans la science, sous l'effet des théories d'Alfred Wegener. Le bas du talus du plateau continental correspondrait à une discontinuité majeure entre les océans, dont le fond serait essentiellement composé de *sima*, et le socle continental, *sialique*. Cette conception est rapidement devenue classique ; mais Gutenberg [1] a pu la soumettre à une critique directe en étudiant les vitesses de propagation corticale des séismes. Si une ligne de discontinuité existe vraiment sur le rebord du Pacifique (où le plateau continental n'a du reste aucune importance), ce n'est nullement le cas pour l'Atlantique, qui peut être interprété comme présentant un simple amincissement, très progressif d'ailleurs, de sa croûte sialique.

Pour éviter toute confusion entre les causes et les effets, nous examinerons donc d'abord, et au seul point de vue morphologique, l'aspect actuel de la marge continentale en coupe et en planimétrie, en cherchant, chemin faisant, les causes de sa formation. Puis, nous décrirons quelques-uns des détails de son relief. Nous chercherons ensuite à retrouver quel était le sort de cette marge continentale aux époques de transgression et de régression du passé géologique le plus proche.

D'une façon générale, le profil en travers de la partie la plus proche de la côte de la marge continentale débute par une surface courbe concave vers le ciel : la *falaise* et son pied (ou le rebord d'abrasion, toujours présent même sur les côtes les plus plates) à laquelle, en principe, se raccorde une surface plane, relativement peu inclinée, la *surface d'abrasion*. Celle-ci est plus ou moins recouverte d'une couche de sédiments d'origine terrigène, de plus en plus fins vers le large (loi de Lavoisier), ainsi que de dépôts planktoniques. Les uns proviennent de la traction des matériaux d'origine continentale par la composante vers le large des courants de vagues, les autres, de la pluie des matériaux

1. Gutenberg. Lehrbuch der Geophysik. Berlin, 1929.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

d'origine biologique, continentale ou même cosmique, restés momentanément en suspension.

Tous les océanographes sont d'accord pour admettre que les particules de l'ordre du sable peuvent être mis en mouvement sur cette surface, par des courants, résultant des vagues d'oscillation, jusqu'à une profondeur de —200 m. [1]. La découverte, vieille de plus d'un siècle et due à Siau, de ripplemarks à une profondeur de cet ordre, a été confirmée par de nombreuses observations d'autres océanographes, notamment d'Aimé.

La plateforme d'abrasion se termine par un talus, à pente forte vers le large : le *talus continental* qui correspond à la limite de progression des sédiments cheminant sur la plateforme. Cette sorte de *lit de déjection* correspond, à peu près, à la *zone bathyale* de Haug.

La coupe du plateau continental s'apparente donc de très près au profil longitudinal d'un cours d'eau. L'encoche de la falaise correspond au cirque ou à la patte d'oie d'origine (*bassin de réception*) ; la plateforme d'abrasion au *canal d'écoulement* ; le lit de déjection au *cône torrentiel.*

Il faut, d'ailleurs, remarquer que cette forme de courbe est générale pour tous les types de l'ablation ; éboulis, éboulements, solifluxion, érosion glaciaire et même, dans une forte mesure, action éolienne.

Nous verrons, en serrant la question de plus près, que même sur les côtes rocheuses et battues, où les phénomènes sont à la fois violents et complexes, il n'y a pas de différence fondamentale entre les mécanismes qui interviennent dans le sapement des falaises et ceux qui jouent dans le cirque d'origine des torrents.

Il en résulte que l'on peut comparer les deux actions et déterminer, dans la forme d'ablation créée par la mer, en coupe longitudinale, trois points singuliers : *a* un point supérieur, limite d'action (qui correspond à la crête de la falaise), *b* un point inférieur, limite d'action des vagues (base level of waves action) et, enfin, un point *c* séparant la partie *convexe* (d'accumulation) de la partie *concave* (d'ablation) du profil ; ce point est sujet à se déplacer au cours de l'évolution du profil, comme dans les torrents.

Remarquons que des profils plus complexes peuvent exister du fait d'accumulations temporaires, comme par exemple le delta sous-marin de la Gironde. Des complications analogues existent

1. Voir notamment Vaughan Cornish : Waves of the sea and other Waterwaves, Londres, 1910, et Douglas Wilson Johnson. Shoreprocesses..., *op. cit.*, v. p. 394.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

d'ailleurs dans les fleuves. Enfin, toute forme en creux, toute fosse, constitue, comme dans le cas des fleuves, une zone locale de sédimentation.

La pente d'équilibre est *obtenue* par une combinaison de l'ablation et de la sédimentation.

Lorsque l'on exécute une série de profils longitudinaux de cette nature, comme l'a fait D. W. Johnson [1], on constate :

1° que la pente de la plateforme d'abrasion est variable tout le long d'une côte ;

2° qu'elle est d'autant plus faible :

que la pente initiale du terrain l'était plus (cas analogue à celui d'un fleuve traversant une région déprimée, comme par exemple les fleuves albanais) ;

que la zone où agit l'érosion marine est constituée par des roches plus tendres ;

que la puissance des lames (et, par conséquent, leur hauteur) est plus faible.

La largeur du plateau continental est, en principe, fonction inverse de la pente. La raideur du plateau, et son étroitesse, sont particulièrement grandes dans deux cas : quand le littoral est le bord d'une chaîne de montagne. C'est le cas du plateau continental des Alpes maritimes et du rebord pyrénéen, soit le long de la côte espagnole du golfe de Biscaye, soit au droit du cap Creus en Catalogne. Enfin, dans les grands golfes qui paraissent des traits tectoniques, comme le long de la côte française du golfe de Gascogne.

Les expériences sur modèles [2] ont confirmé les résultats de cette analyse morphologique, en montrant qu'un talus simple, en matériau déterminé, soumis à l'action des lames, prend une forme en courbe sigmoïde de ce type et que la raideur du profil dépend : *a*, de la nature des lames et, notamment, de leur amplitude h ; *b*, de la nature (essentiellement de la cohésion) du matériau utilisé.

Il nous semble donc possible d'appliquer au profil d'ablation marine le type de formule, introduite dans l'étude des cours d'eau par les frères Koechlin [3] et qui fait dépendre la hauteur *h* du profil en travers, et par conséquent la profondeur en un point :

1. New England-Acadian Shoreline, *op. cit.*, v. p. 394.

2. Hagen. Wasserbau III, 1, p. 92, et surtout Caligny et Bertin. *Mém. Soc. Scient. de Cherbourg*, XXII, p. 183, 1879.

3. R. et M. Koechlin. Mécanisme de l'eau, t. I, Béranger, 1924.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1° de la pente de l'eau,

2° de la vitesse limite d'érosion v^e du matériau attaqué.

A ces deux variables, il faut adjoindre, dans le cas de fond mobile (partie convexe du profil), β^2, la pente-limite du talus d'équilibre, sous l'eau, du matériau meuble.

Remarquons, en outre, que dès que le profil s'approche du profil d'équilibre, les effets de l'ablation marine diminuent sans cesse pour être bientôt pratiquement nuls. *C'est ainsi que s'explique la protection, presque parfaite et indéfinie, pour un type de mer moyenne, donnée par les ouvrages de défense bien faits.* C'est pour une raison analogue que les rivières n'atteignent jamais leur pente d'équilibre idéale, mais présentent toujours des pentes plus fortes.

Au voisinage de la pente d'équilibre du talus continental, les frottements seront donc si importants que des accumulations presque stables pourront s'y maintenir. Là joueront aussi rapidement les processus de cimentation (l'auteur dit cémentation) sur lesquels M. François Lévêque a attiré l'attention et dont nous parlerons plus loin.

La notion de profil d'équilibre (de talus comme disent les ingénieurs) joue même quand il s'agit de la falaise.

Là, l'ablation dépend du choc des lames, qui est maximum quand la falaise est verticale, et de la force vive ainsi cédée, mais, en outre, de celle transmise par la retombée des jets d'eau verticaux et des tourbillons consécutifs, des phénomènes de compression et de décompression de l'air.

Mais la démolition des falaises est surtout due, en réalité, à des phénomènes d'*érosion souterraine* qui agissent au maximum, évidemment, dans les roches diaclasées ; les diaclases sont encore aggravées par les vibrations consécutives aux chocs ; elles se produisent même dans des masses aussi compressibles que les argiles oxfordiennes de Villers-sur-Mer. Les eaux de ruissellement, qui sont toujours chargées de sel apporté par les embruns, pénètrent alors dans les fentes des argiles et, absorbant de l'eau de carrière ou même de constitution, les agrandissent.

La destruction des falaises a lieu ensuite par éboulement. Les matériaux éboulés forment alors, en avant de la falaise, un talus qui est une défense provisoire et qui vient, en outre, nourrir le glacis et en augmenter la pente, s'opposant ainsi à l'attaque vive des lames qui déferleront avant d'atteindre le pied de la falaise.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il serait évidemment intéressant d'évaluer l'importance de l'ablation marine le long des côtes. Les chiffres qui ont été donnés s'appliquent à des côtes très particulières, en général crayeuses, ou en voie d'affaissement. Si l'on essaie, par des procédés analogues, c'est-à-dire basés sur des sources historiques, de déterminer, par exemple, l'importance de l'attaque maritime à la pointe Saint-Mathieu du Finistère, on sera étonné de sa très grande lenteur. Il semble donc que l'on ait surestimé l'importance de l'érosion marine, comme celle de l'érosion fluviale d'ailleurs [1].

De la notion de profil d'équilibre, on peut déduire aussi les conséquences suivantes : si un point du profil s'élève, pour une cause quelconque, l'ablation reprendra pour rétablir le profil d'équilibre ; si le point s'abaisse en dessous du profil d'équilibre, celui-ci se rétablira par sédimentation ; enfin, il suffit qu'un point reste fixe, pour qu'il détermine, par lui-même, un niveau de base local qui fixe tout le profil en amont de lui. Ces lois, bien connues, de l'action fluviale — et qui s'appliquent à toutes les formes de l'ablation — doivent être étendues à l'ablation marine. Celle-ci travaille évidemment en surface ; mais cette surface est engendrée par une suite de profils longitudinaux.

Une observation très simple, nous permet de montrer que toute une partie du littoral de la France, essentiellement considérée comme en recul, est — à la verticalité des falaises près — presque en équilibre. En effet, de Wimereux à la Normandie, il existe, tout du long du littoral, des tourbières sous-marines, datant au plus du Néolithique, au moins du Bronze et l'abrasion, depuis cette époque, n'a pas été capable de descendre en dessous du plus bas niveau de la tourbe ! On peut donc penser que le recul de ces falaises n'atteindra pas plusieurs kilomètres.

Il faut ajouter que l'ablation marine travaille non seulement à régulariser le profil de la côte, mais aussi son dessin en plan. Le fait est bien connu : les pointes reculent et les baies se comblent. Il ne faut pas penser pourtant que, quand la mer attaque un pays à relief complexe comme la Bretagne, la côte tendra vers ce dessin absolument rectiligne, souvent figuré sur les blocs-diagrammes des traités de morphologie. Ici aussi joue la variable v^e qui limite l'attaque de ces pointes. Un fait très remarquable le prouve : la rareté des très hautes falaises qui

1. La question, qui a rarement été traitée dans les ouvrages techniques, est évoquée par D. W. Johnson. New England-Acadian Shoreline, *op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sont restreintes à des points particuliers des côtes atlantiques (côtes crayeuses, de grès diaclasés, côtes faillées).

Dans tout cet exposé, nous supposons, bien entendu, tout d'abord, que tous les éléments sont fixes : la hauteur des lames qui dépend de l'intensité possible du vent et de l'importance du « fetch » et, enfin, la position du 0 marin.

Les possibilités de variation de ce dernier seront abondamment discutées au cours de cet exposé. Montrons, tout de suite, que les variations possibles du premier facteur (qui dépendent de variations météorologiques ne pouvant se produire que dans des limites assez restreintes, ou de modifications géographiques très importantes) sont très faibles. Il y a un maximum bien connu dans chaque région, pour la hauteur atteinte par les lames et, même en mettant tout au pire : marées exceptionnelles, vent drossant les vagues à la côte, pression barométrique favorable, les ravages des plus terribles lames de tempête sont surtout limités aux travaux humains. La région de Biarritz en est un exemple bien significatif.

Il serait, en tout cas, aussi indispensable aux géologues qu'aux ingénieurs de connaître l'*allure* et l'importance du recul de la côte et les modifications qui peuvent en résulter dans la bathymétrie. Le travail semble avoir été fait pour quelques points, notamment pour la baie de Seine [1].

Je voudrais, maintenant, insister sur quelques faits concernant la morphologie et les dépôts de la marge continentale qui peuvent intéresser directement les géologues qui se trouvent en présence d'une surface de transgression :

Il faut, tout d'abord, indiquer que l'*attaque marine est l'agent le plus parfait de planation que l'on connaisse*. En effet, l'action concertée de tous les éléments hydrauliques de l'ablation : érosion fluviale, ruissellement en nappe ou en filets, écoulement lent des sols en présence d'eau et même destruction à sec (« déculmination » des hautes régions alpines et démantèlement des régions désertiques et semi-désertiques), ont comme résultat final, non une « pénéplaine », mais, comme l'a déjà indiqué A. de Lapparent, une *surface d'équilibre* engendrée par une multiplicité de profils d'équilibre sigmoïdes. Le relief actuel de l'Ile-de-France est très voisin d'une telle surface, protégée dans les pays humides

1. Volmat J. Les érosions du Littoral du Calvados et les atterrissements de l'Estuaire de la Seine (1925). 22e Cahier des Recherches hydrographiques sur le régime des Côtes. Imprimerie nationale, 1929.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

par des sols, dans les pays arides ou en haute montagne, par un revêtement d'éboulis, dès que le relief est enseveli sous ces produits de la désagrégation qui ont alors leur pente-limite d'équilibre.

Néanmoins il est évident qu'un aplanissement important et rapide ne peut se faire que dans une étroite zone, celle des falaises et des brisants qui ne dépasse pas une étendue d'une centaine de mètres en plan et quelques mètres en profondeur. Des « monuments », comparables à des buttes-témoins, comme la demoiselle de Fontenaille, qui sont le dernier reste d'une topographie diaclasée antérieure ou d'un karst (aiguilles de Praia de Rocha au Portugal, aiguille d'Étretat) et, moins rapidement, les entassements de boules de granite des îlots bretons, seront rapidement démolis, surtout quand, par suite de leur faible masse, ils peuvent prendre, sous l'effet du choc des lames, un mouvement oscillatoire. Mais c'est l'attaque frontale, superficielle, des vagues qui peut faire disparaître ces reliefs. S'ils se trouvent à peine sous quelques mètres d'eau, ils n'ont plus à craindre que les effets de l'érosion proprement dite, c'est-à-dire de l'usure par les courants chargés de sable. Ceux-ci sont sensibles sur des pilotis, par exemple, mais bien peu sur un haut fond granitique tout revêtu d'une couverture de mollusques et d'algues, dont l'effet de protection est considérable. Ici, la Vie, peut-être un peu destructrice dans le haut des plateformes d'abrasion, surtout quand elles sont calcaires, est conservatrice, et ceci encore plus dans les mers où se développent des organismes incrustants.

Il semble donc que, pour que des aplanissements très étendus comme ceux qui ont été décrits par Fr. Nansen ou D. W. Johnson, puissent se produire, nous soyons obligatoirement amenés à en conclure qu'alors, la zone littorale ou de balancement des marées, était sujette à migrer lentement par inondation progressive de la mer ou par abaissement lent du continent [1]. Actuellement, ni l'archipel breton, ni sa côte rocheuse ne semblent devoir rapidement se transformer en cette plateforme large et plate qu'est classiquement une plateforme d'abrasion marine.

S'il s'agit maintenant de formes en creux, il peut se passer deux choses : ou bien — et c'est surtout le cas quand elles sont parallèles à la côte — elles sont comblées par les dépôts en mouvement sur la plateforme, ou elles pourront servir d'axe à des courants de reflux, de vagues ou de marées, et être maintenues vides. C'est le cas de beaucoup de cours sous-marins de fleuves,

1. C'est l'hypothèse de v. Richthofen.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

comme nous le verrons plus loin. Là, comme dans les estuaires, le courant vers le large suit les lois de l'écoulement fluvial et se conserve un lit en équilibre avec cet écoulement.

Ceci explique que certaines régions : baie du Massachussetts, littoral galégo-pyrénéen, côtes bretonnes, présentent une complication de relief extraordinaire, encore bien mal connue du reste, totalement différente de la simplicité de la plateforme africaine.

Les dépôts du plateau continental.

Les dépôts qui se font sur la plateforme continentale sont en principe sableux, s'ils sont dus à l'attaque du littoral par la mer. En effet, ceux qui sont d'une dimension de l'ordre de grandeur des boues (silts) n'ont aucun motif pour être sédimentés si près de la côte; ils sont ou dissous, ou transportés beaucoup plus loin. Les grandes vasières du littoral proviennent des fleuves continentaux ou sous-marins (le fleuve de boue de la Gironde, par exemple), comme le montre admirablement la carte de Delesse.

En revanche, les graviers, et surtout les galets, se déposent presque uniquement dans la zone des marées hautes (avant-plage), et ceci même sur les grèves bordant des falaises crayeuses qui fournissent des galets presque tout préparés, comme c'est le cas pour le pays de Caux ou la Picardie. Toutes ces grèves de galets comportent un estran de sable, à marée basse, et j'ajouterai, le plus souvent, de sable quartzeux.

Or, le plateau continental est parsemé de galets et même de blocs, souvent d'assez grandes dimensions. Ceux-ci, connus en Manche depuis fort longtemps et particulièrement étudiés par Louis Dangeard [1], y descendent très bas, jusque sur les bancs de la Grande et de la Petite Sole, si bien décrits par Edouard Le Danois [2]. Celui-ci, a fait, à leur propos, une remarque typique : ces blocs ne sont jamais recouverts sur toute leur surface par des organismes incrustants ou perforants. Leur base d'assiette reste nue, et souvent salie de vase. D'autre part, la fragilité de certains des organismes (Bryozoaires) qui s'y sont fixés, est très

1. Louis Dangeard, Observations de Géologie sous-marine et d'Océanographie relatives à la Manche. *Ann. Inst. Océan., Nouv. série*, VI, 1, 1928.

2. Carte de l'entrée ouest de la Manche, éditée par le *Service hydrographique de la Marine* et l'*Office des Pêches Maritimes*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

grande. Ces deux faits montrent que ces blocs ne sont jamais actuellement remués par les courants sous-marins.

La variété de nature pétrographique de ces blocs est assez grande. En Manche septentrionale, ce sont quelquefois des galets granitiques, d'origine problématiquement armoricaine, dans la région de Quiberon, de Brest ou du cap de la Hague, sont, ce en revanche, des blocs de craie ou de calcaires, des silex, etc. J'ai moi-même décrit autrefois un bloc nummulitique (avec une Nummulite méridionale) provenant du Trou-aux-Raies, au large de Roscoff. Bien des auteurs ont pensé que ces blocs énigmatiques avaient été largués par des glaces flottantes, au moment de leur fusion. Notons, enfin, que la plupart sont, quand ils sont dragués sur des fonds de 50 à 100 m., patinés de brun.

Il est beaucoup plus intéressant, pour résoudre le problème de l'origine de ces blocs, de rechercher s'ils existent dans des régions où les glaces flottantes n'ont pu exister, par exemple dans le golfe d'Aquitaine [1].

M. Louis Glangeaud [2], puis M. F. Lévêque dans son volume sur le port autonome de Bordeaux [3] ont signalé de ces blocs au large de la Gironde. Ils sont en général formés de roches pyrénéennes, mais aussi souvent de roches éruptives provenant du Mont Dore ou du Cantal. Ils atteindraient là une dimension de 0 m. 40 à 0 m. 60 de côté.

M. Lévêque remarque que l'on retrouve des galets analogues « au large de la côte des Landes et de la Gironde, par des fonds de l'ordre de 50 à 100 m. Les galets reposent maintenant sur une plage presque horizontale ; il est peu probable qu'ils soient le jouet de courants qui les auraient extraits de la côte moderne et conduits plus ou moins rapidement au large : « On peut, à cet égard, se référer aux expériences de Suchier, à Brisbach-le-Haut, qui a montré par des expériences classiques que, pour être entraînés par un courant d'eau, les cailloux de 250 grammes nécessitaient un courant d'au moins 1 m. 50 par seconde, au moment d'une agitation générale du milieu. Ceci correspond à des courants de 3 nœuds qu'on n'a pas décelés jusqu'ici dans les fonds des zones du plateau continental qu'indiquent des cordons continus de galets.

Ces galets sont aussi les témoins d'un ancien rivage plus ou

1. J. Furnestin. Compte rendu de dragages géologiques de la 4e croisière du *Président Théodore-Tissier* (8 mai-11 juillet 1935). *Rev. Trav. off. Pech. Mar.*, t. X, fasc. 2, 1937.

2. Louis Glangeaud. Extension et caractères pétrographiques du Flandrien marin de l'estuaire de la Gironde. *C. R. Somm. Soc. Géol.*, N° 4, 1936, p. 54-56.

3. F. Lévêque, Bordeaux et l'Estuaire girondin, in-4°, Bordeaux, 1938, p. 21.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

moins accore, sur lequel la mer a agi, comme d'habitude, en emportant les matériaux les plus légers et en concentrant peu à peu les éléments les plus gros en les abaissant progressivement par l'affouillement du fond[1] ».

Le savant ingénieur du Port autonome de Bordeaux ajoute qu'il a dragué des éléments analogues, ayant jusqu'à 50 cm. de diamètre, le long de la passe extérieure d'entrée du Port du Havre, recouvrant des sables et graviers à éléments variés.

J'ai eu l'occasion, l'an dernier, d'étudier le problème des galets, aquitains entre Hosségor et Vieux-Boucau, sur le littoral landais.

Je pensais, comme au Maroc et au Portugal, rechercher des galets enlevés par la mer à des formations géologiques récentes, pliocènes ou quaternaires, n'affleurant pas sur terre-ferme. Les galets rejetés par la mer, que j'ai recueillis, sont formés surtout de quartzite vert, de quartz de filon, de lydiennes noires, sans jamais de granite, mais aussi par un grès rouge qui est certainement emprunté au Permien des Massifs de la Rhune ou du Labourd. Ces cailloux, qui paraissent, surtout quand il s'agit des points les plus septentrionaux, provenir du remarquable cordon littoral, déjà figuré par Delesse et dont parlait M. Lévêque, sont, au point de vue pétrographique, identiques :

1° à ceux de la barre de l'Adour à Bayonne (où ils sont de la dimension d'une dragée) ;

2° à ceux des ballastières d'Ondres ou du Nord de Bayonne (qualifiées de m^{4-3}, par la Carte Géologique de la France) ;

3° à ceux des terrasses a^{1a} de la feuille de Bayonne le long de la vallée de la Nive) ;

4° à ceux qui, polis ou guillochés par le vent, apparaissent à Pointe-Saint-Martin de Biarritz, entre le Stampien et les dunes anciennes.

Je crois que toutes ces formations de galets, si importantes en Chalosse, sur les rives de l'Adour ou *sous la Grande Lande*, et sur lesquelles je compte revenir, représentent les alluvions de fleuves pyrénéens, dont le courant ou le débit était plus fort que ceux des fleuves actuels, comme le remarque déjà Boule[2]. Ces fleuves avaient ici une direction sensiblement NE-SW ; les dépôts de leur cours inférieur sont actuellement isolés de ceux de leurs cours supérieur, non seulement par la vallée très récente de

1. F. Lévêque, *op. cit.*, p. 28-30.

2. Marcellin Boule. Le Plateau de Lannemezan et les alluvions anciennes des hautes vallées de la Garonne et de la Neste. *B. S. C. G. F.*, VI, 43, 1894-1898.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

l'Adour, mais aussi par l'affaissement de la Grande Lande qui est antérieur au dépôt des Sables des Landes, c'est-à-dire au Paléolithique supérieur (Wurmien). On peut, je crois dater ces alluvions caillouteuses du Moustérien, *sensu lato* [1].

Le cordon sous-marin des Landes et de l'Aquitaine, ne serait pas, selon moi, le résultat de la destruction par la mer d'une côte accore comme le pense M. Lévêque — car il serait alors composé surtout de roches tertiaires — mais celui du triage et du modelé en cordon, par la transgression marine, de cailloux, à l'origine, *fluviatiles*.

Nous serions là, et la même explication peut s'appliquer à la Manche, en présence d'un ancien pays continental, recouvert à des profondeurs variant de 50 à 200 m. par une transgression marine. Cette transgression *a laissé subsister*, comme nous le verrons plus loin, *les formes en creux du relief continental*, mais aussi les dépôts continentaux, de dimensions relativement élevées, qui pouvaient s'y trouver, mais en leur donnant une autre forme.

Cette observation ouvre ici la question de ce que les géologues appellent le ***conglomérat de base*** d'une transgression :

Nous avons vu que les grèves de galets ne descendent guère plus bas que la limite des basses mers de morte-eau. Il est, en outre, très rare que les fleuves à estuaires — et évidemment encore moins ceux à deltas — puissent entraîner au large des blocs ou des galets. Il semble impossible d'attribuer les blocaux ou cailloutis répandus sur le plateau continental à l'érosion des courants de fond. Comme le montrent, en effet, les mesures de Suchier, rapportées par M. Lévêque et citées plus haut, il faut *dans un milieu agité*, des courants de l'ordre de trois nœuds pour mobiliser les cailloux de 250 grammes.

Je sais que des courants, d'une vitesse superficielle beaucoup plus grande, existent dans les eaux côtières, et qu'il est d'usage de leur faire jouer un grand rôle géologique et de supposer qu'ils causent de véritables érosions du sol sous-marin, génératrices des *lacunes* de sédimentation. Mais de tels courants sont toujours dus au resserrement des lignes de force le long de passes étroites entre des îles, de détroits de sortie très resserrés ou d'estuaires, comme le Raz Blanchart, le Fromveur, dans le premier cas, le goulet de sortie du Morbihan, dans le second.

1. J. Blayac (Contribution à l'étude du sol des Landes. *Ann. de Géogr.*, XXV, n° 133, p. 23-46, 1916) les assimile à la haute terrasse de la Garonne.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Remarquons, que dans le cas très favorable de la Gironde, les courants de jusant, qui sont presque de vitesse double de ceux de flot, ne dépassent pas, sauf crues exceptionnelles du fleuve, 4 nœuds 5 et, à la passe, 1 nœud 1/2 [1].

En outre, dans tous les cas cités, il s'agit de courants de surface et, sauf circonstances exceptionnelles, dans les estuaires, par exemple, les vitesses au fond sont toujours très inférieures aux vitesses de surface. L'action la plus considérable des courants de fond, là où nous avons pu l'observer, dans les « mouilles » du Bou Regreg (Port de Rabat) ou de la Seine (Radicatel), est un vannage des matériaux granulaires qui sont débarrassés des éléments fins : sable, sable fin et vase. Ils subissent, en outre, une usure de type éolien.

Quand il s'agit du large, il me paraît encore plus difficile que des courants beaucoup plus lents en surface, puissent arracher, du fond, des blocs dépassant le kilogramme.

L'action des courants sur la sédimentation me paraît devoir se réduire *sur le fond* à la mise en forme des petits galets et granules, et au déplacement en dunes hydrauliques des produits sableux. Mais bien plus qu'érosive, l'action des courants est de disperser les matériaux flottés et d'empêcher la pluie sur les fonds de tout ce qui flotte temporairement dans les eaux. Cette action des courants de surface a depuis longtemps été mise en lumière par Thoulet.

M. Lévêque a, d'autre part, attiré l'attention sur un effet très remarquable des courants, soit sur les cailloutis des terrasses quaternaires submergées de la Gironde, près de Saint-Christoly ou de Lagrange, soit sur ceux de la passe extérieure du Havre : une concentration des gros éléments en surface. Ceux-ci forment, comme l'avait déjà remarqué G. K. Gilbert, une carapace continue de matériaux, de dimension relativement uniforme, ils sont, par conséquent, difficiles à mettre en déséquilibre, donc à entraîner.

Cette création d'un *sol*, en équilibre par rapport à un agent, je dirai de déflation, en empruntant le langage de ceux qui se sont occupés de l'ablation éolienne, est un fait bien connu de tous les géologues qui ont étudié aussi bien les sols des pays désertiques, ou mêmes arides, que les formations meubles qui revêtent la haute montagne. Ces carapaces, en équilibre avec les phéno-

1. Lévêque, *op. cit.*, p. 81-82.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

mènes éoliens, le ruissellement en nappe ou en filets et les glissements, sont une des formes la plus normale de la résistance du paysage à la déculmination.

Mais un autre phénomène, souvent décrit et trop oublié, a été remis en valeur par J. J. Canter Cremer dans le fascicule du 15 novembre 1934 de l'*Engineering News Record* : c'est la création de véritables *poudingues*, par pénétration dans les cailloutis de produits colloïdaux ou presque colloïdaux. La masse ne comporte alors plus de vides ; elle n'est plus percolante et fait bloc autant que du béton, peut-être même plus, car elle ne réagit pas aux vibrations des chocs. La mer n'a plus, sur un tel sédiment, qu'une action de délavage superficiel et d'érosion proprement dite. Tous ceux qui ont observé l'extraordinaire résistance à l'érosion des bancs de vase par rapport aux sables, par exemple dans le cas des affleurements de vases bleues à Zostères sur la plage de Penthièvre en presqu'île de Quiberon, connaissent les formes de ces bancs de vase qui rappellent les buttes de limons de la *nebka* des oueds sahariens.

Ne pouvant les attribuer à l'action des courants, les océanographes, qui ont eu à traiter la question des accumulations de galets ou de blocs du plateau continental, notamment dans la Manche, ont pensé à des causes toute différentes : le plus souvent au transport par les glaces quaternaires [1].

Or la distribution de ces dépôts ne permet pas de considérer cette explication comme générale :

J'ai déjà cité l'exemple des cailloutis, certainement fluviatiles, qui sont au large de la côte des Landes. La remarquable plage « sicilienne » décrite par Pruvôt et Robert [2] au large du cap Creus offre bien des analogies avec ces dépôts et paraît résulter de l'alluvionnement de fleuves sous-pyrénéens sur une plaine littorale actuellement submergée.

De nombreux points de la côte africaine de l'Atlantique sont aussi recouverts de galets ou de sables très grossiers à des profondeurs où des sédiments de cette nature sont difficilement explicables par des actions purement marines. J'en citerai les exemples suivants, de Gibraltar au Sénégal, d'après les recherches de Gérard Belloc [3] :

1. Une autre modalité a été quelquefois invoquée, dans les pays tropicaux ou équatoriaux : le transport par les algues flottantes.

2. Sur un gisement sous-marin de coquilles anciennes au voisinage du Cap de Creus, *Arch. Zool. Exp.* (3), V, 1897, p. 497-510.

3. Les fonds chalutables de la côte occidentale d'Afrique, du Cap Verd au Cap Spartel. *Revue Tr. Off. Pêches Mar.*, VI, 2 juin 1933.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Banc d'Arzila, à — 400 m. environ.....	*sable grossier*
En face de la Merdja Zerga, entre — 50 et — 100 m. (estuaire ancien du fleuve Sebou).....	*gravier*
En face du Cap Blanc de Mazagan, entre — 100 et 200 m.....	»
En face de l'oued Tensift, — 50 m.....	»
En face de l'oued Mirhleft (frontière d'Ifni), — 100 à — 200 m.....	»
En face du Rio de Oro (Villa Cisneros), — 100 à — 200 m.....	*sable grossier*

Les graviers entre — 50 et — 100 m. peuvent facilement être mis en relation avec le cours de rivières actuelles ou historiques, en revanche, ceux de — 100 à 200 m., semblent difficilement correspondre à des rivières actuelles ; ce sont souvent des bancs très allongés, parallèles au littoral comme celui de Mirhleft ; le banc d'Arzila, très profondément situé (— 400 m.), appartient à une toute autre catégorie, beaucoup plus ancienne.

Je possède, à mon laboratoire, une série d'échantillons très particuliers qui ont été dragués à des profondeurs qui atteignent cet ordre de grandeur, soit par le « Vanneau », sous la direction de MM. Jacques Liouville et R. Ph. Dollfus, soit par le « Théodore Tissier ». Ce sont des galets assez bien roulés et recouverts sur leur moitié supérieure d'animaux incrustants. Les uns sont certainement des galets de la plage contemporaine des grès tyrrhéniens de Rabat, les autres sont des roches brunes ou noires, d'aspect primaire, mais en réalité constituées par des craies calcaires, imbibées de différentes pseudo-solutions colloïdales. Le plus intéressant provient d'un dragage au voisinage du cap Tafetneh [1], sur la côte des Haha. Il présente la particularité de renfermer un moule en creux de *Nassa semistriata* [2], fossile qui apparaît au Maroc *au plus tôt* dans les couches sahéliennes du Dar bel Hamri.

Au microscope, ces galets se montrent constitués par des vases à Foraminifères et Bryozoaires, plus ou moins riches en sables fins, très analogues à celles qu'on drague au voisinage de la profondeur de 40 m. Mais la vase calcaire a été envahie par un voile de phosphate qui a déplacé le calcaire et repoussé en avant de lui la glauconie, en liséré. C'est ce phosphate qui est responsable de la lapidification de la roche.

1. Station 60 (Théodore-Tissier) Chalut — 315 m. L = 31° 37' N ; M = 10° 11' 30" W (Gr.).

2. *Nassa* (*Amycla*) cf. *semistriata* Br. plutôt que *N. solidula* Bell., un peu plus récente et très voisine. Miocène terminal (M. Chavan).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'étude des organismes incrustants actuels qui les recouvrent montrent que, quand ces galets ont la grosseur du poing, ils ne sont jamais déplacés par les courants. Ceux qui sont de plus petites tailles ne sont, actuellement, soumis à aucun choc.

Ces cailloutis ne peuvent donc être attribués qu'à des actions fluviales ou littorales actuellement disparues.

La plage tyrrhénienne qui couronne les falaises, d'abord acadiennes puis crétacées, entre l'oued Assaka (oued Noun des cartes frontière Sud d'Ifni) et l'oued Dra est partout formée de galets, très bien roulés, de rhyolites. Celles-ci n'affleurent certainement que sur une partie du territoire d'Ifni, ou tout à fait à l'intérieur dans l'ellipse du Guir. Aucun caillou de cette nature n'est apporté à la mer actuellement par l'oued Dra. Ceux, de même nature, qui parsèment la plage actuelle, ne semblent pas provenir, en général, de la destruction du cordon littoral tyrrhénien. J'attribue donc les unes et les autres à des bancs de galets sous-marins, provenant de fleuves anciens, correspondant à des périodes de régression.

Ajoutons un autre exemple : les abords de la Pointe de Quiberon et les chenaux entre celle-ci et l'île de Houat et entre les îles de Houat et de Hœdic, sont semés de galets patinés de brun. Ceux-ci sont identiques à ceux qui sont à la base des limons loessiques de toute la presqu'île et des îles à l'Ouest de Penthièvre. Sur la côte, à la Pointe du Conguel, ils apparaissent enrobés d'un ciment ferrugineux et s'enfoncent sous la plage où on les retrouve à marée basse.

Cette formation est comprise entre les argiles jaunes de Saint-Pierre, à la base, et les argiles grises à Zostères de Penthièvre, première formation de transgression marine (Flandrien ?). Elle semble contemporaine de tous les cailloutis de base des loess et limons du continent, non soliflués. Dans la région de Quiberon, sur terre et sous la mer, ces cailloutis sont essentiellement constitués par du quartz de filon et par des roches qui n'existent ni dans la presqu'île, ni dans les îles, mais bien à l'intérieur et, en outre, par des silex d'aspect crétacé, très bien roulés.

J'ai récolté, en Vendée, soit rejetés par la mer (Pointe de l'Aiguillon), soit sous les limons qui apparaissent dans le rebord d'attaque par la mer des dunes littorales (Saint-Vincent-sur-Jars), des cailloux très analogues, souvent aussi encroûtés de fer. A la Pointe de l'Aiguillon, certains de ces cailloux rappellent curieusement les grès quaternaires du Maroc ou du Portugal.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Chaque fois que l'on étudie une formation analogue, la seule explication qui vienne à l'esprit est toujours celle que je formulais à propos du cordon littoral sous-marin de la côte d'Aquitaine : *celle de cailloutis fluviatiles, actuellement submergés, modelés et remaniés par la mer qui les rejette parfois sur les côtes.*

Il semble, en outre, que la distribution de ces cailloutis, sur la côte d'Afrique, nous amène à concevoir une classification de ces dépôts : ceux qui se trouvent entre 0 et — 50 m. de profondeur, entre — 100 et — 200 et vers — 400 m. En est-il de même sur l'ensemble des côtes de l'Atlantique ? La question reste à élucider ; mais nous verrons plus loin que l'étude de la morphologie de la marge continentale peut nous conduire à une conclusion analogue.

Le problème des « conglomérats de base » des dépôts marins transgressifs.

Je voudrais maintenant examiner quelques exemples de « conglomérats de base » au début d'une transgression, dans le passé géologique et comparer ce qu'on peut y observer avec les faits que nous venons de relever.

Quand un terrain en recouvre un autre, il débute souvent par un « conglomérat de base », celui-ci peut être évidemment emprunté à l'attaque d'une falaise et s'étendre sur des surfaces assez larges si la progression marine est lente. Il semble que l'on puisse trouver un certain nombre d'exemples où une pareille laisse littorale est conservée, mais que le cas est surtout fréquent quand il s'agit de régressions ou, au moins, de reculs de la mer.

J'ai eu l'occasion d'étudier au Maroc quelques-uns de ces conglomérats à la base d'une formation marine transgressive :

J'ai déjà décrit ici [1], à l'extrémité de l'Anti-Atlas occidental, le conglomérat de la base du Géorgien. J'ai montré que sa puissance est très variable et qu'il peut passer de quelques centaines de mètres à quelques décimètres, selon les points et, qu'en outre, son facies varie considérablement : En bordure du Dra, c'est-à-dire vers le Sahara, c'est un véritable poudingue à pâte sableuse dont les éléments sont empruntés, soit à la série rhyolithique (terme supérieur de l'Algonkien), soit au granite, soit à la série schisto-gréseuse (Mauritanien). Ils indiquent donc une profonde érosion antérieure. Autour de l'en-

1. *CR. som. S. G. F.* 1-2, 1938, p. 12. Sur les niveaux inférieurs du Géorgien de l'Anti-Atlas occidental et sur la présence de mouvements posthumes autour de la tache de Kerdous.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

clave d'Ifni, c'est une remarquable arkose à ciment calcaire. Dans une troisième région, celle d'Anzi, le conglomérat a plusieurs centaines de mètres de puissance. Il représente très certainement le résultat du démantèlement antérieur du volcan complexe du Kerdous accumulé dans une véritable fosse. Si l'on se dirige vers le Sud, on voit rapidement le conglomérat disparaître et, à la Jemaa Tirhirt le calcaire géorgien est en contact direct avec les laves ou même le granite. Mais je me sépare complètement ici de l'interprétation que Neltner et G. Choubert [1] donnent de cette fosse, qu'ils qualifient de « fosse de subsidence ». Pour moi, il ne s'agit que d'une forme en creux, véritable vallée, au pied du volcan. Le remplissage par un cailloutis, véritable *piedmont formation*, sans qu'il ait d'éléments gréseux de transition, me paraît dû à l'activité des cours d'eau, antérieurement à la transgression et avoir été respecté par la mer.

Plus intéressante se trouve encore la localisation des conglomérats et des poudingues dans le cas de la grande transgression cénomanienne au Maroc. Celle-ci s'est produite, j'insisterai plusieurs fois sur ce caractère, d'une façon très brusque. Tantôt, les calcaires de cet âge recouvrent directement, comme c'est le cas entre Oued Zem et Sidi Lahmine, le Viséen sous-jacent, curieusement rubéfié [2], au point que les anciennes cartes portaient du Trias ; tantôt, ce terrain recouvre directement le Dogger ou le Lias (Moyen Atlas septentrional, d'après H. Termier) ; tantôt, il débute par des marnes vertes ou rouges à gypse, mais contenant déjà le plus souvent des Huîtres, comme c'est le cas à Kasbah-ben-Ahmed, à Settat dans la haute région d'Arbala, et, aussi, au Sahara (Oued Dra et même Tidikelt).

Dans certaines cuvettes, comme dans celle de Ouaouizerht, le Cénomanien débute par des poudingues rouges dont la pâte originelle est un grès glauconieux marin, mais dont les galets sont uniquement paléozoïques ou pré-cambriens (quartz de filon, lydiennes, rhyolites, à l'exclusion complète de tout élément calcaire, liasique ou jurassique).

Il semble bien que le Cénomanien fossilise, dans l'Atlas marocain, suivant une très judicieuse observation de J. Savornin, non seulement une tectonique ancienne, mais, même, un *relief ancien*, de caractère plus ou moins jurassien. Il serait vain de rechercher ici des laisses littorales conservées, traces d'un rivage antérieur. Les conglomérats sont toujours dans des creux (ou dans des synclinaux), quand les lambeaux sommitaux du Cénomanien, dépassant 2.000 m. d'altitude, débutent par des marnes rouges sans le moindre cailloutis. Je pense donc que ces conglomérats sont *d'origine fluviatile et qu'ils ont été conservés dans des formes en creux du relief qui ont échappé à l'abrasion de la mer cénomanienne.*

1. *CR. som. S. G. F.*, 1938, 10-30 mai, p. 168-169.

2. Le même type de rubéfaction existe sous le Danien transgressif à Foum el Kheneg, d'après H. Termier. Il faut aussi lui comparer les rubéfactions décrites, sous le Cambrien normand, par M. Lugeon et E. Jérémine.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ajoutons qu'au Sahara, le Cénomanien recouvre des grès très bien calibrés dont on pourrait comparer les éléments à ceux des Sables des Landes actuelles (Grès à dragées « albiens », Continental intercalaire de C. Kilian). Une limite très nette les sépare des argiles gypsifères du Cénomanien. Mais l'étude pétrographique de ces deux formations si intéressantes n'a pas encore été tentée.

Les conditions de la transgression miocène, au Maroc, sont certainement aussi curieuses, dans les rares points où elles sont observables [1].

Les vases jaune crème à Operculines qui recouvrent à Bataille, Maaziz, Merzaga et dans les environs de Marchand, le « Trias », ont, dès la surface de contact, très plane, le même caractère pétrographique. Mais elles contiennent, emballés, des galets très bien roulés, uniquement constitués par du Primaire moyen-atlasique. Quand on examine la pâte qui les enrobe, on s'aperçoit qu'elle appartient au même niveau océanographique que tout l'ensemble de la formation. Quant aux cailloux, ou même aux fragments de fossiles, ils sont tous uniformément *verdis*,

L'observation d'une patine verte sur les éléments d'un conglomérat de transgression a déjà été faite plusieurs fois : molasse du Burdigalien supérieur de Saint-Paul-Trois-Châteaux (niveau océanographique : fond à Bryozoaires), Lutétien du Bassin de Paris, Miocène moyen canarien. Dans tous ces cas, la patine en question me semble être de la glauconie secondaire, de type colloïdal.

Enfin, je voudrais encore attirer l'attention sur une formation que je crois transgressive, bien que je ne puisse donner la preuve de son caractère marin, celle du Trias.

J'ai déjà montré, qu'autour des apparitions éjectives du Keuper, dans le Rharb marocain, on pouvait récolter un très grand nombre de cailloux roulés, et parfois aussi des blocs de l'ordre du mètre cube, de roches cristallines ou métamorphiques, d'une variété telle que l'on peut constituer, autour de chaque pointement, une véritable collection pétrographique. En revanche, les « clochers » paléozoïques ou archéens, comme le rocher d'Aïn Defali, ou ceux qui ont été décrit plus à l'Est par Jean Lacoste, sont assez uniformes et constitués par des schistes à séricite.

La série normale du Trias est très difficile à observer dans le Rharb ; mais en étudiant une région où elle est très largement développée, l'Atlas marocain, j'ai eu l'occasion de me demander si ce ter-

1. Note de Géologie marocaine. II. Essai de stratigraphie du Néogène atlantique du Maroc, tirage à part des notes aux *CR. Ac. Sc.*, 17, 24 oct., 4, 25 nov. 1932.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

rain n'était pas une formation de transgression [1], peut-être même marine. Cette hypothèse, aventurée dans l'Atlas, devient infiniment plus vraisemblable dans le Rharb, où les dolomies et les calcaires jouent un rôle important dans ce que je considère comme la base de la formation. Des éléments fossilifères ont, d'ailleurs, dans l'Est, été découverts par Jean Marçais.

Les galets et les blocs, amenés à jour par le Trias éjectif, sont toujours bien roulés, et même souvent, patinés de brun ou de noir, ou encroûtés. Leur extraordinaire variété pétrographique évoque, elle aussi, un dépôt fluviatile, remanié par la mer, l'origine des galets étant probablement assez lointaine.

Les galets de la base des autres transgressions marines au Maroc : Éocène inférieur ou Lutétien du sillon prérifain, Burdigalien des rides prérifaines, Pliocène, sont extrêmement rares. Les niveaux de conglomérats de quelque importance marquent en général la fin, plutôt que le début, d'un cycle sédimentaire. Ce sont des formations terminales, évidemment fluviatiles.

Ils semble, d'ailleurs, que l'on puisse faire des observations analogues pour un certain nombre de transgressions en France. Je crois que le Lutétien et le Stampien commencent aussi, en général, d'une façon abrupte et que les niveaux conglomératiques qui peuvent exister à leur base sont également très localisés. On doit pouvoir souvent montrer qu'ils appartiennent à d'anciens dépôts fluviatiles, repris par les eaux marines.

Je retiendrai de cette analyse, les observations suivantes : à la base des terrains transgressifs, les conglomérats sont rares, très localisés, surtout dans les reliefs en creux ; leur composition pétrographique est toujours des plus variée et souvent sans rapport avec les roches sous-jacentes ; la nature pétrographique de leur gangue évoque une zone océanographique sensiblement aussi profonde que l'ensemble de la formation transgressive argileuse ou calcaire qui les surmonte. Enfin, les galets du conglomérat sont souvent patinés de vert, de brun ou de noir. Cette patine qui peut se retrouver sur la roche sous-jacente évoque un ancien sol sous-marin, à l'origine perméable aux solutions ou pseudo-solutions et admettant une riche vie bactérienne. Peu à peu, la vase qui tombe de la mer, sous l'influence de la gravité et de petits mouvements d'agitation, a rempli les vides entre les galets; elle les a alors cimentés, dans les conditions évoquées plus haut d'après Canter Cremer. La roche, dans son ensemble,

1. Les « pénéplaines » du Maroc et du Sahara (Recueil offert à E. F. Gautier), 75 p., 1937.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

est alors devenue un poudingue, même avant que la lapidification intervienne.

On a souvent insisté, notamment L. Cayeux, sur la fréquence de certaines substances comme le phosphate de chaux et la glauconie dans ces horizons de base. L'un et l'autre ne sont jamais absents, du reste, de l'ensemble de la formation transgressive, soit qu'ils se rencontrent dans toute sa hauteur, soit qu'ils y forment, surtout pour ce qui est de la glauconie, de véritables bandes. En outre, ils recouvrent souvent des *hard grounds* qui sont, eux aussi, l'indice d'anciens sous-sols marins intraformationels. Cette concentration s'explique facilement par la chute et la pénétration des particules, ou même des micelles, dans des milieux poreux : galets, sables, ou même vase calcaire non tassée, et par leur préservation consécutive. L'évolution de ces différentes substances, particulièrement dé la glauconie, dans ces sols sous-marins, la pénétration de produits solubles ou pseudo-solubles dans la roche sous-jacente sont des questions que seule peut éclaircir l'étude chimique et bactériologique des *sols* sous-marins actuels.

Je laisse hors de cette discussion la marge proprement littorale de la transgression dont le type classique est la bordure de cailloutis relevée par Fontannes pour la transgression pliocène de la vallée du Rhône. Les cas où l'on peut reconnaître un véritable littoral fossile sont très rares [1].

En dehors de quelques exceptions, les grandes transgressions débutent, *d'une manière soudaine*. Malgré l'extraordinaire aplanissement de la surface de transgression, les preuves d'une abrasion marine sont curieusement rares. Les premières couches, qui sont en contact avec cette surface, sont rarement riches en éléments détritiques et leur niveau océanographique est, en principe, assez profond.

La plupart des géographes ou des géologues raisonne, en outre, comme si les dépôts de la marge continentale, vases, dépôts pélagiques, sables, restaient toujours meubles et, constamment triturés par les allées et venues successives que leur imposent les courants, cheminaient indéfiniment vers les grandes profondeurs marines. Il nous semble pourtant que certaines accumulations sous-marines peuvent se conserver et ceci pour de multiples raisons :

1. Un des plus beaux exemples est celui du littoral liasique décrit dans le Sahara marocain par N. Menchikoff.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les matériaux très fins : vases, boues, dépôts colloïdaux, résistent très bien, comme nous l'avons vu, quand ils sont mélangés de galets, aux actions de destruction de la mer. Le nombre de deltas sous-marins qui sont découverts actuellement est de plus en plus nombreux. Les forces de dispersion par les courants, envisagées en général, sont donc insuffisantes pour détruire ces formes d'accumulation. Le plus remarquable de ces deltas est certainement celui de la Gironde, dont la découverte, riche de conséquences pratiques, est le plus beau fleuron de la couronne de M. F. Lévêque.

En outre, la lapidification de certaines formations très récentes est extrêmement rapide. M. L. Glangeaud, toujours à propos du Port de Bordeaux, en a donné des exemples typiques. Pour ma part, je citerai les limons rouges moustiériens du Maroc qui, pulvérulents sur terre-ferme, ont une cassure lithique quand ils sont recueillis sous la mer. Ici, il faut peut-être évoquer l'influence des bactéries anaérobies productrices de calcaire, en présence d'éléments oxydables, qui ont été décelées dans les expériences de R. Legendre au Laboratoire de Concarneau.

Le Quaternaire marin, même très récent, de l'Ile de Fuerteventura (Canaries) évoque le Lias — et il a trompé des géologues. Au Maroc, des formations « tendres », comme les grès tyrrhéniens ou pliocènes, deviennent durs et cassants quand ils sont sous-marins ; mais je ne puis encore expliquer le processus de cette transformation.

Il faut aussi signaler la rapidité de la formation des conglomérats ferrugineux. J'en ai notamment observé deux exemples, dans le port de Rabat et à Tancarville sur la Seine : un conglomérat de ce type y englobe même des cordages. Le dépôt du fer semble toujours s'être fait à partir d'un noyau de ce métal (patte d'ancre, débris de coque).

Une autre cause de conservation de traits très délicats du sol sous-marin : cordons de granules ou de galets, dunes hydrauliques et mêmes ripple-marks est, bien entendu, leur ensevelissement par des matériaux meubles.

Surfaces abandonnées par les mers en régressions.

Il y a lieu, maintenant, d'examiner quels sont les caractères morphologiques des surfaces abandonnées par la mer en régression.

Là, les observations sont encore plus difficiles ; les terrains,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

que laisse la mer en reculant, sont, en effet, plus ou moins rapidement modifiés par les actions subaériennes et aussi par l'Homme. Quand ils sont, ce qui est le cas général, recouverts d'un sol, leur surface est alors encore plus difficile à observer peut-être que la surface sous-marine.

Les traces de régression, dans le cas de côtes rocheuses, ont été surtout décrites en Norvège [1] et en Irlande et, par D. W. Johnson, en Nouvelle Angleterre. Ce sont des falaises ou des écueils abandonnés, parmi lesquels le célèbre Monadnock (dont le nom est devenu synonyme de témoin sur une pénéplaine), des plateformes revêtues de galets et brusquement tranchées vers la mer par un abrupt. Des terrasses rocheuses, parfois même d'étroits « trottoirs » témoignent de ce mouvement régressif. Daly, dans plusieurs de ses ouvrages [2], a insisté sur la généralité dans le monde de marques analogues d'une régression de 6 m. et il a fourni de nombreuses photographies à l'appui de ses dires.

Mais, en général, la mer ayant créé ou parachevé une plateforme autour de la côte, c'est un bas-pays qui sera ainsi abandonné. Les exemples en seront alors assez nombreux, quelle que soit la cause, même humaine, du retrait de la mer. A l'abri d'un cordon littoral, d'abord incomplet, comme celui de la côte des Landes au XVIIe siècle, se sédimentent des vases. Par avancée, extension du cordon, et fermeture des goulets, il se formera ainsi des « étangs », puis des slikkes, puis des schorres, et enfin des polders. Cette évolution est devenue classique : Jean Massart, en Flandre, D. W. Johnson, aux États-Unis, A. Rivière, en France [3], en ont étudié des exemples. Les retours offensifs de la mer, peuvent, évidemment, être nombreux, mais les caractéristiques les meilleures, au point de vue morphologique me semblent être celles qui marquent la Flandre maritime française: cordons littoraux ou « pruques » noyés dans les argiles de *marais en communication avec la marée*. Bien entendu, il se produit souvent des retours offensifs de la mer par rupture de digues; mais, le colmatage augmentant, la région devient rapidement continentale [4].

1. Fr. NANSEN, *op. cit.*
Id., The strandflat and isostasy, Christiana, 1922.
2. Our Mobile Earth, Scribner's 1926, et : The Changing world of the Ice Age, Yale University Press, 2e éd., 1935.
3. A. RIVIÈRE, Le traict du Croisic. *Rev. Géo. phys: Géol. dyn.* Vol. IV, fasc. 2, 1936.
4. G. DUBOIS, Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France. *Mém. Soc. Géol. Nord*, 8, n° 1, 1924.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'importance des sables dunaires ou interdunaires, sur une surface ainsi abandonnée par la mer, dépend de la quantité de ceux qui sont laissés par la mer sur l'estran et, par conséquent, *essentiellement de l'apport à la mer de sables par les fleuves anciens ou actuels.* Nous avons ainsi des empilements complexes, ou harmonieux, de dunes, dont les intervalles sont tantôt occupés par des sables, tantôt par des lacs interdunaires, à sédimentation souvent calcaire.

Le beau relief du Sahel marocain que traverse la route de Casablanca à Marrakech jusqu'à Médiouna, nous offre l'aspect, brusquement figé, d'un tel pays. Les sols de ruissellement ou éoliens s'accumulent alors dans ces cuvettes, qui finissent par se combler. L'intérêt de l'étude de ce pays provient de ce qu'il offre l'exemple, comme le montrent les coupes de Témara-plage (fig. 14-16, p. 468), de la superposition sur ces sols de plusieurs dunes, d'âges de plus en plus récents. Dans le futur géologique, on aura là une succession de grès et d' « argiles ». C'est peut-être un paysage analogue qu'offrira plus tard aussi la coupe de la côte des Landes de Gascogne, ou de celle des Bas-Champs de Picardie.

Au bout d'un certain temps, les fleuves arrivent à traverser ces pays, des dépôts plus ou moins caillouteux, puis limoneux succèdent alors aux alternances de sables et d'argiles. La Méséta marocaine en offre plusieurs exemples au Moustiérien ; il est peut-être possible d'interpréter à leur lumière les caractères de la régression pliocène dans la région de Perpignan.

Il n'est pas facile de trouver des exemples très nets de surface de régression dans la série géologique, peut être parce qu'il faut des conditions toutes particulières pour que les traces du recul de la mer soient conservées.

On pourrait, à ce point de vue, étudier, sur le rebord de l'Atlas de Marrakech, le Lias ou le Dogger où Édouard Roch a décrit de remarquables *mud-cracks* et des pas de Dinosauriens.

Deux autres régressions méritent l'étude, au Maroc, celle de la fin du Miocène, et celle de la fin du Pliocène.

Le Vindobonien argileux du Détroit Sud-rifain se termine par des formations, de plus en plus sableuses, que l'on qualifie de Sahélien, bien qu'elles ne soient pas toujours contemporaines partout.

Si, dans le golfe même du Sebou, comme dans la localité classique de Dar bel Hamri, il semble y avoir continuité de sédimentation entre le Miocène et le Pliocène, tel ne paraît pas être le cas dans la région de Meknès, où des discordances, des niveaux conglomératiques

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

multiples, des dépôts plus fins à grandes Huîtres évoquent l'idée d'un littoral en recul, avec dunes, étangs et cordons littoraux à Palétuviers.

Cette morphologie ancienne disparaît malheureusement trop tôt sous les formations lacustres qui, au Pliocène peut-être, et sûrement au Quaternaire, ont occupé le fond du sillon. Pour une toute autre raison, l'étude de cette régression est également impossible dans la partie interne du sillon qui a été énergiquement soulevée et, par conséquent, découpée par les érosions fluviales postérieures.

Le Pliocène supérieur nous offre au Maroc, également dans le golfe du Sebou, un autre exemple de régression assez différent. Des systèmes de deltas (dans la Mamora) et de cordons (entre Lalla Mimouna et Larache), assez remarquables y existent. Dans cette dernière région de petites collines des cailloutis à ossements de Baleine alternent avec des formations argileuses ou ligniteuses (Arbaoua).

Mais il est toujours difficile de séparer la partie abandonnée du plateau continental du continent lui-même. Souvent, comme c'est le cas pour le Miocène supérieur en Albanie, des formations purement continentales, fluviales par exemple, recouvrent directement, en les modelant, les anciennes formations marines. On pourrait presque parler alors d'une transgression fluviale.

Pourtant, quelques descriptions géologiques classiques évoquent pour moi l'aspect des régions récemment abandonnées par la mer :

Celle d'abord, si précise, que Mlle H. Alimen a donné du Stampien parisien, avec ses formations de rivage, son modelé ultérieur en dunes, ses cuvettes lacustres qui, je crois, rappellent beaucoup mieux la bordure maritime des Landes que, comme le pense l'auteur, la région du Tchad.

Enfin, les belles pages que M. Gignoux [1], dans son Traité, consacre au Vieux Grès Rouge, à ses alternances de formations lacustres, fluviatiles, éoliennes et à ses indentations marines, s'interprètent, pour moi, de la même manière. Je sais bien que l'auteur compare cette formation aux dépôts d'un désert saharien ; mais toutes les caractéristiques qu'il énumère à l'appui de cette idée, se retrouvent dans le cas d'un pays abandonné par la mer, ou même par les glaces. Deux, en outre, me paraissent en formelle opposition avec l'existence d'un climat désertique :

La *couleur rouge* des sédiments, tout d'abord, sur laquelle je me suis déjà longuement expliqué [2], dont l'origine peut être très variable, mais qui, dans les déserts, n'est jamais qu'un héritage d'un passé humide.

1. *Op. cit.*, 2e éd., p. 122-126.
2. Les « pénéplaines » du Maroc et du Sahara, *op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les *cornstones* ensuite, assimilé par M. Gignoux aux « croûtes calcaires des pays désertiques ». Or, à la différence des croûtes d'exsudation, qui sont presque toujours gypseuses, et qui ont des racines ou coexistent avec des boudins de sable consolidé, la grande croûte qui, au Maroc, sépare le Tyrrhénien du Moustiérien et se montre dans de nombreux points du Sahara surtout occidental, est une formation d'origine aquatique, qui passe souvent à des calcaires lacustres.

Mes observations concordent ici avec celles de D. Jaranoff [1] : Ces croûtes calcaires, *imperméables*, sont essentiellement zonaires; elles se sont accrues, par couches successives, *vers le haut*, d'une façon absolument contraire à celle des carapaces ou croûtes d'exsudation qui, elles, s'accroissent vers le bas, vers le sable. On ne peut mieux les comparer qu'à certains travertins. Tantôt ce sont des formations d'évaporation dans des cuvettes, liées peut-être à l'activité d'algues et de bactéries, tantôt, comme aux Canaries, où elles revêtent les pentes basses, ce sont des formations de ruissellement. En tout cas, leur compacité plus ou moins grande est, pour moi, la marque de l'importance de l'humidité saisonnière et j'abandonne complètement l'idée de l'origine désertique de la croûte, dite acheuléenne, du Maroc.

Je suis donc tenté de penser que l'histoire du Vieux Grès Rouge est l'inverse de celle du Nouveau Grès Rouge. Je reconnais pourtant volontiers, que l'aspect d'une zone, soumise à des invasions marines répétées, doit forcément ressembler à celui de la surface abandonnée par la mer, au cours d'une retraite, coupée de courtes offensives.

Il nous reste maintenant à examiner s'il existe, *sous la mer*, des preuves de *régressions antérieures*, c'est-à-dire, d'une extension des continents plus grande que l'actuelle, et s'il est possible de définir les limites de cette extension.

Les critères sur lesquels on peut se baser, à ce point de vue, sont de deux ordres : 1° *arguments directs* fournis par les *dépôts* ou par les *formes sous-marines*, 2° *arguments indirects* déduits de la *répartition des faunes fossiles et actuelles*. Nous allons d'abord examiner un certain nombre de ces derniers.

Depuis longtemps, Wallace, dans un livre fameux, a attiré

1. L'évolution morphologique du Maroc Atlantique pendant le Pliocène et le Quaternaire, Étude de Géologie Dynamique au Maroc, dans les confins Algéro-Marocains et en A. O. F. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, IX, 3, p.299-331 et X, 2, p. 131-141.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

l'attention sur l'intérêt de l'étude du peuplement biologique de ces mondes isolés que constituent les îles. Mais cet auteur, et même, dans une certaine mesure, Arldt, ont le plus souvent considéré que ce peuplement était dû à l'émigration accidentelle.

Les théories de Wallace ont surtout été discutées par un américaniste, H. von Ihering, dans un chapitre fort spirituel de sa *Geschichte des Atlantischen Oceans*[1]. Dans les diverses éditions de son livre célèbre, Wegener avait tenté une critique du même ordre. Depuis, la Société de Biogéographie d'une part, R. Vaufrey, dans sa thèse, d'autre part, se sont attaqués à cette question. L'idée que les îles sont des témoins d'anciennes étendues continentales plus considérables, plus tard séparées de ces continents par la mer et habitées actuellement par des faunes et des flores reliques d'anciens peuplements, est de plus en plus généralement acceptée. Mais cette séparation est attribuée par les auteurs, soit à l'effondrement de *ponts continentaux*, soit à la *disjonction* par fracture, puis à une dérive consécutive.

Il m'est difficile de traiter ici, dans son ensemble, cette grave question qui comporte des aspects biogéographiques, géologiques et même géophysiques. Je voudrais simplement poser le problème pour un groupe d'îles que je connais un peu : les Canaries, Açores et Madère, ce que Ihering appelle la Macaronésie.

La faune et la flore canarienne sont, le fait est bien connu, essentiellement endémiques. Les Mammifères y manquent totalement ; mais, parmi les Vertébrés, les Lacertiliens y sont déjà très particuliers et certains types confinés dans un seul îlot. La faune des Insectes aptères, d'après A. Reymond, se répartit en trois groupes : le premier, d'affinité africaine et de dispersion très ancienne, est commun à toutes les îles ; le second, est différencié par groupe d'îles ; le troisième est limité aux îles orientales : Lanzarote et Fuerteventura. Quant à la faune de Mollusques continentaux, elle est assez voisine de la faune africaine ; une étude plus attentive, poursuivie, île par île, permettrait probablement d'y distinguer des invasions successives, analogues à celles des Insectes aptères.

De quelle époque date donc l'isolement de ces îles, au moins l'isolement définitif.

La question fut jadis traitée par Louis Gentil dans un chapitre, très nuancé, du « Maroc Physique ». Des idées prudentes, mais quelquefois prophétiques de Gentil, Pierre Termier est

1. In-8°. Jena, Gustav Fischer, 1927.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

parti, dans une célèbre envolée, pour reconstruire un soir, à l'Institut Océanographique, l'Atlantide platonicienne dont il contait l'engloutissement dans ses moindres détails.

J'ai indiqué, en 1927 [1], qu'au Tyrrhénien, l'isolement des Canaries de l'Afrique était complet et qu'une côte, analogue en son tracé à la côte actuelle, bordait le continent de Port-Étienne au Portugal. Toutes mes recherches ensuite sont venues confirmer cette théorie. Bien que l'on perde toute trace du littoral pliocène, entre l'extrémité de l'Atlas et l'oued Dra, il semble que l'on puisse légitimement interpoler son tracé jusqu'au Sénégal, d'après les quelques lambeaux, encore mal connus, du reste, du Rio de Oro. La découverte, au large du Cap Rhir, de fossiles sahéliens ou pliocènes, que j'ai indiqué plus haut, est bien en faveur de cette hypothèse.

Les périodes de régression, qui séparent ces invasions marines, ont-elles permis, chacune, la liaison de tout l'archipel avec le continent, ou, chaque fois avec un moindre nombre de ces îles, expliquant ainsi les caractères si particuliers de la distribution des Insectes aptères. Nous sommes obligés, étant donné les caractères très anciens de la flore, de supposer que la liaison totale des îles avec les continents africain et européen remonte très loin, à une époque antérieure à la première transgression marine qui y a été constatée, c'est-à-dire au Vindobonien. Elle daterait du Miocène inférieur ou plutôt de l'Oligocène. Le premier isolement, au Miocène supérieur, aurait été interrompu par les régressions successives du Pontien, du Pliocène supérieur et peut-être même, pour les îles de l'Est, par la régression acheuléo-moustiérienne. *Mais l'archipel canarien est séparé actuellement du continent africain, et chaque groupe d'îles, l'un de l'autre, par des profondeurs qui sont toujours supérieures à 1.000 m.* Rien, en outre, ne nous autorise, ni dans la géologie des îles, ni dans la topographie sous-marine, à admettre qu'elles aient été isolées, ou par la rupture de ponts continentaux, ou par des dérives. Aucun socle ancien n'y est visible, contrairement au cas de l'archipel du Cap Verd. La forme même des îles évoque, bien plutôt, des guirlandes anticlinales, comme d'ailleurs, leur alignement, parallèle à celui du continent et leurs rapports avec les fosses sous-marines transversales. La forme du canal canarien séparant les Canaries orientales du continent et celle des canaux entre les îles rappelle celle de synclinaux. Seule, la grande fosse,

1. Premiers résultats d'une étude sur le Quaternaire marocain. *B.S.G.F.* (4), XXVII, 1.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

entre l'archipel européen (Madère) et l'archipel africain peut s'expliquer par des failles de disjonction, ou plutôt, comme d'ailleurs Gibraltar, par une fracture résultant d'un excès de courbure.

L'étude géologique des îles m'a, d'ailleurs, montré la réalité d'oscillations, au cours du Quaternaire et même du Tertiaire. Il semble donc qu'une troisième explication vienne nécessairement à l'esprit : celle d'un système de plis anticlinaux, tantôt s'accentuant, tantôt s'atténuant, et de synclinaux envahis, à certaines époques, par des transgressions marines.

L'idée de la très grande généralité de la régression aquitanienne et de la régression pontienne, très générales, est depuis longtemps admise par presque tous les géologues. Il n'en a pas été de même, jusqu'à ces derniers temps, pour la régression post-tyrrhénienne.

Il y a pourtant déjà longtemps que, dans son Mémoire sur les grottes de Grimaldi, qui pour nous est fondamental, Marcellin Boule, émettait, pour la première fois, l'hypothèse de l'existence d'une importante régression postérieure aux couches à Strombes. Les animaux, dont les restes se trouvaient dans ces grottes, n'auraient pu parvenir à y vivre, sans qu'une large plateforme continentale, dont Boule fixe les limites approximativement à l'isobathe de — 200, n'ait existé à la place du rivage actuel. Les découvertes de A. C. Blanc, dans la Versilia et les Marais Pontins, ont vérifié la généralité, en Méditerranée, de l'hypothèse de Boule.

J'ai eu l'occasion de montrer, au Maroc, que les idées de Boule s'appliquaient également au domaine atlantique :

Entre Rabat et Casablanca, en effet, et au Cap Cantin de Safi, la dune tyrrhénienne se prolonge *sous la mer*, où elle est découpée en lapiés. On pourrait également citer bien d'autres points où cette observation peut être faite, de l'oued Dra au Portugal.

Sur terre ferme, cette dune consolidée et corrodée est recouverte par des limons rouges dont la base contient la faune soudanaise, dite de Témara et, en certains points, un outillage de type acheuléen ou moustiérien (fig. 14-16, p. 468).

Sur le bord du littoral, entre Rabat et Casablanca, une formation dunaire, quelquefois marine à la base, s'intercale dans ces limons rouges. C'est elle qui renferme, près de l'hôpital Marie Feuillet à Rabat, les restes d'un homme néanderthaloïde, recueillis par Jean Marçais et étudiés actuellement par M. Boule.

Or, *sous la mer*, visibles à marée basse (Témara-plage et cap

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cantin), ou accessibles aux dragages (baie de Mazagan, par exemple), ces limons, et la dune qui y est intercalée, existent encore. Ils y prennent l'aspect d'une roche rouge à grain fin, dure, brisante au marteau, qui contient des dents de Bovidés, d'Antilopes ou d'Équidés et surtout des coquilles d'*Archelix lactea*. Les dents et les coquilles, avec leur remplissage, sous forme de boules, sont souvent drossées à la côte par les tempêtes. A Témara plage, la base de la formation rouge comporte un kjøkkenmødding avec des cendres.

Nous avons ici la preuve d'une régression moustiérienne, régression dont il est malheureusement difficile, actuellement, de fixer les limites vers le large, mais que certains dragages montrent assez éloignées.

J'ai montré que cette régression s'est étendue, au Nord, jusqu'à Peniche au Portugal [1] et qu'on peut paralléliser les limons rouges de cet âge, dans le Nord de ce pays avec les limons jaunes de la Galice. Peut-on étendre cette assimilation aux autres formations que nous avons citées, dans les îles où sous la mer, le long des côtes de la France et, par exemple, y rattacher le cordon littoral sous-marin des Landes, décrit plus haut, ou même les galets et blocaux de la Grande et de la Petite Sole, à l'entrée de la Manche.

Dans ce dernier exemple, ces dépôts correspondraient à une remarquable topographie fluviale, levée avec précision par Le Danois. De proche en proche, on pourrait les mettre en relation avec les gros cailloutis des passes du Havre et avec les blocaux patinés de brun qui ont été découverts, dans la Seine maritime, sur les tourbes inférieures, par mon élève, M. Paul Walter.

Dans le premier cas cité, celui du cordon littoral d'Aquitaine, J. Blayac avait déjà mis en relation des dépôts très analogues : ceux qui apparaissent, sous les Sables des Landes, au Gurp près de Soulac, avec les alluvions de la terrasse supérieure de la Garonne. Il faut alors se demander si l'Éléphant qui y a été recueilli, et qui est déposé au Musée de Bordeaux, n'est pas l'*Elephas Trogontherii* et non, comme on l'indique le plus souvent, l'*Elephas meridionalis*.

Les blocaux, recueillis en Gironde par L. Glangeaud, semblent bien aussi anté-flandriens et je crois qu'on peut les assimiler aux alluvions à faune chaude, avec un Éléphant (pour lequel on a hésité entre *meridionalis* et *Trogontherii*) et des silex acheuléens

1. L'existence de « karsts » importants, envahis par la mer et déblayés de leurs limons rouges (Peniche) ou réduits à des aiguilles entourées par la mer (Praia de Rocha), est une autre preuve de la transgression actuelle.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

que M. Boule a décrit, dans un ancien lit de la Charente, au Tilloux, près de Gensac-la-Palue.

Au Nord de ce point, nous trouverions des jalons dans les dépôts ferrifères, sous-lœssiques, qui forment les « îles » du Marais Poitevin et sont antérieurs à la trangression du « bri », les matériaux analogues des côtes de Vendée, sous-dunaires ou rejetés par la mer, les cailloutis à ciment ferrugineux de Quiberon, déjà cités, pour les relier à tous les cailloutis qui sont sous les loess ou limons, quand ceux-ci ne sont pas soliflués[1].

Vers le Sud, nous trouverions des termes de comparaison entre les cailloutis du cordon littoral, ceux des « landes » caillouteuses, ferritisées, de la Chalosse ou de l'Armagnac et la terrasse supérieure du bassin de la Garonne.

Il me paraît donc possible d'émettre une hypothèse, qui paraîtra bien générale aux géologues spécialisés dans le Quaternaire : Il existerait une période du Quaternaire où les formations fluviatiles possèdent à peu près les mêmes caractéristiques géochimiques : cailloutis à gros éléments, en général altérés, ferrifères, puis limons lœssiques. La faune, chaude en général à la base de l'étage, devient, surtout en pays de montagne, de plus en plus froide. Ces formations, indépendantes des petites vallées actuelles, forment souvent la plus haute terrasse des grands cours d'eau. Elles se prolongent sur toutes les îles détachées du continent. Ce seraient elles que l'on retrouverait, jusqu'à des profondeurs de — 200 m., sur la partie de la marge continentale, qui a été envahie par la dernière transgression.

Loin de moi la pensée de soutenir que cette hypothèse soit actuell e me vérifiée. Je pense, toutefois, qu'elle réunit tous les faits jusqu'ici observés en une seule théorie simple qui permet d'orienter les recherches, et que rien ne vient encore contredire.

Je soulignerai, en passant, l'analogie très grande de ces dépôts avec ceux du Pliocène supérieur, pour lesquels on pourrait reprendre les mêmes qualificatifs, à ceci près que, dans chaque zone, le climat y paraît plus chaud. Quand les deux coexistent, comme au Portugal, la distinction est délicate; mais, sur terre et sur mer, les dépôts pliocènes sont bien plus rares que les dépôts quaternaires.

Je pense, par conséquent, que la meilleure façon d'étudier les types de dépôts, qui caractérisent une surface de régression envahie par la mer, est d'aborder la recherche systématique des

1. Dans ce cas, sous forme de head, ils recouvrent des plages « normaniennes » Belle-Isle, la Hague, côte du Calvados.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

cailloutis de la dernière régression sous la mer actuelle et d'essayer de les mettre en relation par des méthodes variées avec les formations subaériennes correspondantes.

Le réseau hydrographique sous-marin, son importance dans l'étude des régressions marines.

Les données fournies par la morphologie de la marge continentale sont d'ailleurs en faveur de cette hypothèse :

L'idée de l'existence d'un ancien cours sous-marin du Rhin, à l'époque antéglaciaire du crag de Chillesford (Pliocène supérieur ou, si on la met en relation avec Mosbach, quaternaire), est déjà ancienne. Mais divers auteurs plus récents, notamment C. Reid, ont étudié les tourbes, draguées sur le Dogger Bank, et recueilli divers fragments de Vertébrés, notamment d'*Elephas primigenius*. Daly a résumé les données de ces dragages dans une carte très suggestive [1]. Il semble que cette importante régression se place au grand interglaciaire.

Mais c'est surtout en Manche que des traces fluviales ont été très anciennement décrites, notamment par Edmond Hull. Le raccord, à ce moment un peu hypothétique, entre la Seine et les fleuves côtiers français et anglais, a été prouvé par les très nombreux sondages sonores qu'Édouard Le Danois et ses collaborateurs ont utilisés pour construire la carte de la Manche [2]. Les détails de l'abrupt du plateau continental à la sortie de la Manche sont particulièrement suggestifs. Aux environs des bancs de la Grande et de la Petite Sole, les rivières bretonnes paraissaient se joindre à ce fleuve. Deux points sont évidemment à discuter : tout d'abord, l'âge de la régression, ensuite le rapport entre le fleuve, dont les formes sont reconnues par les sondages et les gros blocaux dragués sur les bancs.

Sur le premier point, l'absence de toute rupture de pente dans le profil en long du fleuve sous-marin, les analogies qui existent évidemment entre l'histoire du Rhin et celle de la Seine, nous font penser que le creusement de la vallée, étudiée par Le Danois, est très récent, et qu'il daterait du grand interglaciaire.

La régression est certainement antérieure à l'époque où ont été déposés les cordons littoraux, jadis considérés comme monastiriens, que l'on rencontre sur toute la côte du Calvados et jusqu'en

1. The Changing World, *op. cit.*, p. 84.

2. Le tracé des rivières Seine et Severn et de leurs affluents est donné dans la *Revue Off. Pêches Mar.* sous le titre de : « Coupe schématique de la ligne des anciens rivages submergés dans la région SW des Iles Britanniques ».

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Picardie. Depuis que le gisement de Monastir tente à être rangé dans le Tyrrhénien, les auteurs normands qualifient ces formations de Normannien. Ces « plages soulevées » sont tantôt sous le lœss en solifluxion, tantôt sous les argiles de polders de la transgression flandrienne. Ils font partie, pour moi, du début de la dernière oscillation transgressive majeure.

Il y a déjà longtemps que E. de Martonne indiquait un point de morphologie sous-marine en cartographiant l'estuaire de l'Aulne, ou Rivière de Chateaulin. L'envahissement par la mer d'une ancienne surface continentale était démontré par l'existence, dans le cours sous-marin, de méandres encaissés. D'autres vallées de ce type ont été décrites, notamment par Spencer et Hull. Toutes montrent bien qu'elles ont été « submergées par un mouvement inverse de celui qui avait donné lieu à leur creusement, et l'on doit admettre que, lors de cette nouvelle submersion, il s'est formé, sous l'action des vagues, une nouvelle plateforme littorale, qui a donné graduellement naissance au seuil continental actuel » [1].

La plupart des fleuves côtiers, je n'ose dire la totalité, se termine ainsi par des sillons sous-marins. Il en est de même des *rias* de la Galice et des *fjords* de Norvège ou d'Islande. On voit tout l'intérêt de leur exploration par la méthode des sondages sonores qui seule permet de posséder une densité de points suffisante pour déterminer la forme des isobathes et l'allure, en profil longitudinal et transversal, de ces rivières. La même méthode

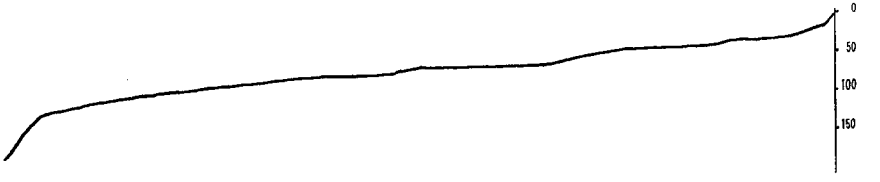


Fig. 1. — Profil longitudinal du Pô sous-marin (d'après la carte donnée par Luigi de Marchi (variazoni del livello Adriatico. *Atti della Ac. scient. Veneto trentino istriana*, 3e sér., vol. XII, XIII, Padoue, 1922).

permettrait aussi de fixer la limite de ces chenaux vers le large et d'indiquer si leur liaison avec les rivières actuelles correspond ou non à une rupture de pente et si les conditions mêmes de la pente de ces sillons sous-marins sont normales ou s'ils ont subi des déformations. La pente d'un fleuve qui n'est plus un torrent varie, en fait, dans des limites assez étroites ; en outre, elle décroit toujours de l'amont vers l'aval. Des conditions contraires, non

1. Haug, Traité de Géologie I, p. 481.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

seulement signaleraient une déformation, mais même indiqueraient sa valeur. On trouvera, ci-contre, comme exemple de ces déformations, un profil en long exécuté sur le prolongement sous-marin du Pô, exécuté d'après la carte que de Marchi a donné de l'hydrographie « wurmienne » de l'Adriatique (fig. 1).

FIG. 2. — Les vallées sous-marines du Tage et du Sado
(d'après la carte bathymétrique publiée par le Service hydrographique du Portugal)

Les rivières sous-marines que nous venons de citer : Aulne, Seine, Rhin, Pô, et il faut leur joindre la Gironde, et son delta hier

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

encore inconnu, sont certainement en continuité avec le fleuve subaérien. Elles semblent, en outre, ne pas dépasser vers le bas le plateau continental, tel qu'il est habituellement défini, c'est-à-dire l'isobathe de — 200.

Tel n'est pas le cas pour toute une série d'autres sillons qui se prolongent jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 1.000 m., comme le sillon du Congo, celui de l'Indus, etc., ou ne corres-

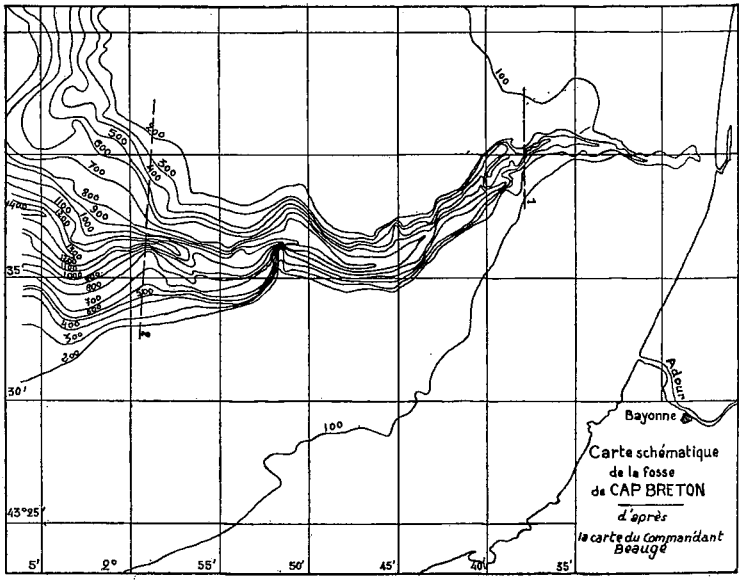


FIG. 3. — Carte de la vallée sous-marine de Cap Breton.

pondent à aucun fleuve actuel, comme le Gouf du Cap Breton et les trois remarquables rivières sous-marines de la côte du Portugal. Je donnerai ci-dessous les cartes correspondant aux deux plus méridionales, que j'ai dressées en courbes d'après la récente carte hydrographique du Portugal, ainsi que celle de la fosse de Cap Breton, due au Commandant Beaugé du « Théodore Tissier » (fig. 2 et 3).

Les caractéristiques morphologiques de ces sillons sous-marins sont assez variables. Tantôt, comme W. M. Davis l'a montré pour la côte de Californie, elles ont un aspect dendritique qui évoque assez bien les cirques d'origine de certains éboulements, frane ou « laves », mais un peu modifiés par l'érosion fluviale postérieure. Tantôt, leur dessin planimétrique se rapproche de celui de véritables rivières, le plus souvent sans véritables méandres, mais avec un trajet ondulé. Le profil en travers

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

donne une vallée étroite et profonde avec des parois raides. Le profil en long a une pente qui dépasse de beaucoup celle des rivières dans leurs cours inférieur et même moyen : Congo : 9,7 °/₀ (d'après Novak), Indus : 9 °/₀, fosse continuant l'Hudson et Gouf de Cap Breton : 2 °/₀, Sado : 2,5 °/₀, Tage : 3,3 °/₀.

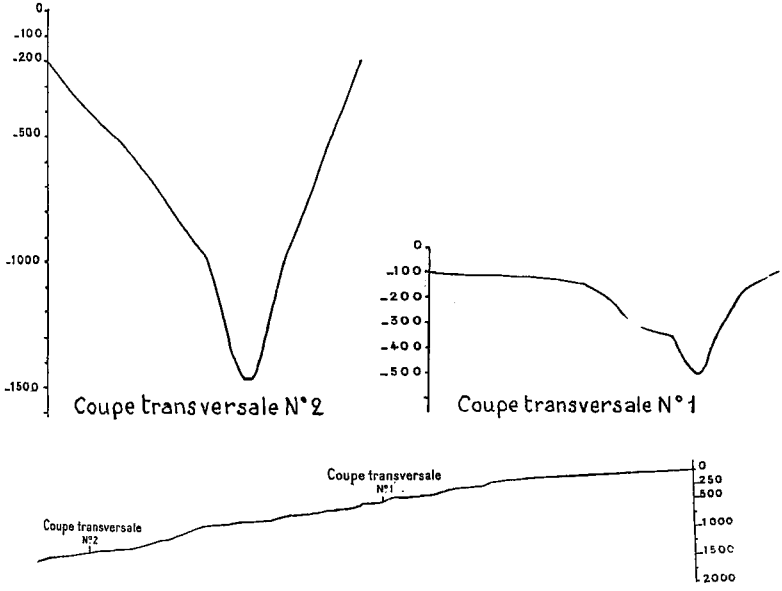


FIG. 4. — Profil longitudinal et coupes transversales du Tage sous-marin.

Par suite suite de leur étroitesse et de leur pente, Shepard[1] qui les a surtout étudiés, les a appelés *submarine canyons*.

Hypothèses explicatives.

Trois types de théories différents ont été émis pour rendre compte de ces vallées sous-marines :

a, elles seraient dues à l'érosion normale de rivières subaériennes creusées à une époque de régression. Cette hypothèse, très ancienne, a été développée par Suess[2] pour le Gouf du Cap Breton et par Edmond Hull pour la Manche. L'origine se trouve certainement dans le fait que plusieurs de ces vallées prolongent

1. F. P. SHEPARD, Submarine Valleys, *Geogr. Rev.*, XXIII, 1933.
Id., The Underlying Causes of Submarine Canyons, *Proc. Nat. Ac. Sc.*, 22, 1936.
Id., Daly's Submarine Canyon Hypothesis, *Americ. Journ. of. Sc* , V, 33, 1937.
2. Das Antlitz der Erde, I et II.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

des fleuves actuels. Mais leur morphologie, très particulière, a pendant longtemps fait douter de la validité de cette explication qui n'a été que très récemment reprise par Shepard ;

b, une deuxième catégorie d'hypothèses fait appel aux failles. Ces théories ont eu un grand retentissement du fait de leur

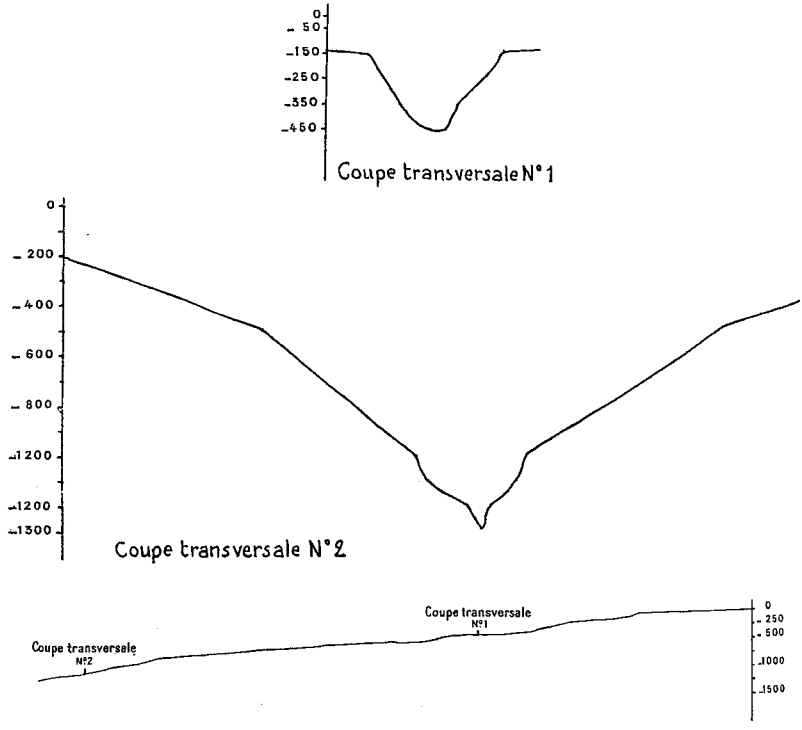


Fig. 5. — Profil longitudinal et coupes transversales du Sado sous-marin.

utilisation par Wegener[1] ; mais le principal partisan de cette origine est J. W. Gregory[2]. Il nous semble que le tracé même de ces vallées est incompatible avec ce type d'explication ;

c, l'idée de la formation des sillons sous-marins par des courants de la mer a été soutenue par Buchanan et, plus récem-

1. Die Enstehung der Kontinente und Oceane, p. 121-122, 4e éd., Berlin, 1929.
2. Gregory. J. W. Submarine through off Cyprus, *Geogr. Journ.*, vol. 78, n° 4, oct. 1931, p. 357-361.
Id., Deep trench on floor of North Sea. *Geogr. Journ.*, vol. 77, n° 6, juin 1931, p. 548-551.
Id., Submarine Through near strait of Gibraltar. *Geog. Journ.*, vol. 79, mars 1932, p. 219-220.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ment, par W. M. Davis [1]. Dans toute sa rigueur, elle paraît inapplicable.

En effet : 1° elle n'explique pas la fréquente localisation de sillons très loin au delà, et en prolongement, des fleuves actuels ; 2° les récentes explorations océanographiques, notamment celles de Stetson sur le George Bank [2], celles du Service Hydro-

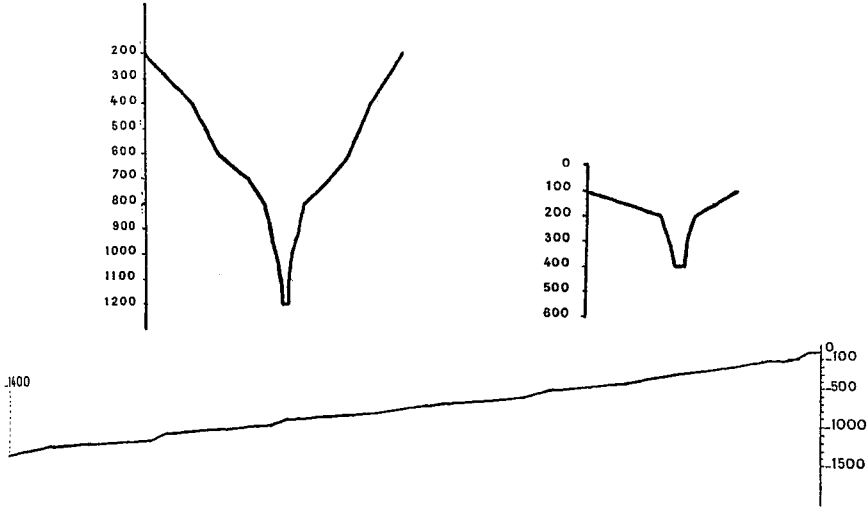


Fig. 6. — Profil longitudinal et coupes transversales du Gouf de Cap Breton. Les traces des coupes transversales sont indiquées sur la carte, figure 3.

graphique portugais et les recherches d'Ed. Le Danois sur le Gouf de Cap Breton, ont montré que :

les parois de ces cañons étaient rocheuses,

de la vase bleue se déposait, actuellement, dans le fond du cañon. Les courants actuels ne sont donc pas toujours capables de déblayer la forme en creux de la vase qui y tombe, même avec la collaboration des glissements dus à la pesanteur ; *a fortiori*, ils ne peuvent l'avoir créée.

Nous verrons toutefois, plus loin, que si cette explication est insuffisante, il n'y a pas lieu pourtant de perdre de vue le rôle possible des courants marins dans la genèse de ces formes.

La théorie que nous venons de citer a reçu de la vigoureuse imagination de Daly, une importante modification :

Devant l'insuffisance manifeste, *en théorie*, des courants

1. Davis (W. M.). Submarine Mok Valleys, *Geogr. Rev.*, XXIV, 1934.

2. Cf. Shepard (F. P), Trefethen (J. M.), Cohee (G. V.). Origin of George Bank, *Bull. Geol. Soc. Am.*, XLV, 1934.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

marins, l'éminent géologue américain a eu l'idée de faire intervenir une notion, peu utilisée en matière d'érosion fluviale, celle de charge et d'abrasif. Il explique la création de sillons sous-marins de la côte atlantique des États-Unis par l'érosion des eaux chargées de boue pendant les périodes de régression dues à l'immobilisation des eaux continentales par les glaciations successives. Remarquons tout de suite l'insuffisance de cette hypothèse au point de vue de sa généralité. Elle n'explique ni le sillon du Congo, ni celui de l'Indus, ni même les rivières portugaises ou le Gouf de Cap Breton.

F. Kuenen [1] a fait, au laboratoire de géologie dynamique de Leyde, de très intéressantes expériences en vue de vérifier cette théorie. Le matériel passif était une vase, l'abrasif du sable. Il nous semble que le principal intérêt de ces expériences est de donner une explication correcte des sillons qui peuvent se former sous l'influence du flot de retour, sur les plages ou les vasières mais nullement d'incisions dans la roche dure, comme c'est le cas à Cap Breton ou au Portugal.

Pour être complet [2], il faut enfin signaler l'explication donnée par le commandant Gorceix de cette dernière fosse, et de ses cavités aveugles par des phénomènes de dissolution dans le gypse triasique [3]. Cette explication est à nouveau uniquement valable pour l'exemple cité ; elle ne peut nullement être invoquée pour des formes absolument analogues qui existent dans le sillon du Congo.

Il semble donc que nous soyons toujours amenés à la seule explication générale qui est celle de vallées subaériennes, recouvertes par la mer au cours d'une transgression.

Le plus fort appui de cette théorie est l'analogie entre ces sillons et les cours d'eau du plateau continental : Rhin, Seine auxquels il faut ajouter ceux que Molengraaf a décrit sur le Sunda Shelf et les rivières sous-marines de l'île Singkep dans les alluvions desquelles on exploite l'étain dont les gisements originels sont épuisés sur le continent.

Les objections que nous avons citées sont, en somme, les suivantes :

1. Kuenen (Ph. H.), Experiments in connection with Daly's hypothesis on the formation of submarine canyons. *Leidsche Geologische Mededeelingen*, vol. VIII, 1937, p. 316-351.

2. Une revue générale très objective de la question a été publiée dans la *Geographical Review*, XXVII, 1937, sous le titre : Submarine Canyons (sans nom d'auteur).

3. Des explications analogues avaient déjà été proposées par E. A. Martel et par Dubalen.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1° *la présence d'ombilics dans ces sillons;*
2° *un profil en travers trop étroit pour de basses vallées; une totale absence d'affluents;*
3° *une pente longitudinale trop forte, ou même convexe;*
4° *une extension de ces vallées jusqu'à une profondeur de l'ordre de 1.000 m. ou même plus* (*archipel de Bogoslow dans les Aléoutiennes*).

Il faut ajouter ici une remarque qui n'a jamais été faite : *la partie supérieure de ces sillons paraît se terminer en cirque à la cote — 200.* Le sillon ne peut être suivi sur le plateau continental actuel, ou une brisure de la pente (Congo) apparaît alors.

Nous allons examiner successivement ces quatre séries d'objections :

1° la présence d'ombilics, ou même, comme à Cap Breton, celle d'un étroit sillon de fond, peut se retrouver dans beaucoup de rivières ou de fleuves subaériens. Ces formes du lit rocheux sont classiques pour tous les constructeurs de barrages. Les ombilics ont été découverts par Maurice Lugeon dans l'Uruguay et ses affluents, et retrouvés partout ; les sillons sous-fluviaux, actuellement le plus souvent comblés d'alluvions, sont d'expérience courante et figurent notamment dans le Traité des frères Koechlin [1]. Tout ce que l'on peut noter à leur propos, c'est qu'ils témoignent en général d'une érosion puissante du fleuve, au moins dans le passé.

2° Une objection des plus importantes est tirée de la forme du profil en travers et de l'aspect véritablement en cañon de ces rivières sous-marines creusées en roche dure. C'est cette remarque qui a motivé l'appel aux failles, véritable *Deus ex machina* que rien ne vient justifier. Nous pourrions ici aussi faire appel à une érosion fluviale particulièrement violente, donc à une pente générale importante, comme nous allons le retrouver plus bas.

Je veux toutefois faire ici une remarque que j'estime importante. Si, à des profondeurs plus grandes que — 200, l'action des courants sous-marins est insuffisante pour expliquer une pareille érosion dans la roche, il n'en est peut-être pas de même à la partie supérieure du plateau continental et surtout dans les estuaires des mers à marées. Paul Walter a montré l'existence, dans la Seine maritime, de fosses d'érosions dues à la combinaison du courant fluvial et du jusant. J'ai, moi-même, observé que la combinaison de ces deux courants contribuait à la conserva-

1. Mécanisme de l'Eau, *op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tion, si ce n'est à l'érosion, des passes de l'estuaire du Sebou entre Port Lyautey et Méhédya.

Supposons donc que la transgression soit progressive, et surtout que la pente du continent s'accentue, hypothèse que nous serons amenés à formuler plus loin, le surcreusement du cañon peut-être dû à des actions sous-marines qui continuent naturellement celles du fleuve.

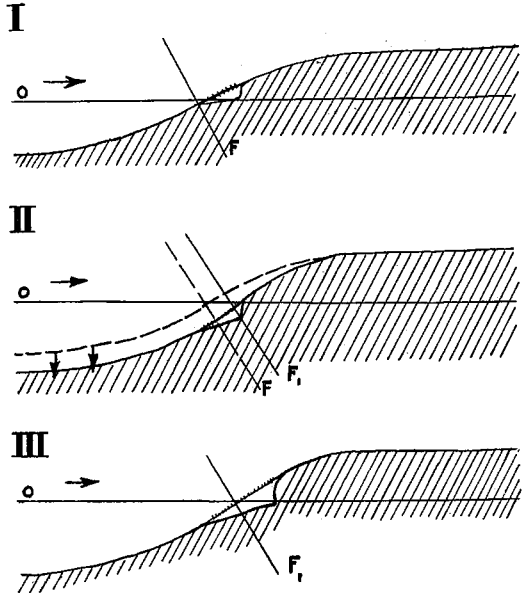


FIG. 7. — Esquisses schématiques tendant à mettre en relation le déplacement de la « flexure continentale » avec la formation successive de plateaux continentaux à pente de plus en plus accentuée.

I. *Position initiale du plateau continental.*

II. *Déplacement de la « flexure continentale » vers l'intérieur par suite d'un abaissement du fond des océans, entraînant une accentuation de la pente du plateau continental.*

III. *Position, amenant la formation d'un nouveau plateau continental. Les deux plateaux continentaux se coupent suivant un angle variable avec le déplacement de la flexure.*

Tentative d'explication.

Nous allons retrouver les mêmes difficultés pour la pente très élevée de ces rivières : 1 à 3 % comme nous l'avons vu plus haut. Deux solutions sont possibles à ce problème :

a Cette pente est originelle et due à un soulèvement progressif de la bordure du continent au cours d'une phase de régression (tuméfaction continentale). Les quatre fleuves côtiers du

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Maroc entre Casablanca et Rabat (oued Mellah, Cherrat, Nefifik et Ykem) et surtout les deux derniers, sont de véritables cañons. On peut en dire autant de beaucoup de rias ou de fjords.

b Si l'on suppose que la limite entre la forme en anticlinal du continent et la forme en synclinal de l'Océan, c'est-à-dire ce que j'ai appelé la *flexure continentale*[1], est en voie de migration vers l'intérieur des terres, migration qui occasionne donc une transgression marine, la partie supérieure du plateau continental prendra alors, comme le montre la figure suivante (fig. 7) une pente plus forte et sera portée, à l'abri, dans une zone plus profonde. Un autre plateau continental se constituera alors à partir d'un nouveau niveau de base de — 200.

L'accentuation de la pente de l'ancien plateau continental a comme résultat celui de la pente des vallées qui y étaient creusées, mais aussi une large possibilité de travail pour les courants sous-marins au cours de la période de transgression, c'est-à-dire de déformation.

Les deux phénomènes peuvent d'ailleurs jouer, mais une brisure dans le profil indique, selon moi, la séparation entre la partie déformée du profil et la plateforme d'abrasion nouvelle. Nous avons vu que, dans tous les exemples, cette brisure existe au moins à la cote — 200. Plusieurs ruptures dans la pente de la vallée sous-marine mettraient en évidence plusieurs plateaux continentaux, à pente d'autant plus rapide qu'ils sont plus anciens.

En résumé, la seule hypothèse générale que l'on puisse faire pour expliquer l'existence de cañons sous-marins est celle de leur creusement au cours d'une période de régression, suivie d'une période où, comme l'indiquait déjà Haug, l'ablation marine peut tronquer ce profil.

Si l'on tire de cette hypothèse toutes ses conclusions, nous sommes donc amenés à dire :

1° *qu'il existe plusieurs plateaux continentaux ;*

2° *que les plus anciens de ces plateaux doivent se trouver dans la zone synclinale de la déformation ;*

3° l'excès de pente de ces plateaux sur la normale *est proportionnel à l'importance de la déformation anticlinale du conti-*

1. J. Bourcart. Résultats d'ensemble d'une étude du Quaternaire et du Pliocène marin du littoral atlantique du Maroc et du Portugal. *C. R. IVe Congrès des géogr. et ethnogr. slaves,* Sofia, 1935.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

nent. Il en résulte une conséquence immédiate sur la largeur du dernier plateau continental.

Il est peut-être possible, en étudiant les déformations des plateaux et surtout celles des rivières sous-marines, de tracer des cartes d'*isobases*, indiquant la valeur de la déformation.

Pluralité des plateaux continentaux.

Il semble que les faits observés cadrent avec ces trois propositions. Nous avons déjà vu que la largeur du plateau continental est très variable. On peut formuler cette règle comme le fait Novak : « plus la terre est élevée, plus la marge continentale est étroite. » J'ai tenté, à l'aide de la dernière carte bathymétrique des Océans de déterminer approximativement ces dimensions et les cotes de base des divers plateaux qui forment la côte Euro-africaine de l'Atlantique. On trouvera à la suite une carte bathymétrique et une planche de coupes de la côte de Tanger au Sénégal, d'après les résultats des sondages de Gérard Belloc et quelques autres sources récentes (p. 455 et 457)[1].

Les plateaux continentaux de la côte orientale de l'Océan Atlantique.

Côte du Groenland.

Région de Scoresby Sund.	bordure très étroite du plateau 0-200; large développement du plateau — 200-500, talus et chute vers — 1.200-2.000. (rivières sous-marines ?)
De la côte de Blosseville à Angmassalik.	large développement du plateau 0-200; — — — 0-500; le plateau 0-500 se prolonge en se rétrécissant vers le SE et se trouve être le même que celui de la côte ouest d'Islande, puis c'est la chute en pente douce vers — 2.000.
SE de Groenland.	Plateau 0-200 en bande assez étroite. — 0-500 — Talus et chute vers — 1.500-2.000.

Ile Jean Mayen.

Côte nord.	Bande très étroite du plateau continental et chute immédiate sur — 2.000 m.

1. Je dois ici remercier très particulièrement mon élève Claude Francis-Bœuf qui m'a aidé à recueillir toute la documentation utilisée dans ce travail.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Côte sud.

Développement du plateau 0-200.
— équivalent du plateau — 200-500.
— — du plateau — 500-1.000.
(Ce dernier se prolonge longtemps en pointe vers le Sud. Il n'y a pas de chute brusque vers les grandes profondeurs).

Islande.

Côte nord.

Plateau 0-200, particulièrement bien découpé avec des rentrants du plateau — 200-500 qui semblent indiquer ainsi le prolongement des fjords.
Le plateau 0-200 se développe plus largement au large du Cap Nord.
Le plateau — 200-500 se développe bien tout au long de la Côte septentrionale, avec à l'W la particularité de se raccorder à celui du Groenland et surtout au SE de se raccorder avec celui des Faeroer, (qui est au contraire séparé du Nord de l'Écosse par des fonds de — 1.200-1.500).

Islande.

Côte sud.

Plateau de 0-200 se développe normalement.
Au SW saillie importante du plateau — 500 qui semble prolonger Breidi Fjordur.
Au SE nombreuses saillies du plateau — 500, mais ces traces de prolongements de fjords ne correspondent pas à des fjords existant à l'heure actuelle.
Plateau — 200-500 est bien développé au SW, mais est inexistant au SE (sauf pour former les fjords sous-marins) et la chute vers — 1.500 se fait brusquement.

Faeroer.

Large développement de la plateforme 0-200.
Bande assez large du plateau — 200-500, en raccord par le Nord avec celui d'Islande. Particulièrement bien développé vers le SW où il porte une assez large plateforme de 0-200 avec hauts fonds de 88 m.
Existence également d'un plateau — 500-100.
Pas de chute brusque vers les grands fonds.
Le dernier plateau se raccorde à celui du Nord de l'Écosse par un col très étroit.
Ailleurs les Faeroer sont séparées des plateaux écossais par des fonds de — 1.200 environ, qui sont alignés et qui semblent avoir la direction SW-NE des plissements calédoniens (faille ?).

Banc de Rockall. (fig. 8)

Rockall, altitude 21 m.
Plateau largement développé 0-200.
Plateau — — — 200-500 (sauf à l'Est).
Plateau — — — 500-1000 (sauf à l'Est et Sud-Est).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Nord-Ouest de l'Écosse.
- Plateau 0-200 très large comprenant les Orcades. — Shetland. — Hébrides.
- Chute rapide vers — 1.500-2.000.

Ouest de l'Irlande.

Banc de Porcupine. (fig. 9)
- Plateau 0-200 large.
- Plateau — 200-500 très développé jusqu'au banc de Porcupine où l'on retrouve un petit plateau 0-200 — 200-500.
- A l'Ouest du banc chute vers — 2.000.
- Au SE existence du plateau — 500-1.000, et pas de chute brusque, mais descente douce vers — 4.000.

Entrée ouest de la Manche.
- Très large plateau 0-200 jusqu'à la Grande et Petite Sole.
- Chute brusque vers - 2.000-4.000.

Côte ouest de France.

Jusqu'à la fosse de Cap Breton.
- Plateau 0-200 bien développé.
- Talus et chute vers — 1.200-2.000.

Côte nord d'Espagne.
- Faible liséré du plateau 0-200.
- Immédiatement, ou presque, chute sur — 3.000.

Côte du Portugal.
- Plateau 0-200 médiocrement développé.
- Plateau — 200-500 existe entre le Douro et le Tage.
- Traces des rivières sous-marines Tage, Sado, et Nazaré.

Entrée ouest de Gibraltar.
- Bande du plateau 0-200.
- Existence du plateau — 200-500 en communication avec celui de la Méditerranée.
- Existence du plateau — 500-1000.
- Chute en pente douce vers les plus grandes profondeurs.

Côte du Maroc.
- Plateau 0-200 en bande étroite.
- Plateau aux environs de — 400, chute assez rapide sur — 1.500 et plus.
- Au Nord du Cap Juby le plateau 0-200 se développe plus largement.

Côte de Mauritanie.

Jusqu'au Cap Blanc.
- Plateau 0-200 en bande assez large.
- Il semble exister un plateau — 500, mais il n'est vraiment visible que dans la région nord de la côte.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Du Cap Blanc à Dakar.	Au Sud du Cap Blanc, large développement du plateau 0-200 et chute brusque sur les grandes profondeurs. Au Nord du Cap Vert le plateau 0-200 s'amincit jusqu'à disparaître presque complètement. Entre le Cap Blanc et le Cap Vert on peut voir un plateau — 200-500 peu développé un plateau — 500-100 — Descente douce vers les grandes profondeurs, sauf au Cap Vert où le talus est très rude.

Côte d'Afrique occidentale.

De Dakar à Monrovia.	Large plateau 0-200. En face de la côte de l'Ouest de la Guinée Française : existence des plateaux — 200-500. — — 500-1.000. Ailleurs la chute vers les grandes profondeurs est rapide.
Côte de Libéria.	Petite bande du plateau 0-200. Mince liséré — 200-500. Chute immédiate sur — 2.000.
Côte d'Ivoire.	Les isobathes de — 1.500 viennent presque à toucher la côte.
Côte d'Or.	Cap des Trois pointes, assez grande avancée du plateau 0-200, avec chute immédiate vers — 5.000.
Dahomey-Nigéria.	Petite bande du plateau 0-200, avec chute rapide sur — 2.000.
Delta du Niger.	Bande moyenne de 0-200. Mince liséré — 200-500.

Côte d'Afrique équatoriale.

	Bande moyenne du plateau 0-200. Inexistence du plateau — 200-500 d'où talus raide mais sur un plateau — 500-100 assez large (en face de la Guinée Espagnole).
Congo.	Plateau 0-200. Petits plateaux — 200-500. — — 500-100. Prolongement sous-marin du Congo très net.
Angola.	Inexistence des plateaux, les isobathes — 1.500-2.000 touchant la côte.

Sud Ouest Africain.	Développement normal du plateau 0-200, particulièrement marqué en face de l'embouchure de l'Orange.
Jusqu'au Cap.	Développement équivalent du plateau — 200-500 surtout marqué au Sud de l'embouchure de l'Orange. Mince liséré du plateau — 500-1000. Descente douce vers les grands fonds.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il est évident que les chiffres qui ont été portés sur le tableau précédent n'ont qu'une valeur relative. Si le plateau continental commence, en effet, à être bien connu en Europe et sur les côtes des États-Unis, depuis que les Services scientifiques des Pêches maritimes ont compris le grand intérêt de l'étude systématique des fonds chalutables, il n'en est guère de même au Sud de Dakar ou de la Floride. Nous aurions eu une précision encore plus grande, en y introduisant les chiffres de la côte américaine. Les travaux de l'U. S. Coast and Geodetic Survey, ceux de D. W. Johnson, ceux de Shepard, etc., nous ont permis de connaître de véritables paysages continentaux submergés, comme ceux du Golfe du Maine et des Bancs.

Ajoutons quelques chiffres, empruntés à Novak : D'après Zimmermann, le plateau antarctique a une profondeur variant entre — 250 et — 600 m., celui de la côte occidentale de la Scandinavie, étudié avec tant de détails par F. Nansen, varie entre — 80 et — 300 m. « Au Nord de cette péninsule, le fond de la mer se trouve à — 660 m., sans rupture de la pente qui est douce (à part quelques cañons sous-marins). Une grande partie du bassin polaire, du Nord de l'Europe jusqu'au Spitzberg n'atteint pas — 500 m. ; au large du Labrador, le bord extérieur du plateau atteint — 350 à — 400 m. Une exception importante, en dehors des mers polaires, est celle du large des côtes du NE de l'Australie : entre 14° et 22° de latitude Sud, le fond de la mer descend sans interruption notable jusqu'à — 1.100 m. ou davantage[1] ».

Il semble donc que l'on puisse mettre en évidence plusieurs plateaux continentaux :

Un premier à topographie toujours assez variée et qui porte des sillons ou des deltas sous-marins *correspondant aux fleuves actuels*, est à peu près limité vers le large, comme on le dit classiquement, par l'isobathe de 100 brasses (183 m.) ; mais, dans certains cas, sa profondeur ne dépasse pas 100 m. Pour délimiter ce plateau, il faut évidemment, non pas se baser, comme on le fait habituellement, sur le tracé, du reste hypothétique, de l'isobathe de — 200 m., mais, comme l'a fait D. W. Johnson, rechercher la rupture de pente de son talus terminal. Toutefois, en moyenne, les résultats ne sont pas très différents.

Une seconde série de plateaux, commençant à la cote de base des premiers, se terminerait au large, à une cote variant entre

1. v. J. Novak, *op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

— 400 et — 500 m. La pente de cette catégorie de plateaux est le plus souvent plus raide que celle des précédents. Leur extension, très grande dans les régions arctiques — tout l'Océan Glacial leur appartient — et autour des bancs de Rockall et

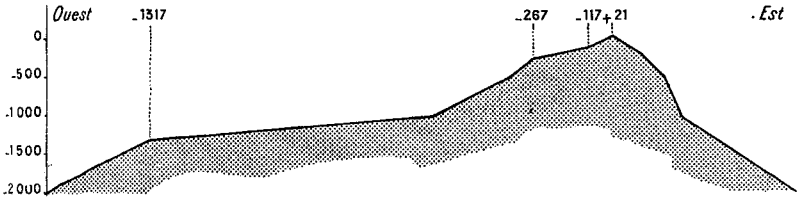


FIG. 8. — Banc de Rockall Nord-Atlantique
(d'après la carte bathymétrique générale des Océans (Monaco 1930).

de Porcupine (fig. 8 et 9), est particulièrement limitée aux basses latitudes. Elle reprend une grande importance dans l'Antarctique.

Ce plateau continental se marque assez nettement aux extrémités de certaines chaînes de montagne (au sens orographique du mot, c'est-à-dire anticlinaux de deuxième ordre) : chaîne galégo-pyrénéenne au Cap Finisterre, chaîne atlasique au si

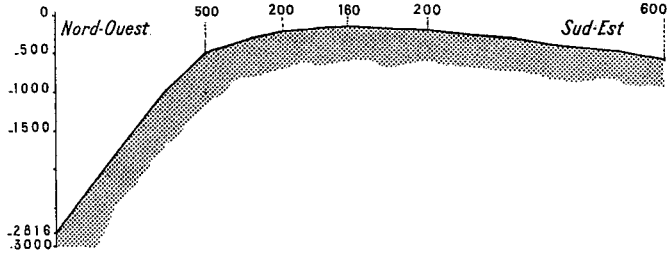


FIG. 9. — Banc de Porcupine (W de l'Irlande).

remarquable cap sous-marin qui la prolonge sur la côte des Hahas. Ce plateau existe, en outre, au Cap des Trois Pointes, en Guinée, alors qu'au Cap des Palmes, un peu plus à l'Ouest, la côte d'Afrique est presque directement bordée par l'isobathe de — 2.000.

Ce second type de plateau porte souvent des cañons sous-marins, toujours tronqués ou brisés à la cote — 200 m.

Un troisième se terminerait au voisinage de la cote — 1.000 m.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

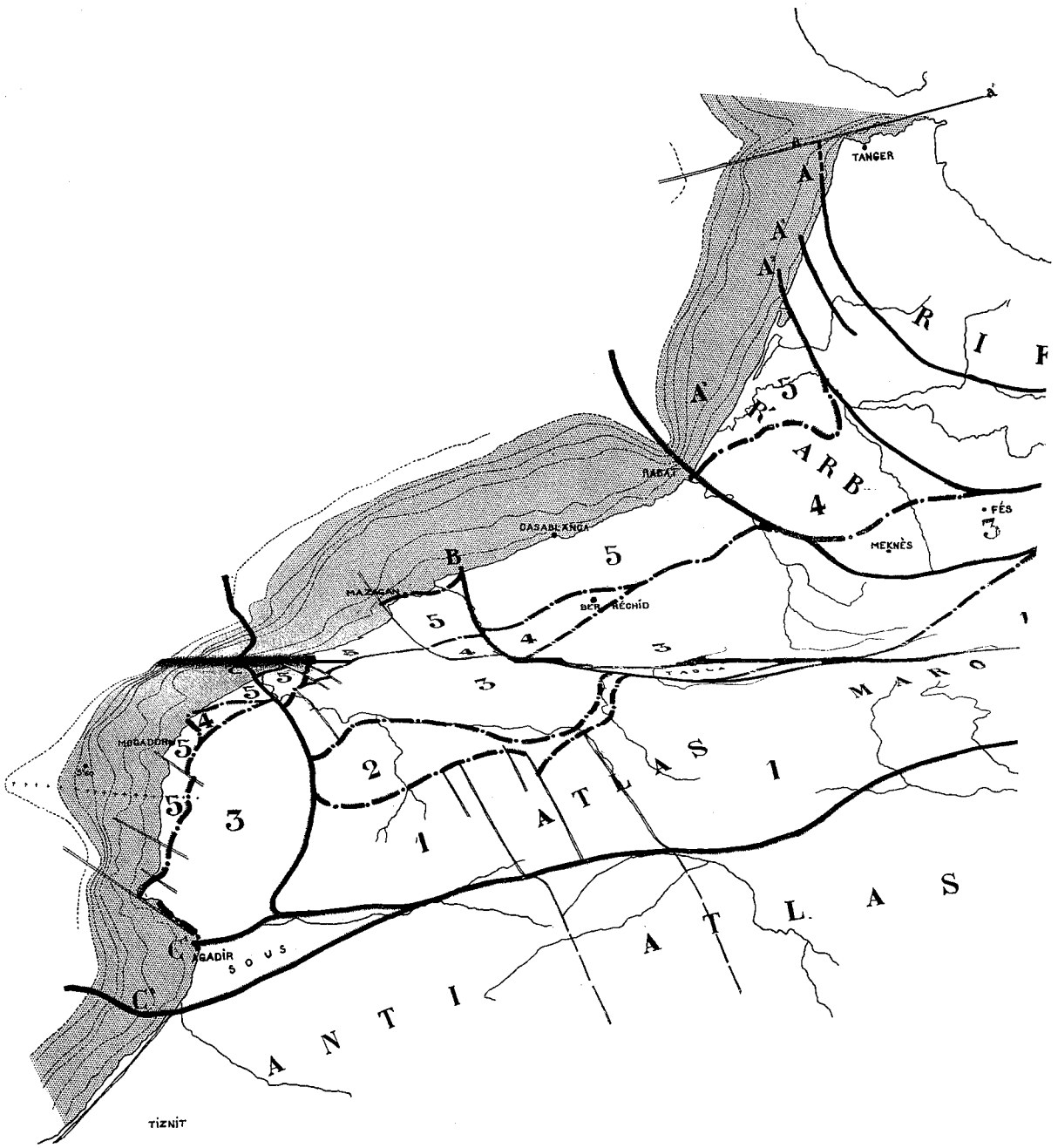


FIG. 10. — Carte des déformations quaternaires du Maroc d'après l'auteur
(Résultats d'ensemble d'une étude du Quaternaire et du Pliocène marin du littoral atlantique du Maroc et du Portugal, *op. cit.*) et la bathymétrie d'après les sondages de Gérard Belloc (*op. cit.*)
1, 3, 5, zones anticlinales atlantiques.
2, 4, zones synclinales atlantiques.
A, B. C, flexures méditerranéennes.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ces trois plateaux avaient déjà été remarqués par plusieurs auteurs et attribués à des stades différents d'une régression marine. Mais, remarque Novak : « dans ce cas, on s'attendrait à voir la plaine continentale coupée par des plaines ou pénéplaines en escaliers, l'une au-dessous de l'autre. Mais on n'a trouvé ces conditions réalisées qu'autour des îles japonaises, d'après Yabe et Tayana. » Ce n'est pas une marche qui marque cette limite, mais, comme nous l'avons vu, une rupture de pente ou au moins une augmentation progressive de la pente.

Je propose d'interpréter cette pluralité des plateaux qui constitue ce que j'ai appelé dans mon titre la Marge Continentale, par l'hypothèse suivante, vérifiable directement, comme l'ont montré les dragages, malheureusement trop rares, au large des côtes marocaines :

Le plateau n° 1 (0 à — 200) serait le reste de la dernière régression (Paléolithique moyen = Acheuléo-moustiérien) dont il porte les témoins d'origine fluviatile ou subaérienne : cailloux à patine ferrique, limons rouges. Cette régression s'encadre entre la transgression tyrrhénienne et la transgression normanno-flandrienne. Il est bien entendu que de petites oscillations, positives ou négatives, peuvent accidenter ce grand mouvement oscillatoire. Ce plateau n'a été déformé que dans les zones, en général des anticlinaux de deuxième ordre, qui ont subi l'orogénèse post-acheuléo-moustiérienne.

Le plateau n° 2 (— 200 à — 500 m.) correspond soit à la seule régression du Pliocène supérieur (Calabrien-Villafranchien) qui a été très importante, soit, partiellement, à la régression qui, dans l'Atlantique paraît épisodique, entre le Sicilien et le Tyrrhénien. Mais cette régression, qui est très nette en Italie (ce sont les tufs lithoïdes à plantes que A. C. Blanc a décrits au Canal Mussolini) n'a été signalée au Maroc qu'au seul Cap Rhir (Aferni)[1], dans l'Atlas Marocain. On peut, peut-être, lui assimiler certains niveaux régressifs de Grande-Bretagne, crag de Chillesford ou Forest-bed. En supposant qu'elle soit générale, elle a été en partie effacée par la régression postérieure.

Le plateau n° 3, de beaucoup le plus rarement conservé, correspondrait à la régression pontique ; il ne serait observable qu'en dehors du champ des déformations alpines.

Il est bien entendu que, comme c'est le cas pour les traces de

1. D. Jaranoff, *op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

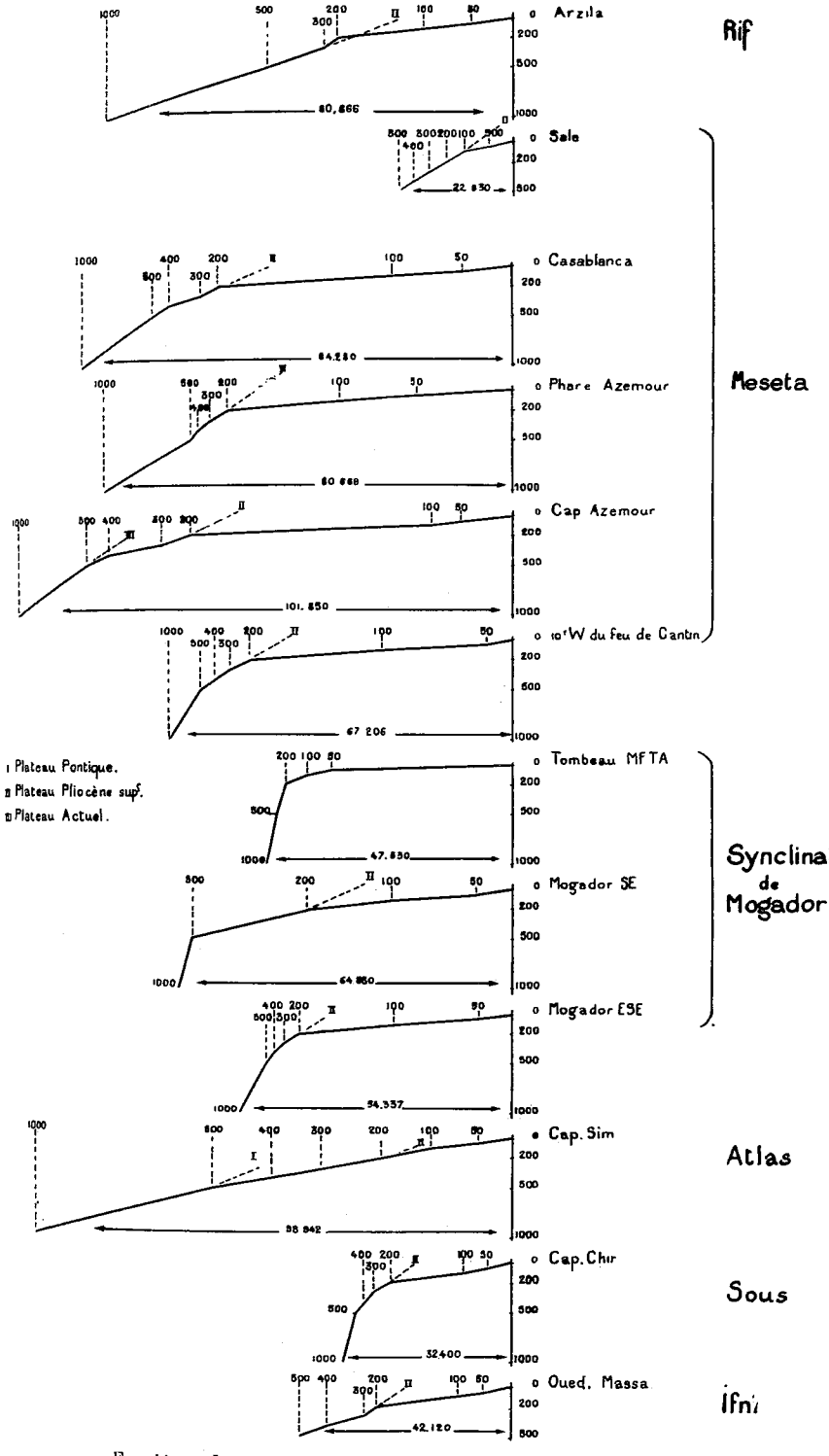


FIG. 11. — Les plateaux continentaux du Maroc Atlantique. Coupes exécutées d'après la carte précédente (*fig. 10*).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

la mer transgressive, dites « plages soulevées », c'est l'ordre de grandeur de la différence *relative* de niveau qui permet de qualifier ces plateaux et non leur cote absolue.

Implicitement, en discutant cette hypothèse, nous avons débordé sur une question capitale, celle de l'*origine* du plateau continental. En fait, elle a été traitée tout du long de cet exposé.

Les théories qui ont été proposées sont les suivantes :

Tout d'abord, l'origine marine. Elle a été essentiellement soutenue par Buchanan, W. Ramsay, F. von Richtoffen. Les principales critiques qui se sont élevées contre elles et que nous avons déjà résumées d'après (Daly, 1915 ; Douglas W. Johnson, 1919, p. 225-228, Novak) sont basées sur l'insuffisance manifeste des possibilités de l'abrasion marine, agissant isolément. Les mêmes critiques ont été faites (Novak) contre une théorie qui supposerait que le plateau continental est dû au remblayage par étalement des dépôts terrigènes. Quoi qu'il en soit, l'analyse des faits nous a montré qu'il y a lieu de retenir une grande part des faits invoqués par cette théorie, sous ses deux aspects.

Une seconde théorie, essentiellement due à Wegener, est celle de la création du socle continental (et il semble que l'auteur ait eu surtout en vue le plateau 0 à — 200) par une série de failles le limitant contre les océans essentiellement « simiques ». La critique directe de cette théorie, valable peut-être pour le Pacifique, où il existe réellement une surface de discontinuité a été faite, comme nous l'avons vu, par Gutenberg qui a étudié les vitesses de propagation des séismes sur le fond des Océans.

L'existence de plateaux essentiellement sialiques, comme Rockall, obligerait d'ailleurs, à les incorporer dans le Plateau Continental, comme tous les bancs de — 400 à — 500 de l'Atlantique nord. L'expressive morphologie de la marge continentale de cet océan, au large du Portugal jusqu'à des profondeurs dépassant largement 1.000 m., nous conduit à la même conclusion. Les traits majeurs de la tectonique terrestre : synclinal du Mésozoïque portugais, anticlinal de Cintra et même ligne de failles du Tage, se retrouvent très loin au large. Les conclusions de l'étude pétrographique des Canaries obligent aussi à considérer ces îles comme faisant partie de la masse sialique.

La troisième théorie, dont Haug et Boule, en France, ont été les premiers défenseurs, veut que le plateau continental se soit formé par ablation et dépôts subaériens, *au cours d'une période*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de régression. Elle a été plus ou moins implicitement adoptée aujourd'hui par les différents géologues ou morphologistes qui s'occupent du Quaternaire ; mais la doctrine a surtout été exposée, avec éclat, dans les derniers livres de Daly. Tous les auteurs, sauf Haug, mettent le phénomène en relation avec le stockage de l'eau atmosphérique au cours des glaciations du Quaternaire.

C'est aussi à cette doctrine que se rallie Novak ; à ceci près, qu'il considère que le premier plateau se serait formé au cours d'une seule phase régressive, allant du Pontique à notre temps. L'éminent géographe tchèque justifie cette manière de voir en s'appuyant sur la lenteur de l'abrasion marine, lenteur sur laquelle j'ai moi-même insisté avec plus de scepticisme à l'égard des chiffres donnés dans les manuels qu'en professait même D. W. Johnson qui a fourni à Novak la plupart de ses arguments.

Celui-ci, comparant les temps que les auteurs de différents chronomètres géologiques ont donné pour les diverses périodes du Quaternaire et du Tertiaire supérieur et les valeurs très faibles données pour exprimer l'importance de la démolition par les vagues et de l'abrasion marine consécutive sur les côtes de roches dures, estime qu'il faut recourir à des phénomènes d'un autre ordre, la pénéplanation subaérienne pour expliquer la formation du plateau de 0 à — 200 et, pour la réaliser, il se donne tout le vaste espace de temps qui va du Pontien à l'époque actuelle avec ses alternatives d'émersions et de submersions.

Mais cet espace de temps me paraît aussi insuffisant pour réaliser une pénéplaine que pour parfaire une surface d'abrasion marine. Je ne veux pas ici encore critiquer cette notion. Qu'il me suffise de remarquer que le mot évoque quelque chose de net quand il s'agit de la pénéplaine prétriasique ou précambrienne, mais, quand il s'agit, par exemple, de la pénéplaine dite de Briquet, qui tronque les unités morphologiques du Bassin de Paris, l'interprétation par le seul jeu de l'ablation subaérienne étonne tellement que des géologues, spécialisés dans l'étude des sédiments meubles du Tertiaire, la considèrent comme une sorte de plaine littorale. Le même manque de temps pour réaliser le travail d'ablation nécessaire a, d'ailleurs, été souligné à propos de cas beaucoup plus simples, pour le creusement de très grandes gorges du Portugal, celle du Minho par exemple, postérieurement au Pliocène supérieur, notamment par Lautensach, de même pour celui de certains cañons côtiers du Maroc (Rabat-Casablanca ou côte des Hahas) à partir seulement du Paléoli-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

thique supérieur [1]. Le corps de doctrine élaboré par les « physiographes » et qui trouve sa pleine expression dans les ouvrages classiques du général de la Noë et d'Emmanuel de Margerie ou de W. M. Davis, et qui attribue tout, dans la formation du relief continental, aux actions de l'érosion subaérienne, a subi bien des atteintes, dès le livre de Walther Penck. Les idées, tournées en dérision, de Léopold von Buch et d'Élie de Beaumont, redeviennent, à peine modifiées, à l'ordre du jour et, dans bien des Mémoires, on trouve un appel, de plus en plus grand, à la création du relief par des actions d'origine interne. Si la Terre se déforme donc sous nos yeux en créant des reliefs, il me semble aussi indubitable que l'inverse puisse se produire et que des déformations tectoniques, affaissements et détentes, doivent, l'une et l'autre concourir à la création d'aplanissements. Je reviendrai plus loin sur cette difficile question.

Faisant donc la part de ces déformation du géoïde, le plateau continental me paraît résulter d'actions d'ablations, à la fois continentales et marines. C'était déjà l'opinion exprimée par Haug, à la fin du premier volume de son Traité [2]. Le plateau continental est le reste d'une ancienne bordure littorale du continent, envahie par la dernière transgression « et l'on doit admettre que, lors de cette nouvelle submersion, il s'est formé, sous l'action des vagues, une nouvelle plate-forme littorale, qui a donné, graduellement, naissance au seuil continental actuel ».

Les oscillations du cycle Pontien-Actuel à l'origine des plateaux successifs de la Marge continentale.

Mais je pense qu'il existe trois bordures de cet ordre, formées chacune lors des trois périodes principales de régression qui coupent le cycle géologique Pontien-Actuel, et biseautées au cours des trois périodes de transgressions qui les suivent.

J'ai montré dans de nombreuses publications la réalité de ce rythme au Maroc et au Portugal, sur le littoral atlantique et qu'on peut l'étendre à tout le bassin méditerranéen.

Les transgressions et les régressions s'y feraient suivant le schéma suivant :

a) régression pontique
1) *transgression plaisancienne*

1. Jacques Bourcart, *op. cit.*, *B. S. G. F.*, 1927.
2. I, p. 183.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

b) régression villafranchienne
2) *transgression tyrrhénienne*
c) régression grimaldienne (acheuléo-moustiérienne)
3) *transgression flandrienne.*

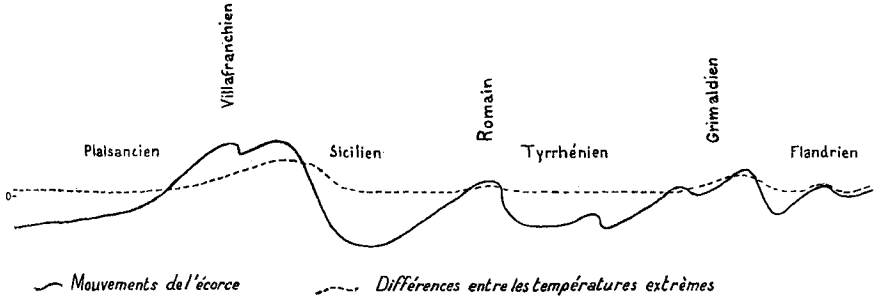


FIG. 12.

Dans ce schéma, très différent de celui de Depéret, je mettrai l'accent, non sur les transgressions, mais sur les *régressions* dont l'étude est beaucoup plus riche d'enseignements, mais, qui doit comme nous l'avons vu, être poursuivie par dragages sous-marins.

La généralité de la transgression tyrrhénienne (l'oscillation secondaire milazzienne de Depéret semble, d'après Gignoux [1], devoir lui être incorporée, comme d'après Solignac et Denizot, l'oscillation monastirienne) a été démontrée par C. Arambourg sur le littoral d'Alger [2], par A. C. Blanc dans les Marais Pontins et par moi-même à Toulon, enfin par Mitsopoulos et des auteurs italiens dans le Bassin Egéen.

La généralité de la transgression plaisancienne, et de la régression consécutive, est admise par tous en Méditerranée et au Portugal. En Europe occidentale, l'exception apparente du Redonien, équivalent pour Haug du Pontien, semble actuellement abandonnée ; M. Gignoux attribue maintenant les sables de Saint-Jean de la Poterie au Pliocène. Cet âge devient alors celui des sables rouges de la Bretagne qu'Yves Milon a démontré être marins. Le Diestien est également rapporté par Gignoux au Pliocène ; les Lenham beds seraient les témoins d'une Manche pliocène transgressive. La régression se poursuivrait à travers les « crags », jusqu'au Norwich crag villafranchien.

Novak remarque qu'il existe même des corrélations beaucoup

1. *Op. cit.*, 2e éd., p. 647.
2. La grotte de la carrière Anglade à Guyotville *B. S. H. N. Af. du Nord*, XXXVI, p. 15-22, janv. 1935.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plus éloignées ; mais évidemment, de ce fait, plus sujettes à la critique : les oscillations régressives du Choctawhatchee de Floride et de la formation de Paranà en Argentine correspondraient exactement à celle du Pontien en Europe [1].

Une correspondance aussi curieuse a été relevée par Krige entre les oscillations transgressives et régressives qu'il a étudiées avec une très grande précision en Afrique du Sud et celles de l'Afrique du Nord. Enfin, Daly a insisté, plusieurs fois, sur la généralité mondiale, même dans les îles océaniques, de la transgression de + 6 mètres.

Des oscillations régressives ou transgressives de second ordre ou, si l'on veut, intermédiaires, ont été mises en évidence en Méditerranée : l'oscillation transgressive *sicilienne* (Döderlein, Depéret, Gignoux) et l'oscillation régressive, que j'appellerai *romaine*: celle des tufs lithoïdes à plantes découverts par A. C. Blanc, dans les Marais Pontins, entre les argiles siciliennes marines et les couches à Strombes du Canal Mussolini. Il semble qu'en dehors des oscillations du Massif Scandinave, où la question est beaucoup plus complexe, le seul exemple de ces deux phases, soit celui de la coupe que D. Jaranoff a décrite sur les pentes de l'Aferni (Cap Rhir, Atlas marocain).

Mais les géologues locaux parlent encore de plus petites oscillations et l'on parle maintenant d'un Tyrrhénien I et d'un Tyrrhénien II.

Il résulte de ces faits une bien curieuse conséquence. A mesure que l'on étudie le Quaternaire, les exemples de déformations locales, de gauchissement de la limite entre le continent et la mer se multiplient, et les corrélations de niveaux données par le général de Lamothe et Depéret sont critiquées ; mais chaque fois qu'un géologue essaie de généraliser, malgré l'insuffisance de la documentation, en quantité et en valeur, et la difficulté des corrélations lointaines, l'idée de la généralité et de la contemporanéité des périodes de régression et de transgression au cours du cycle Pontien-Actuel, s'impose à son esprit, au moins pour un ensemble continental. L'analogie des résultats obtenus le long d'un méridien : Rio de Oro-Portugal, et le long d'un parallèle : axe de la Méditerranée, semblent valoriser cette hypothèse.

Vu à une autre échelle, le phénomène paraît le même pour les grandes transgressions qui coupent les actes du drame géo-

1. Cf. A. M. Davies. Tertiary Faunas, II, Londres, 1928.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

logique : transgression cambro-ordovicienne, régression permo-carbonifère, transgression cénomanienne et, peut-être, avec un intervalle moindre, régression aquitanienne, transgression burdigalienne.

Mais les conditions même du travail, en Géologie, et particulièrement le fait que les couches marines sont datées par des Invertébrés planktoniques et les couches continentales par des Vertébrés ou des Gastéropodes Pulmonés, rendent cette histoire presque impossible à écrire. C'est ce qui ressort de la longue enquête de Haug, comme de tous les autres travaux postérieurs.

Est-il possible alors, et surtout pour les périodes récentes, où les méthodes stratigraphiques paraissent le plus critiquables, de trouver d'autres méthodes d'études qui permettraient de vérifier les courbes par superposition ?

Si l'on étudie au Maroc, et cela a encore été fait bien grossièrement, le cycle Pontien-Actuel, on est frappé par deux faits :

1° les périodes de régressions correspondent à une activité considérable de l'ablation subaérienne et du transport fluvial ; elles sont marquées par des dépôts dont les caractéristiques géochimiques sont comparables.

Les cailloutis du Villafranchien sont emballés dans des sables et des limons rouges, très semblables à ceux de la période acheuléo-moustiérienne. Cette dernière comporte, au Maroc et au Portugal, de véritables *terra rossa*, tandis que D. Jaranoff, au Maroc et G. Zbyszewski, au Portugal, retrouvent, au Villafranchien, des formations analogues aux grès ferrugineux du Soudan, presque des latérites, dont le Pontien offre alors jusqu'en Bulgarie, des exemples certains, correspondant dans les parties basses à des chotts calcaires à faune tropicale (Pikermi, Salonique, Skoplje, etc).

En Algérie, Aquitanien, Pontien, Pliocène supérieur sont mimétiques, comme facies, et même comme faune d'Hélicidés.

Nous sommes conduits, d'ailleurs, à superposer à cette notion de facies rouge et détritique des dépôts, celle d'activité orogénique, dans tout le Bassin méditerranéen.

L'idée que ces périodes régressives sont des périodes de climat chaud, savanien, comme je l'ai souvent exprimé, est manifestement trop simpliste.

En effet, en Italie, et probablement à Gibraltar, la période devient progressivement de plus en plus froide. A. C. Blanc assimile une partie des formations régressive du Canal Musso-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

lini au Wurmien. Il y a peut-être lieu de rappeler ici que de nombreux auteurs avaient envisagé une glaciation au Pliocène supérieur.

Cette opposition de faits nous amènerait à émettre l'hypothèse que *les périodes régressives sont caractérisées par des climats très variés, mais certainement de type continental.*

Que dire à ce point de vue des époques de transgression, dont les dépôts continentaux sont en général très mal connus ? Le Maroc, et probablement toute l'Afrique du Nord, nous offrent un certain nombre de faits utilisables :

Le Pliocène ancien, le Tyrrhénien, le Paléolithique supérieur (équivalent du Cycle normanno-flandrien) correspondent à des dépôts continentaux, fins, calibrés, à un minimum d'érosion et à de grands lacs. Un grand lac pliocène, débutant par des couches à *Hipparion* couvre le Maroc Oriental ; la sédimentation fine s'arrête au Villafranchien. Au Tyrrhénien, nous avons les grands lacs du Saïs, du Tadla et des lettes interdunaires de la côte. Plusieurs de ces lacs subsistent à travers la période acheuléo-moustiérienne (Saïs, Tadla) ; mais alors, ils deviennent des chotts dont les craies montrent un certain apport de matériaux rouges. Le lac, à craies calcaires, de Mçoun, les marnes colossalement épaisses du golfe du Sébou, semblent devoir être rapportées à la dernière période transgressive (Paléolithique supérieur-Néolithique).

Une pareille alternance entre des formations lacustres, grises, vertes ou blanches et des formations détritiques rouges, caractérise, comme je l'ai montré, le rythme saharien [1] et nous pouvons ainsi trouver de bonnes corrélations avec l'Égypte. Ces périodes de climat humide, maritime et uniforme, en Afrique du Nord, correspondent à des intervalles de calme orogénique.

Je souligne tout de suite une opposition entre mes vues actuelles et les assimilations classiques : *les périodes pluviales de l'Afrique* (et on peut tenter ici une vérification suivant méridien et parallèle en tentant une corrélation entre les observations sur la Berbérie et celles sur l'Égypte ; ces dernières ayant déjà été mises en relation avec l'Afrique du Sud) *ne correspondraient pas aux périodes glaciaires de l'Europe. Elles tomberaient, au contraire*, comme semblent le montrer les observations de A. C. Blanc, *dans l'intervalle de transgression, qui est interglaciaire.*

1. J. Bourcart. Sahara algérien. *Géol. Min. de la France d'O. M.*, Paris, 1932 p. 181-204.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Nous sommes ainsi ramenés à une idée déjà assez ancienne, exprimée par A. W. Ramsay : il existerait dans les cycles géologiques, une alternance de périodes *miothermes* « où le climat permet l'établissement de glaciers qui ont suivi immédiatement les périodes caractérisées par l'importance des mouvements orogéniques, tandis que les périodes *pliothermes*, à température moyenne élevée, sont des périodes réputées tranquilles, où la mer couvrait de vastes surfaces et où les reliefs montagneux étaient déjà dégradés et réduits à faible altitude [1] ».

A ces qualificatifs, inspirés par l'étude des régions septentrionales de l'Europe, j'ai proposé, par analogie avec les termes que Moebius a introduit en Océonographie, de substituer *eurytherme* (pour miotherme) et *sténotherme* (pour pliotherme).

On peut être tenté de généraliser encore cette hypothèse et de l'étendre à l'ensemble des temps géologiques ; mais, évidemment avec un degré croissant d'imprécision.

Je reproduis ci-dessous (fig. 13) le schéma bien connu de Schuchert que l'on comparera à celui que je donne pour le cycle Pontien-Actuel au Maroc (fig. 12).

Les idées de Schuchert ont inspiré Joly et Gutenberg dans leurs spéculations sur la correspondance des climats continentaux, des périodes de régression et d'orogénèse et celle des climats uniformes avec les périodes de calme orogénique et de transgressions.

L'analyse des successions de crises volcaniques et des variations magmatiques peut conduire à des oppositions analogues : les éruptions basaltiques ou effusives correspondant aux époques de calme (ou de détente), les éruptions acides ou mésolithiques aux périodes d'activité orogénique.

Il est d'ailleurs entendu que, comme l'ont montré divers auteurs, notamment Svante Arrhenius, ces divers phénomènes interfèrent les uns sur les autres.

Si nous étendons à l'ensemble des temps géologiques la théorie que nous venons de déduire des phénomènes observés au cours du cycle Pontien-Actuel, nous serons amenés, comme Schuchert et Joly, à nous représenter l'histoire de la Terre comme une pièce en plusieurs actes, séparés par de profondes transformations géographiques et morphologiques, ce que Joly appelle les « révolutions ». Chaque acte est lui-même fait d'une série d'oscillations de la croûte, de pulsations, si j'emprunte le

1. E. Haug. Traité de Géologie, II, p. 1922.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

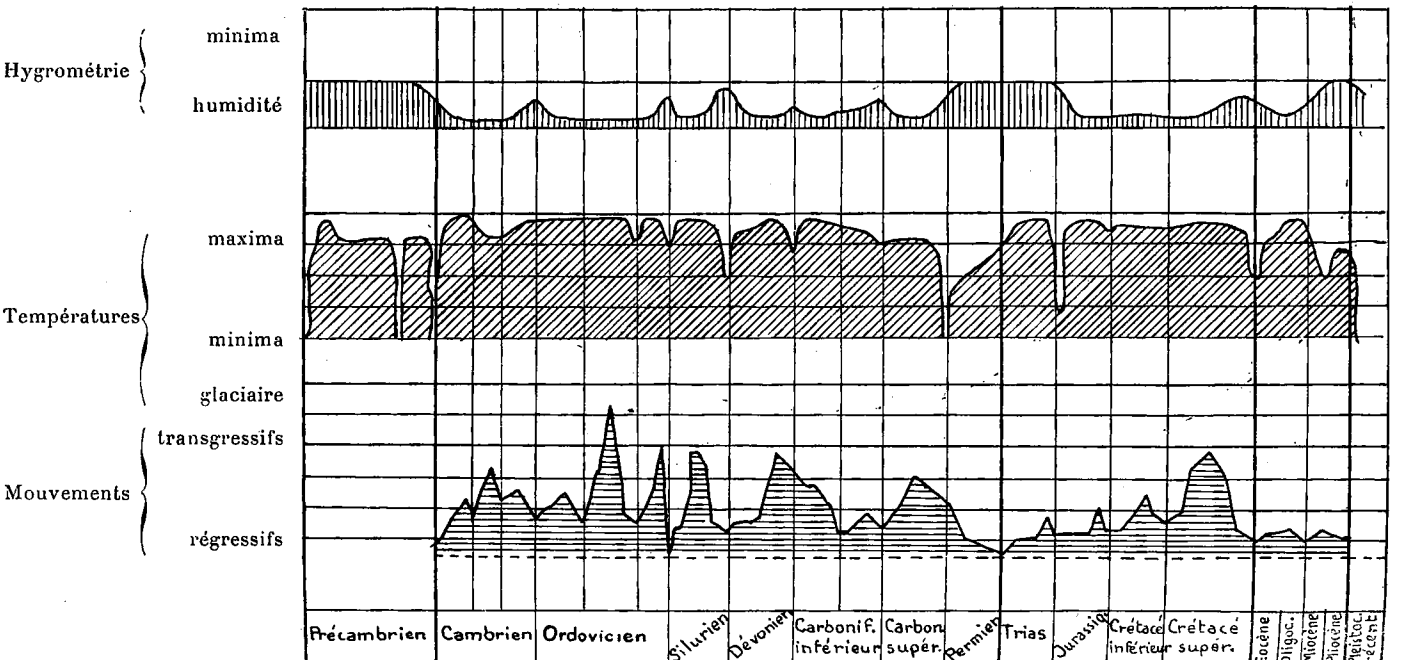


FIG. 13.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

langage que Grabau a employé pour retracer l'histoire du Cambrien.

Les caractéristiques de ces diverses périodes peuvent se représenter par des courbes sinusoïdales qui expriment la variation de position du littoral, l'activité orogénique, l'ampleur des écarts de la température subaérienne, etc. Ces différentes courbes seraient de périodes semblables, mais jamais exactement en phases. Il est bien évident, d'ailleurs, qu'il ne s'agit que de schémas représentatifs, car si nous pouvons, en nous servant de chronomètres géologiques, évaluer l'ordre de grandeur des intervalles de temps portés en abscisses, il nous est rigoureusement impossible d'avoir une idée des longueurs représentées en ordonnées, mais cette impossibilité n'est pas définitive.

Il est presque inutile de souligner ici que le diagramme représentant la marche des phénomènes dans le bassin Méditerranéen et sur la côte atlantique, du Maroc au Portugal, n'est pas à la même échelle que le diagramme de Schuchert. Si j'utilise les évaluations de ce géologue, en effet, on peut, pour les diverses ères géologiques, penser que l'ordre de grandeur des intervalles de temps, mesurés en années, est le suivant :

Cénozoïque (Tertiaire + Quaternaire)	60×10^6
Mésozoïque	156×10^6
Paléozoïque	435×10^6
Prépaléozoïque	1500×10^6

En regard, la durée des périodes interglaciaires serait la suivante, d'après les auteurs américains :

Premier Interglaciaire	200×10^3
Second	300×10^3
Troisième	120×10^3
Quatrième (Actuel)	25×10^3

Tout se passerait donc comme si les intervalles entre les révolutions étaient mesurables par un chiffre d'années de l'ordre de 10^7 ou 10^9, tandis que les oscillations majeures du cycle Pontien-Actuel étaient mesurables par des nombres de l'ordre de 10^5 ou 10^4.

Il faut ajouter que nous avons le sentiment que la courbe qui représenterait correctement les oscillations du cycle Pontien-Actuel, n'est pas une sinusoïde, mais une courbe périodique dont les oscillations s'atténueraient comme période (durée) et comme amplitude (v. fig. 12).

Les géologues, qui étudient en détail une région, insistent aussi

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sur des oscillations mineures : A. C. Blanc parle de Tyrrhénien I et II, Jaranoff et moi, avons mis en évidence une oscillation positive dans la régression acheuléo-moustiérienne. L'oscillation normannienne, les cycles à l'intérieur du Flandrien, l'optimum climatique du Néolithique et peut-être les petites oscillations glaciaires (Riss I et II, Wurm I et II, glaciations stadiales) sont, pour moi, de ces oscillations secondaires, véritables harmoniques. J'ajoute que cette énumération n'implique pas que ces accidents de la courbe soient du même ordre de grandeur.

On peut même, pour chaque phénomène, essayer de rechercher, à encore une plus petite échelle, des variations périodiques.

Du point de vue climatique, l'application, par W. Frolow, des méthodes de H. Labrouste, aux phénomènes météorologiques et hydrologiques, l'a conduit à envisager toute une série de périodes qui sont en général des multiples ou sous-multiples du chiffre 11. Il est possible de passer de ces données statistiques à l'observation stratigraphique ordinaire en étudiant les variations de composition des stratifications de limons (Mésopotamie), les *varves* et peut-être aussi les vases ou tangues marines.

Au point de vue des déformations orogéniques, les résultats des critiques de Vignal [1] sur les variations des cotes du Nivellement général de la France peuvent probablement être interprétées par des phénomènes périodiques.

Enfin, les déplacements périodiques des eaux océaniques que Le Danois a baptisé du nom de « transgressions », nous conduisent à nouveau à la notion de cycle [2].

La comparaison entre les résultats de ces différentes études est actuellement à peu près impossible. Mais il n'en sera pas toujours de même ; il semble que rapidement nous approchions des temps où les méthodes et les manières de penser des physiciens doivent s'appliquer aux objets géologiques. A la fin de ce travail nous en verrons encore une possibilité d'application.

Concluons ce chapitre en quelques mots. Presque tous les géologues en arrivent à partager l'histoire de la Terre en *cycles*, qui, eux-mêmes, se divisent en cycles secondaires et ternaires, analogues aux harmoniques d'un son. Parmi ces variations périodiques, celles du niveau des Océans semblent dominer, comme le dit Gignoux, toute la Géologie.

1. Les publications de M. Jean Vignal ont été résumées par lui-même dans un mémoire de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1938 : Les Réseaux modernes de nivellements, p. B 1-35.

2. Les Transgressions océaniques. *Revue des travaux de l'Off. des pêches mar.*, VII, 28, déc. 1934.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Mécanisme des oscillations.

Quel peut être maintenant le mécanisme de ces oscillations ? Nous attaquerons la question, non pas en faisant une enquête générale, comme le fit Haug, mais en étudiant du plus près possible, l'histoire du cycle Pontien-Actuel. Malgré le manque de documents et leurs valeurs inégales, malgré le scepticisme exprimé récemment par D. W. Johnson, je crois qu'il est possible de donner une réponse, discutable évidemment, à cette question.

Les géologues qui ont essayé de résoudre ce problème — et, en fait, tous les géologues du Quaternaire — se partagent entre deux tendances, presque aussi nettement que s'il s'agissait d'opinions politiques : les partisans de la théorie de l'eustatisme et ses adversaires. En face de ces deux tendances, on peut mettre, en France, les noms de Depéret et de Haug.

La théorie de l'*Eustatisme* a inspiré tout le livre d'Edouard Suess. Mais c'est surtout les travaux du général de Lamothe [1] et de Charles Depéret qui lui ont donné un support solide pour ce qui est des oscillations du Quaternaire.

Il ne m'est pas possible de donner ici une critique détaillée des travaux de l'École de Depéret, ni d'examiner les causes d'erreurs possibles qui peuvent exister dans la nomenclature, presque toujours basée sur des différences d'altitude, des niveaux de plages soulevées et des terrasses fluviales (se raccordant d'ailleurs pour Depéret aux terrasses glaciaires, ce qui mettait en relation les transgressions et les glaciations). Le seul point sur lequel j'insisterai, c'est que les recherches ont toujours porté sur les transgressions et pour ainsi dire jamais sur les régressions.

Malgré toutes les critiques de détail qui se sont fait jour et qui auraient dû jeter le discrédit sur cette théorie, il semble pourtant, et je l'ai déjà marqué plus haut, que ce qui en subsiste c'est la réalité du rythme des transgressions marines et sa généralité, au moins dans tout l'Ancien Monde, si ce n'est universellement [2]. Le dernier livre de Daly insiste souvent là-dessus.

Les objections qui ont été faites à la théorie de l'eustatisme peuvent se grouper en deux ordres :

1. *Mém. Soc. Géol. France* et *B. S. G. F.* (4), 12, 1912.

2. Cf. Baulig (H.). The Changing Sea Level, *Inst. of Brit. Geographers*, *Publ.* 3, 1936. Dubois (G.). Sur la nature des oscillations de type atlantique des lignes de rivages quaternaires. *B. S. G. F.* (4), XXV, 1925.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les unes proviennent de la constatation de déformations subies par les « plages soulevées ». Dès la constitution du corps de doctrine, il faut ajouter que des observations de cet ordre avaient été faites par Depéret lui-même et par son élève M. Gignoux. Un des géologues qui semblent avoir mis le mieux la théorie sur un lit de justice, L. Lutaud, lui a fourni en réalité une excellente confirmation.

Cet auteur montre, en effet, dans sa thèse, que si quatre niveaux de terrasses fluviatiles, se raccordant à des niveaux marins, existent bien au NE de la dépression permienne, deux seulement sont discernables au SW, dans la région toulonnaise, et les deux plus récents. Dans cette région, où il manquait, j'ai retrouvé le Tyrrhénien dont la base est sous-marine et qui correspondait à une côte basse et plate.

Le schéma de Depéret paraît seulement modifié par le fait que les oscillations milazziennes et monastiriennes sont probablement mal dénommées et doivent être considérées comme secondaires.

En suivant A. C. Blanc, et sans parler de corrélations glaciaires, il me semble que l'on pourrait établir ainsi ce schéma :

Régression villafranchienne		
Transgression sicilienne		
Régression romaine	=	Haute terrasse
Transgression tyrrhénienne		
Régression grimaldienne	=	Terrasse moyenne
Transgression flandrienne		
Régression actuelle.		

Contrairement à ce que l'on fait habituellement, je mets en relation, en me basant sur les observations de Lautensach au Portugal, les régressions avec la constitution des terrasses et, dans une forte mesure, des plaines côtières. J'en cherche la cause dans l'importance des débits solides des fleuves à ces époques, et non dans des variations de leur niveau de base.

Les différences d'altitudes qui ont été données par Depéret n'expriment en réalité nullement l'amplitude des oscillations, puisque, pour Boule, par exemple, la régression grimaldienne a atteint la cote — 200. Il faut les considérer seulement comme des *maxima* pour chaque transgression.

Une autre série de critiques, et je ne parle ici que des formations marines, est due à un excès des disciples qui ont voulu à toute force retrouver partout, à des cotes absolues, conformes à

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

la théorie, les quatre niveaux classiques. Quand les preuves positives manquaient; on recherchait alors un aplanissement côtier de cote correspondante.

J'estime avoir montré, par des arguments stratigraphiques directs, l'existence, depuis l'oued Dra jusqu'au Portugal, d'une succession marine conforme au tableau que je viens de donner. Mais il faut remarquer que, non seulement les cotes absolues, ou les chiffres mesurant les intervales, ne sont pas constants, mais en outre que la cote de base de ces différents termes n'est pas toujours positive, mais souvent négative.

le Pliocène manque du Cap Dra à Agadir et de Faro (Algarve portugais) au Sado, puis du Cap Mondego à la Bretagne.

Le Tyrrhénien est sous-marin, à de rares exceptions près, de Tarifa au Cap Saint-Vincent; on peut penser qu'il en est de même au Nord de Peniche. Le long du littoral de la France, la ligne de rivage tyrrhénien serait peut-être au large de la côte actuelle : il faut donc tenter de la rechercher par dragages.

Les seules formations quaternaires marines du littoral atlantique français sont celles du Normannien : elles appartiennent, selon moi, au début de la dernière trangression, ou sont nettement flandriennes.

Plus au Nord, il est peut-être possible de rechercher une assimilation entre les couches de Clava en Ecosse et la transgression tyrrhénienne. Je laisse ici de côté les oscillations du massif scandinave et celles, homologues, du Bouclier canadien.

Mais si la généralité du rythme des régressions et des transgressions me paraît facile à admettre pour le dernier cycle, il faut maintenant examiner les mécanismes qui ont été proposés par l'école eustatitienne pour les expliquer.

Laissant de côté des phénomènes comme les variations de l'activité volcanique, et par conséquent de l'excrétion de vapeur d'eau, qui paraissent insuffisants, je ne considérerai ici que deux de ces mécanismes proposés :

1) la rétention de l'eau par les glaciations, invoquée principalement par Tylor et, très généralement, par les géologues qui s'occupent du Quaternaire.

2) La théorie de Suess ou des modifications de profondeur des océans.

Les théories qui admettent, comme mécanisme, la rétention des eaux par les glaces présentent les points suivants à la critique :

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1° Les chiffres exprimant l'abaissement du niveau marin, donnés par les divers auteurs, sont très variables, et malgré une apparence de précision due à l'introduction d'un terme correctif pour tenir compte de l'importance variable du ménisque, correspondent, en réalité, au besoin d'expliquer les faits observés sur le plateau continental (Daly : transgression due à la fusion + 75 m., régression maxima — 90 m. = 165 m. ; W. J. Humphrey : 67 m., W. B. Wright : 100 m., Shepard : plus de 300 m.).

2° Mais l'objection principale est l'impossibilité d'appliquer cette explication aux deux régressions pontique et villafranchienne. Cette dernière correspondrait alors à une glaciation beaucoup plus considérable que la glaciation quaternaire (rissienne) des Alpes.

L'hypothèse de Suess avait pour base le comblement des océans, non par une accumulation de sédiments qui peut seulement expliquer le débordement de petites cuvettes — et encore, pour des régions où la compensation élastique ne peut jouer — mais par des effondrements continentaux dont nous n'avons du reste aucune preuve, surtout au Quaternaire. Mais il est possible d'en tirer une autre version si l'on considère par exemple le rétrécissement de la Méditerranée au Carbonifère et au Pontien : la régression se produirait par accentuation de la forme en synclinal de cette mer. On peut donc formuler l'hypothèse de la façon suivante : les régressions correspondraient à une accentuation de la courbure des océans, les transgressions à une diminution.

Cette modification de forme peut se faire, d'ailleurs, à des moments différents, pour les plis méridiens (Océan Atlantique) et pour les plis équatoriaux (Thétys, Méditerranée), en suivant les idées de Marcel Bertrand qui, sous une autre forme, ont été reprises par Wegener.

Le principal adversaire de la théorie de l'eustatisme, Émile Haug, après avoir tenté de résumer tous les faits recueillis dans l'histoire géologique, est arrivé à formuler les lois suivantes (p. 682).

1) Les principales transgressions marines se produisent simultanément dans les deux hémisphères ;

2) elles se produisent simultanément dans les régions polaires et dans les régions équatoriales ;

1. Les Géosynclinaux et les Aires Continentales, *B. S. G. F.* (3), XXVIII, 1900, p. 617-711.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

3) elles ne sont pas universelles.

Pour les deux premières propositions, qui excluent la possibilité de rechercher des causes astronomiques, il semble que, parmi tous les faits recueillis depuis que ce Mémoire a paru, aucun ne vienne les contredire. Il faut remarquer que, d'après Daly, il en est de même pour le phénomène glaciaire.

Quant à la troisième loi, Haug en donne l'interprétation suivante qui, dans la suite, a été la pensée-guide de tout son Traité : « Toutes les fois qu'un terme déterminé de la série sédimentaire se présentera en transgression sur les aires continentales, le même terme sera en régression dans les géosynclinaux.

Et réciproquement,

« toutes les fois qu'un terme déterminé se présentera en transgression dans les géosynclinaux, il sera en régression sur les aires continentales. » (p. 683).

Le concept de régression ou de transgression sur les aires continentales est clair et compréhensible, encore qu'il y ait lieu d'étudier la façon même dont se produit la transgression, ce que nous ferons plus bas.

Mais l'inverse est très difficile à comprendre. Le terme « géosynclinal » est lui-même mal défini et, dans cet organe, la transgression et la régression sont des phénomènes difficiles à imaginer.

Je n'ai pas l'intention d'étudier ici la notion même de géosynclinal ; mais il semble que l'on ait confondu sous ce nom trois objets différents :

1° Les géosynclinaux dans le sens américain, c'est-à-dire des sillons intra-continentaux [1] (Schuchert, p. 541) [2], le plus souvent méridien. C'est pour ce type, le géosynclinal des Appalaches, que le mot a été créé en 1859 par James Hall. Un exemple remarquable en Europe en est le long pli en creux de l'Oural.

2° Des sillons « subsidents », parallèles au rivage, comme, en Afrique du Nord, le géosynclinal tellien, par exemple. Ils sont bordés, en principe, d'un géanticlinal compensateur. Ce sont, respectivement, les *dépressions périphériques* des aires de surrélévation et les *bourrelets liminaires* des aires d'ennoyage de Haug. Ces plis en creux, du deuxième ordre de grandeur par rapport aux océans ou aux mers, peuvent être méridiens ou équatoriaux.

1. C'est aussi de cette conception que Haug est initialement parti : le géosynclinal, pour lui, étant un sillon compris entre deux masses continentales.

2. Physics of the Earth V. Oceanography, ch. XVI, The periodicity of oceanic spreading, Mountain-making, and Paleogeography, p. 537.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

3° Le talus mobile de mers profondes, mais variant de forme; ce qui amène à considérer quelquefois la totalité d'une mer comme un géosynclinal.

Comme le remarque Gignoux, c'est alors les seuls bords qui sont le siège d'une très importante sédimentation.

Il semble, à la lecture du Mémoire, et surtout du Traité, de Haug, que les trois types de formes aient été réunies par lui sous une seule appellation parce qu'il avait été frappé des caractères qui leur étaient communs — et qui, d'ailleurs sont l'un la conséquence de l'autre — une grande mobilité et la possibilité d'accumuler une grande épaisseur de sédiments. On lui reproche surtout, actuellement, la figure de la page 165 de son Traité, représentant, d'après Supan, les deux fosses jumelles de la Sonde, avant-fosses typiques, mais dont l'une dépasse la profondeur de — 6.000 m. Mais, dès les premières pages de son Mémoire, il remarque que « les auteurs américains, et James Hall lui-même, ont souvent insisté avec beaucoup de force sur le caractère littoral, ou tout au moins peu profond (shallow), des sédiments accumulés dans les géosynclinaux » (p. 619).

Il semble que, quand M. Pruvost a acclimaté en France le mot de fosse de subsidence », il n'ait guère introduit rien de plus nouveau qu'un terme, sans d'ailleurs insister sur les différences morphologiques que souligne Bailey Willis entre les bassins mobiles, qui s'opposent aux dômes ou aux boucliers, et les fosses qui s'opposent aux chaînes, cordillères ou guirlandes.

Les formes géosynclinales, quelle qu'en soit la cause ou les causes, peuvent donc augmenter ou diminuer de flèche. Il en résulte une augmentation de la profondeur sur leurs bords, de la pente de ces bords et, par solidarité, une accentuation de leurs sillons bordiers.

Le terme « transgression dans les géosynclinaux » peut donc, dans certains cas, s'interpréter de la façon suivante : augmentation de la pente des zones bordières, donc caractère plus marin des sédiments et facilité pour eux de glisser vers le large.

Si cet approfondissement du géosynclinal s'accompagne de celui des sillons bordiers, des phénomènes d'ingression pourront alors se produire dans ces sillons.

Mais il peut y avoir une autre interprétation : dans les périodes de transgression sur les aires continentales — et ceci se vérifie toujours — les sédiments sont très généralement des sédiments fins ou même très fins, vaseux et, le plus souvent calcaires, ce qui veut dire, presque sans éléments d'origine détritique. La trans-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

gression cénomanienne en fournit un excellent exemple. Ces conditions sont réalisées pour deux motifs : tout d'abord le littoral est à ce moment très loin de la zone géosynclinale ; mais aussi, comme nous l'avons vu en étudiant les caractères des transgressions et des régressions du Quaternaire du Maroc, il semble que cette absence de sédiments détritiques provienne du peu d'importance et de la finesse du débit solide des fleuves, conditions qui sont elles-même sous la dépendance très probable d'une diminution considérable, — je dirais presque de l'aplatissement — du relief continental qui caractérise les périodes de trangression.

Des lacunes pourraient donc se produire, purement et simplement, par absence de sédimentation ; celle de caractère planktonique étant dispersée par les courants ou dissoute. Il y a peut-être là un nouveau champ de recherches pour les géologues qui étudieraient systématiquement les sédiments marins au point de vue pétrographique.

Il faut maintenant examiner le mécanisme suivant lequel peuvent se faire les transgressions et les régressions sur les aires continentales, c'est-à-dire sur les formes anticlinales de premier ordre.

Haug les attribuait, non pas à un changement dans le volume d'eau des Océans (c'est-à-dire à une montée ou à une baisse du niveau 0), mais à des mouvements « épirogéniques ». Bien des géographes ou même des géologues ont cru qu'il s'agissait, dans la pensée de Haug de mouvements en masse, en bloc, de ces continents, des sortes de mouvements verticaux, dont le résultat serait identique d'ailleurs à celui des mouvements eustatiques du niveau des mers. Tout au contraire, en relisant la conclusion de son Mémoire, on est frappé du fait que, bien avant Argand et Bailey Willis, il a pensé que ces mouvements se traduisaient par une exagération de la courbure des continents et que celle-ci se liait à l'accentuation du relief des chaînes de montagne.

Je suivrai ici une nomenclature des formes de l'écorce que j'ai partiellement empruntée à Bailey Willis et qui distingue trois ordres de grandeur dans les « anticlinaux » :

A) Formes de type circulaire.

	en relief	*en creux*
1er Ordre	Continents ou boucliers	Océans
2e Ordre	Plis de fond circulaires = massifs	Bassins
3e Ordre	Dômes	Cuvettes

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

B) Formes de type allongé.

	en relief	*en creux*
2e Ordre	Cordillères, chaînes ou guirlandes	Sillons, géosynclinaux ou avant-fosses
3e Ordre	Pli anticlinal	Pli synclinal

On remarquera qu'il n'y a, entre ces formes de divers ordres de grandeur, d'autre différence que la dimension. Un pli de fond peut être un pli anticlinal de toute la croûte solide, ne différant en rien de l'anticlinal des tectoniciens, quelle que soit sa constitution fine. Les dimensions d'un pli sont toutes, en effet, conditionnées par l'épaisseur de la lame plissée, ou de l'ensemble des lames qui sont plissées (et alors du jeu des différentes lames les unes sur les autres).

L'étude de la déformation des *méganticlinaux* peut toujours être faite par la méthode des couvertures discordantes dont Fabre a donné, pour la couverture triasique du Massif Central, un élégant exemple.

Or Haug a déjà, dans son Traité, assimilé les mouvements des continents et ceux des chaînes de montagnes : « La surrection des chaînes de montagnes (dans le sens orographique du mot), consécutive au plissement, peut donc être assimilée à la formation des aires continentales. Elle rentre dans la catégorie des mouvements épirogéniques et non, si paradoxale que puisse paraître une pareille affirmation, dans celle des mouvements orogéniques » (p. 531).

Il nous semble donc qu'il est possible, par la méthode directe, de déterminer si les transgressions ou les régressions sont ou non causées par des déformations de l'écorce (et, par conséquent, de l'ensemble : continent-fond des océans, qui est, au moins pour l'Atlantique et la Méditerranée, solidaire) ou par des mouvements de la nappe liquide : marées, diminution ou augmentation de la quantité des eaux.

J'entends démontrer qu'il existe des formations marines récentes dont la pente est déformée, exagérée, dans le sens perpendiculaire au rivage et que, d'autre part, ces déformations sont différentes suivant que le rivage croise une chaîne, une fosse ou une zone tabulaire. Mon travail, qui a duré douze ans, a donc été fait le long d'une côte atlantique, c'est-à-dire dont la direction générale est perpendiculaire à la direction essentielle des plis du continent. C'est le motif pour lequel j'avais fait choix, après des

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

travaux poursuivis, dans l'Adriatique, sur un type de côte pacifique, du littoral atlantique du Maroc. C'est au cours de ce travail que j'ai été amené à définir une notion qui, pour moi, est capitale dans l'étude des variations du niveau des mers, celle de la *flexure continentale*. Je donne ce nom à la ligne que constituent tous les points qui séparent la déformation en anticlinal du continent de celle en synclinal de l'Océan. Le rivage actuel tend à coïncider avec cette flexure. Des conditions particulièrement favorables à l'étude du Quaternaire, et sur lesquelles j'ai longuement insisté, m'ont permis d'arriver rapidement à cette notion et d'en démontrer la réalité :

La notion de « flexure continentale ».

Louis Gentil avait déjà indiqué que le long de la côte marocaine, de Tanger au Cap Cantin de Safi, la région « sahélienne », était bordée d'une série de *dunes consolidées* dont les formes étaient remarquablement conservées. Cet ensemble de dunes, attribué alors, avec doute, au Quaternaire ou au Pliocène, a été pour la première fois qualifié de « Chelléen » par G. Lecointre; des découvertes d'un outillage extrêmement primitif à la base de la dernière dune, par M. Antoine, devaient confirmer, d'une façon extrêmement précise, cette détermination d'âge. Actuellement, ces dunes consolidées sont des collines de grès, d'un grès dont on construit les plus beaux monuments du Maroc.

Dans une série de publications, échelonnées de 1926 à 1937, j'ai montré : 1° que les dunes reposaient toujours sur une plage ou sur un cordon littoral marin, lesquels passent souvent latéralement à des calcaires lacustres inter-dunaires. La dune est recouverte d'une croûte de dessiccation, qui renferme, d'après Antoine, un outillage de type acheuléen, puis de limons rouges moustiériens. L'extension de mes recherches au Portugal et en Méditerranée, m'a amené à considérer que la dune et sa plage de base sont exactement l'équivalent des couches à Strombes, et par conséquent du Tyrrhénien d'Issel.

2° La ligne de rivage correspondant au Tyrrhénien est le plus souvent sensiblement en arrière du littoral actuel, sauf le cas de submersion postérieure. Il est donc transgressif. En tout cas, comme nous l'avons vu, il a été suivi d'une très ample régression, embrassant l'Acheuléen, le Moustiérien et une partie du Paléolithique supérieur, régression à laquelle je donne le nom de *grimaldienne* en hommage à Marcellin Boule. J'ai déjà dit plus haut que la base des limons rouges qui surmontent le Tyrrhénien, était constituée par une formation très particulière : mélange de limons rouges et de craie blanche, contenant la faune de Témara et de très nombreuses coquilles d'*Archelix lactea* O. F. M., toujours séparée des grès dunaires, par une croûte, si mince soit-elle. Ce niveau est donc très reconnaissable.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

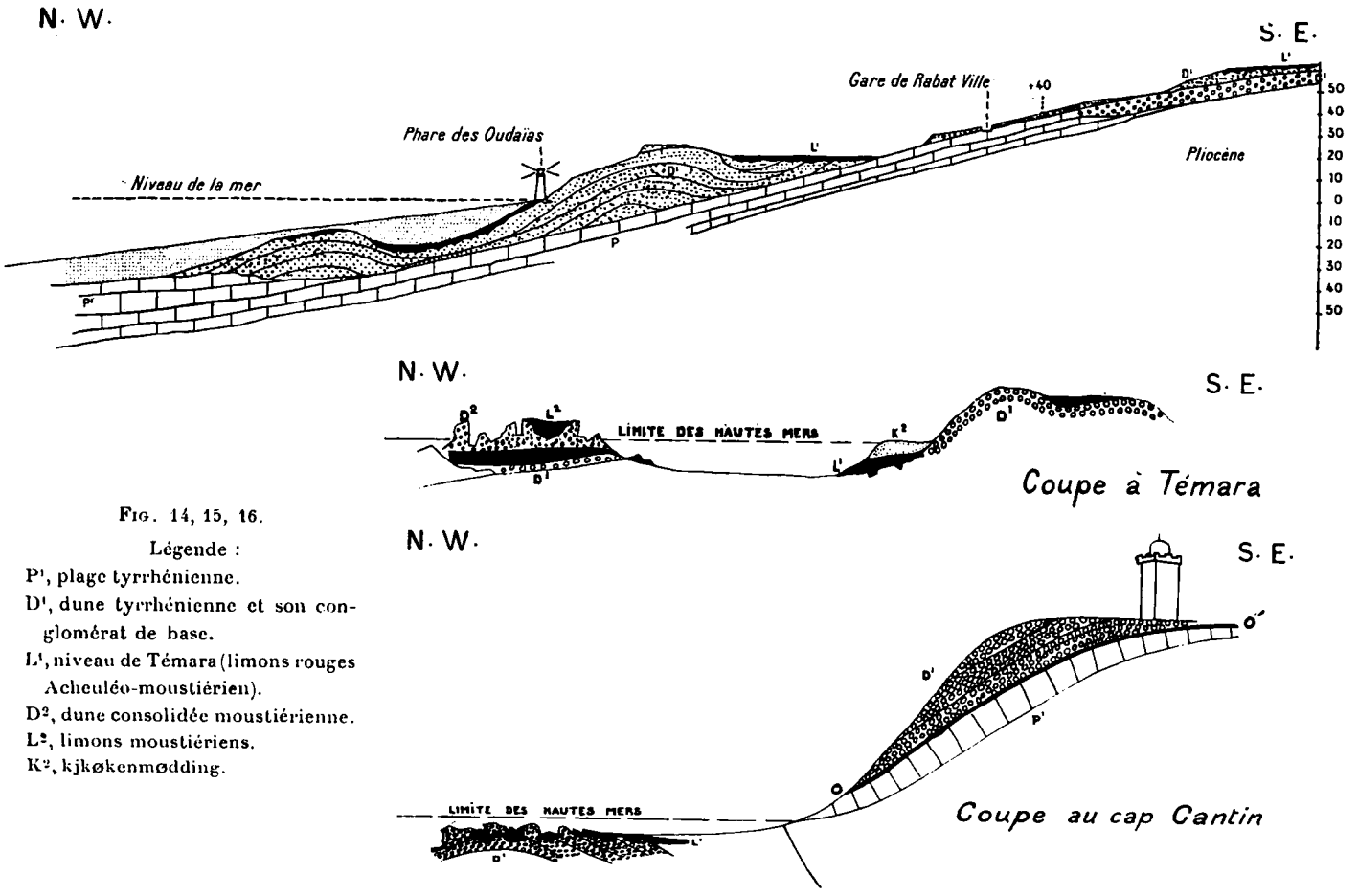


FIG. 14, 15, 16.

Légende :

P^1, plage tyrrhénienne.

D^1, dune tyrrhénienne et son conglomérat de base.

L^1, niveau de Témara (limons rouges Acheuléo-moustiérien).

D^2, dune consolidée moustiérienne.

L^2, limons moustiériens.

K^2, kjkøkenmødding.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

3° J'ai aussi noté que cette formation était draguée en mer et que l'on peut l'observer en plusieurs points à marée basse, comme à Témara-plage ou au Cap Cantin.

On peut donc facilement déterminer, presque tout le long de la côte du Maroc, la forme de deux surfaces, très faciles à repérer :

a) la surface qui sépare les formations dunaires des plages consolidées, ou la surface de base du cordon littoral tyrrhénien. On peut la prolonger vers le continent par la surface de base des dunes. Il est donc possible, soit en coupe transversale, c'est-à-dire perpendiculaire à la côte, soit le long de celle-ci, d'étudier la déformation de cette surface, à l'origine à peine inclinée de quelques degrés.

b) la surface qui sépare la dune submergée, et sa croûte, des limons rouges, consolidés quand ils sont sous la mer. Cette surface se prolonge facilement, vers l'intérieur des terres, par celle qui, due à l'érosion, tronque ce qui reste actuellement des dunes. A l'origine, comme le montre la constitution pétrographique des limons, elle était aussi très faiblement inclinée.

Or, l'une et l'autre surface sont actuellement déformées en arc et présentent des pentes, de l'ordre de 5° à Rabat, de 18 à 20° au Cap Cantin. *Cette déformation est entièrement visible et photographiable le long des rives du Bou Regreg.*

Dans plusieurs points du Maroc : Cap Blanc, Jorf el Ihoudi, côte des Hahas, Cap Rhir (où, d'après Jaranoff, la base maritime de la dune a été soulevée jusqu'à + 260 m.), de ce cap à Agadir et d'Aglou à l'oued Dra, la déformation a été trop brutale et le continent a été rompu par des failles, par trois failles successives au Cap Dra.

Mes observations sur la transgression miocène et pliocène, au Maroc, au Portugal et en Méditerranée, m'ont donc montré la généralité de la terminaison d'un continent par une flexure. La position actuelle de la flexure peut être un peu au large ou un peu en arrière du littoral actuel ou coïncider avec celui-ci. Les mouvements, de part et d'autre de la flexure, peuvent être positifs ou négatifs et, par son seul jeu, on peut expliquer tous les types de côtes même les côtes à rias ou à fjords.

Un des plus beaux exemples de la réalité de la flèxure continentale a été relevé sur la côte occidentale de l'Algarve par G. Zbyszewski. Il a montré que la « pénéplaine » ferritisée ou latéritisée du Pliocène supérieur est conservée sous la mer, et entre celle-ci et la flexure. En revanche, au delà de celle-ci, disséquée par l'érosion récente, elle a totalement disparu, à l'exception de quelques buttes-témoins.

Dans la déformation *actuelle* d'un pays comme le Maroc, la flexure continentale vient croiser d'autres flexures qui séparent

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les méganticlinaux (chaînes ou plateaux) en voie de soulèvement de mégasynclinaux en voie d'abaissement. La résultante est alors une combinaison des deux mouvements méridien et équatorial : la flexure continentale rentre, en principe, dans les mégasynclinaux et sort en mer, au passage des méganticlinaux. On peut ainsi déterminer des déformations d'ensemble.

Au cours des temps, la flexure continentale est sujette à migrer : celle du Plaisancien est très en arrière du littoral actuel ; celle du Villafranchien et de l'Acheuléo-Moustiérien au large de celui-ci. Cette migration est progressive, mais comporte souvent des retours en arrière.

Il semble d'ailleurs possible qu'il n'existe pas toujours une seule flexure continentale, mais que le passage de l'Océan au Continent se fasse par une série de plis, plus ou moins accentués et parallèles au rivage. La chaîne anticlinale du Djebel Hadid, le haut fond de l'île de Tit (Doukkalas), l'un au Pliocène et l'autre au Quaternaire, sont des déformations de ce type. La carte bathymétrique montre un haut fond actuel analogue au large de Safi.

La migration de la flexure vers l'intérieur du continent a pour conséquence une réduction de la surface continentale. Mais il en résulte, en outre, comme je l'ai montré plus haut, une accentuation de la pente du plateau continental antérieur et, par conséquent, le biseautage de celui-ci par un nouveau plateau. Les recherches océanographiques peuvent donc permettre d'étudier les déformations successives de la croûte terrestre au cours des diverses oscillations du dernier cycle géologique.

Ces résultats peuvent être recoupés : 1° par l'étude géologique directe des sédiments marins, surtout quand ils sont lapidifiés ; 2° par l'étude de l'évolution de l'activité des cours d'eau et par celle des formes du terrain sur le continent ; 3° par des mesures physiques *indirectes* : déviation de la verticale, anomalie de la pesanteur ; 4° par des mesures physiques *directes* : variations des cotes du nivellement.

Si les résultats obtenus par ces méthodes, indépendantes les unes des autres, concordent, nous aurons alors la preuve, au sens que le physicien attache à ce mot, de la correction de notre hypothèse.

Il semble qu'au Maroc ou au Portugal, les déformations dans le sens méridien soient assez indépendantes des déformations équatoriales. J'en donnerai deux exemples : l'accentuation du mégasynclinal atlasique se fait au cours des temps liasiques ; elle s'interrompt au cours du Jurassique supérieur ; un soulève-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ment et même un plissement s'y fait pendant le Crétacé inférieur. En contraste absolu, la fosse des Hahas, le Golfe de l'Algarve et le Synclinal portugais s'enfoncent du Callovien à l'Albien.

Le Synclinal prérifain subit une série de mouvements marqués par des régressions et des transgressions au cours du Miocène. On ne peut en trouver aucun reflet sur le littoral atlantique. Nous retrouvons ici l'opposition signalée par Marcel Bertrand.

Il me faut maintenant évoquer un autre problème, celui que pose l'allure même de la transgression.

Les grandes transgressions paraissent, en effet, à l'échelle géologique, extrêmement rapides.

De l'Algérie au Golfe de Guinée, de Tiznit au Hoggar ou à Bilma, c'est par le Cénomanien que débute la transgression crétacée, et les exceptions se motivent facilement par le jeu des courants. Le facies, la faune sont uniformes, et j'ai déjà noté la rareté des formations détritiqnes et l'abondance du calcaire, sauf à la base. En outre, au bout de sa course, la mer pénètre, comme l'a montré C. Kilian, par ingression, dans des vallées intactes, tout comme la mer pliocène pénètre dans la vallée du Rhône. L'absence de falaises, de cordons littoraux importants, évoque une inondation, sans grand travail d'aplanissement, par conséquent. A une plus petite échelle, les mêmes observations peuvent se faire pour la transgression plaisancienne.

Or, dans une publication récente [1], j'ai exprimé mon étonnement devant la perfection des aplanissements anté-cénomanien, anté-plaisancien ou même anté-tyrrhénien. J'y ai insisté sur les curieuses analogies qui existent entre la pénéplaine anté-triasique et la surface de base du Cénomanien.

Le seul moyen que j'ai pu trouver pour concilier ces deux faits contradictoires et pour expliquer cet aplanissement extraordinairement rapide, a été de faire appel à une hypothèse très aventurée, mais qui est déjà plus ou moins consciemment invoquée par plusieurs auteurs : celle de l'aplatissement du relief, des tuméfactions terrestres, par une sorte de *détente* qui s'accompagnerait, d'ailleurs, de fractures disjonctives.

Cette hypothèse permet d'expliquer à la fois la persistance au cours des temps, et la disparition pourtant à certaines époques, de méganticlinaux (chaînes de montagnes). On en peut tirer, même à l'échelle des guirlandes, d'intéressantes conséquences.

1. *Op. cit.*, v. p. 415.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Si, comme le veut Lacoste, les rides pré-rifaines existaient dès le Crétacé, comment s'expliquer l'extraordinaire uniformité pétrographique du Burdigalien transgressif qui les recouvre et de celui des zones synclinales, autrement que par une véritable disparition des rides ? La question, mal élucidée encore, sort du cadre de cet exposé ; mais j'en retiendrai l'idée que les périodes de tuméfaction, d'exaltation des reliefs continentaux, correspondent aux périodes de régression, celles d'affaissement, d'effacement des reliefs de détente, aux périodes de transgression. En étudiant les caractères des dépôts, nous avions déjà été frappés par cette alternance. Je reprendrai pour caractériser ces deux types de périodes de l'histoire de la Terre, les dénominations qu'employait Haug, des périodes *géocratiques* et de périodes *thalassocratiques* (que l'on pourrait quelquefois qualifier de limnocratiques). Les premières correspondent à l'activité épirogénique, les secondes à la détente.

Il faut maintenant conclure. Il semble que l'on ne puisse, ni par la méthode statistique, que Haug a employée avec tant d'éclat en 1900, ni par celle des tests que j'ai tenté d'utiliser, arriver à d'autre conclusion que celle-ci : il y a certaines régressions et certaines transgressions qui sont dues à des mouvements essentiellement *locaux* de l'écorce : ingressions dans les méga-synclinaux, comme, à une plus petite échelle il s'en est produit dans les synclinaux dalmates. Mais alors, ces mouvements sont limités à la Méditerranée ou à des sillons ou bassins intra-continentaux. Mais les grandes régressions ou transgressions sont *générales*, au moins pour les deux continents riverains de l'Atlantique. L'ensemble des faits recueillis jusqu'ici semble pourtant montrer que ces mouvements de la mer ne peuvent être attribués qu'à des déformations rythmiques de la croûte terrestre. Celles-ci se traduisent par des plissements de détail, par des variations climatiques et par une alternance dans le caractère des dépôts.

Parvenu à ce point, je me trouve, pour en donner une théorie explicative, dans la même situation que Gutenberg ou Novak.

Aucune théorie, faisant appel à des causes externes, astronomiques, n'est suffisante pour expliquer l'ensemble des faits connus jusqu'ici. Une seule paraît, provisoirement adéquate, celle des « révolutions » de Joly, des variations de la chaleur interne de la Terre par suite du rayonnement des substances radioactives contenues dans l'écorce : radium, thorium et potassium.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Je ne vais pas ici résumer le mécanisme ingénieux des cycles thermiques de Joly, lumineusement exposé dans sa *Surface History of the Earth*. Je veux seulement faire deux remarques :

L'hypothèse de Joly peut d'ailleurs être utilisable, même si le mécanisme qu'il envisage pour les déformations continentales n'était pas admis.

En outre, j'ai dû, plusieurs fois, insister sur le fait qu'il existe des cycles et des oscillations de périodes plus ou moins variées, et notamment très petites, comme celles du cycle Pontien-Actuel ou comme les variations glaciaires qui sont liées par Milankovič à celle des éléments de l'orbite terrestre.

Des oscillations, encore plus faibles comme périodes, sont les « transgressions » de Le Danois, rattachées par lui aux périodes des nœuds de la lune, mais aussi au cycle solaire.

Les oscillations que présentent les phénomènes météorologiques ou hydrologiques étudiés par V. Frolow ont encore une périodicité du même ordre et aussi faible. Quand celle-ci est de l'ordre de celle des taches solaires, il est extrêmement curieux de constater que les variations ne sont jamais en phase avec celle-ci [1].

La cause n'en pourrait-elle pas être une variation dans la quan-

1. M. Jean Vignal, *op. cit.*, v. p. 458, croit avoir déterminé des oscillations à très courte période dans le relief terrestre : « Depuis, des travaux récents, effectués au Service du Nivellement général de la France et fondés sur la distinction essentielle entre les deux catégories précédentes d'erreurs [systématiques et accidentelles], ont conduit à des formules nouvelles, plus exactes, adoptées internationalement en 1936, et ont fait apparaître en même temps des résultats inattendus et pleins de promesses.

D'après eux, pour les meilleurs nivellements actuels, les erreurs dites « systématiques », qui sont de beaucoup leur principale imperfection, semblent imputables, au moins pour une très large part, non à des défauts instrumentaux ou opératoires, mais à des *oscillations lentes* du sol. Les oscillations, d'un petit nombre de millimètres d'amplitude verticale, et d'une durée de l'ordre du mois, seraient longues de quelques dizaines de kilomètres. On s'explique ainsi, en particulier, qu'au delà de semblables distances, les erreurs systématiques observées prennent un caractère nettement accidentel... la comparaison de ces erreurs convenablement calculées... pourra servir de base à des déductions étrangères au domaine propre de la géodésie, touchant le degré de stabilité des diverses régions de l'écorce terrestre. » (p. B. 16)... Il est naturel de penser que, même dans les régions réputées stables, des mouvements lents du même genre, mais s'effectuant autour d'une position d'équilibre, sur des durées de quelques mois, animent l'écorce terrestre. Divers phénomènes rendent leur existence vraisemblable, notamment d'étranges discordances observées, en maint pays, entre des nivellements très précis d'époques différentes. *Des oscillations lentes de la verticale* paraissent se produire en certains lieux, très différentes des oscillations connues et beaucoup plus faibles d'origine astronomique ; elles correspondraient à des mouvements, et auraient aussi, en partie, une origine plus complexe, liée par exemple à des déplacements de masses intérieures » (p. B. 26).

L'application de la méthode d'analyse harmonique de H. Labrouste à des observations périodiques de cet ordre, permettra sans doute de déceler de plus longues composantes.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tité de chaleur rayonnée par la Terre, dont les composantes à courte période proviendraient de la longévité variée d'éléments radioactifs qui se placerait, comme ordre de grandeur, entre celle de la trilogie : radium, thorium, potassium et celle des éléments radioactifs artificiels ?

Il y a un moyen de déterminer la légitimité de cette hypothèse : établir s'il y a ou non une variation dans le temps de la chaleur rayonnée par la Terre et si cette variation est périodique. Le procédé expérimental est aisé à concevoir. Il suffit d'enregistrer la température d'une mine, suffisamment profonde, et où des oxydations ne peuvent se produire, d'une mine de sel, par exemple. Le thermomètre serait placé dans une galerie murée, soustraite à toute variation de température d'origine atmosphérique, humaine ou mécanique. En employant un langage incorrect, la question se pose ainsi : le degré géothermique subit-il ou non des variations périodiques ?

A la fin de cet essai, trop long, quoique plein de lacunes et d'imprécisions, sans vouloir me placer le moins du monde sur le plan d'un penseur de la classe d'Émile Haug qu'éclairait un peu de cette flamme que nous appelons le génie, je ne puis mieux faire, pour résumer à la fois mes doutes et mes espoirs, que de recopier la phrase qui termine « les Géosynclinaux et les Aires Continentales » :

« Si, dans ce Mémoire, j'avais réussi à convaincre le lecteur de la corrélation qui existe entre les mouvements du sol et les déplacements des lignes de rivage, je considérerais ma tache comme accomplie. Il m'a fallu souvent remonter très loin, définir les notions fondamentales, mais souvent obscures, et ce n'est qu'après de longs détours que j'ai pu m'approcher du but. J'ai dû laisser beaucoup de points dans le vague, aussi bien ceci n'est-il qu'une ébauche et le sujet mérite-t-il des recherches plus approfondies, auxquelles je serais heureux de voir concourir un très grand nombre de géologues. »

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

FERNAND JACQUET

1908-1937

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

A LA MÉMOIRE DE FERNAND JACQUET

PAR **M. Gignoux** [1].

UN PORTRAIT

FERNAND JACQUET
(1908-1937)

Lauréat de l'Académie des Sciences (Prix Valhubert).
Lauréat de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (médaille d'or).
Chevalier de la Légion d'Honneur (à titre posthume).
Cité à l'Ordre de la Nation : « Fernand JACQUET, Ingénieur-Géologue en Afrique Occidentale Française, jeune savant dévoué à son métier, s'était consacré, avec la plus grande et intelligente ardeur, en Afrique Occidentale, et plus particulièrement en Mauritanie et au Sénégal, à la solution des problèmes de géologie et d'hydrologie. A trouvé la mort, en avril 1937, à l'âge de 29 ans, au cours d'une mission saharienne dangereuse, qu'il accomplissait avec un courage tranquille et une haute notion de son devoir. »

F. Jacquet est né le 10 janvier 1908, à Saint-Siméon de Bressieux, en Bas-Dauphiné. Nulle part plus que là, la terre et l'homme ne sont mieux façonnés par une mutuelle et séculaire adaptation : c'est à peine s'il y a un chef-lieu, mais surtout des fermes disséminées çà et là, au gré des ondulations que les derniers vallums morainiques du « stade de La Côte-Saint-André » dessinent au milieu des vastes plaines de Bièvre ; la terre cultivée, la terre nourricière, y règne sur les hommes ; et les grandes routes modernes elles-mêmes y dévient leurs lignes droites pour respecter les anciennes limites des domaines terriens. Mais, à l'horizon de l'Est, se profilent les silhouettes tourmentées des hauts sommets neigeux ; la montagne primitive et sauvage est suffisamment loin pour ne plus écraser de ses dures lois les humains qui vivent à son ombre : elle n'apparaît plus que comme un décor fantastique, presque irréel, qui invite au voyage et fait rêver d'aventures et d'explorations lointaines.

Et de fait, c'est à une lieue de là, à La Côte-Saint-André, au milieu de ces populations tranquillement laborieuses, attachées à leur sol, que s'est allumée la vocation de ce génial aventurier de la musique que fut Hector Berlioz, le plus romantique de nos musiciens français. C'est une pareille étincelle de roman-

1. Notice lue à la séance du 13 juin 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tisme héroïque qui, après tant de générations de cultivateurs terriens et sédentaires, a tout d'un coup inspiré l'ardente jeunesse, et la tragique destinée, de Fernand Jacquet.

Dès l'enfance, il se montre possédé par une insatiable curiosité, un infatigable désir d'apprendre, d'élargir sans cesse le cercle de ses connaissances. Affectueusement entouré par des parents qui savaient le comprendre, soutenu par des maîtres qui encourageaient ses premiers succès, Jacquet fut tout naturellement dirigé par eux vers la profession qui, dans les campagnes, apparaît comme un apostolat propre à faire rayonner autour de soi l'intelligence et le savoir, tout en restant enraciné dans la terre nourricière : il devait devenir instituteur.

Mais, au sortir de l'École Normale, son goût pour l'étude, pour le travail personnel, n'était point encore satisfait. Après avoir été instituteur pendant quelques mois dans un petit village du Bas-Dauphiné (Saint-Georges-d'Espéranche), il obtint, pour pouvoir continuer ses études, le poste de maître d'internat à l'École Normale de Grenoble. C'est à ce moment qu'il vint fréquenter notre Faculté ; vainement je le mis en garde contre les aléas des carrières que l'on peut attendre dans l'enseignement supérieur; je vis bien vite que sa vocation scientifique, et, déjà, géologique, était inébranlable. Il avait cette tranquille et modeste assurance qui ne devait jamais l'abandonner, le regard clair et décidé de ceux qui, dit-on, semblent destinés à « avoir de la chance », mais dont les succès sont dus, en réalité, non aux circonstances, mais à leur infatigable volonté d'action.

Jacquet aborda ses études de Géologie avec cette indéfinissable fraîcheur d'intelligence que nous rencontrons souvent parmi ceux de nos étudiants qui nous viennent des meilleurs élèves de l'enseignement primaire et que leur indépendance d'esprit a su garder de toute empreinte trop dogmatique : une sorte de mentalité anglo-saxonne, des lacunes, mais avouées, avec la curiosité et le désir de les combler, aucun des défauts de l' « intellectualisme » à outrance, une culture générale et littéraire acquise tardivement par un travail personnel, et qui suit, au lieu de le précéder, l'équipement mental des connaissances positives. Franchir cette « étape » n'est donné qu'à une élite; mais de suite nous eûmes l'impression que Jacquet serait de ceux-là.

Après avoir préparé en 1928-1929 le Certificat S.P.C.N., puis en 1929-1930 le Certificat de Géologie, c'est donc sans hésiter que Jacquet put, encouragé par ses maîtres, s'orienter défi-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

nitivement vers la carrière géologique. Sans achever sa Licence, il alla passer une année à l'École Nationale Supérieure du Pétrole de Strasbourg : aux examens de sortie, il fut classé premier des géologues de sa promotion.

Au cours de cette année d'études à Strasbourg, il avait parcouru en esprit, guidé par ses maîtres, les lointaines régions pétrolifères ; et les visions que ses cours lui suggéraient n'avaient pu que préciser ses rêves d'aventureuses explorations.

Comme nous le disions tout à l'heure, l'occasion vient toujours à ceux qui la méritent. Pour lui, cette première occasion se présenta rapidement, sous forme d'une mission d'études et de recherches pétrolifères en Syrie ; disposant de quelques mois avant son service militaire, Jacquet l'accepta d'enthousiasme. De septembre à décembre 1931, il explora ainsi la partie nord du territoire alaouite, le bassin supérieur du Nahr-el-Kébir, au Nord-Est de Lattaquié. Il eut là la chance d'associer ses recherches à celles de M. Dubertret et de trois vaillants explorateurs de cette terre d'Afrique où il devait achever sa brève carrière, MM. Chautard, Neltner et Menchikoff. Dès ce moment, il leur apparaît non seulement comme un collaborateur et un compagnon plein d'entrain et de gaieté, mais aussi comme un observateur infatigable et un stratigraphe minutieux. Son Rapport de mission, clairement rédigé, abondamment illustré de photog. et de dessins, témoigne déjà d'une maîtrise exceptionnelle chez un débutant. Cette campagne de Syrie fut d'ailleurs, pour Jacquet, l'occasion de faire sa première découverte scientifique d'intérêt général; par des récoltes de fossiles judicieusement déterminés, il fut l'un des premiers à amorcer dans cette région de Lattaquié la séparation du Miocène et du Pliocène, étages représentés tous deux par des faciès analogues, qui avaient induit en erreur Blanckenhorn, et dont la stratigraphie devait être précisée, avec une admirable minutie, par les recherches de L. Dubertret et de ses collaborateurs.

Pour son service militaire, on ne sera point étonné de voir Jacquet choisir l'aviation ; il arrive un jour à Saint-Siméon, annonçant à son père, un peu effrayé, qu'il venait de satisfaire aux examens lui permettant d'entrer dans le personnel navigant. De l'École d'Avord, il sortit encore premier d'une promotion de plus de 40 jeunes aviateurs, et il acheva son service comme sous-lieutenant observateur. Je crois qu'à côté de l'exploration géologique, l'aviation d'observation fut la seconde passion de Fernand Jacquet ; au retour d'un voyage aérien qui lui avait fait

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

survoler, de Paris à Strasbourg, toutes les auréoles de bordure du bassin parisien, il me décrivait ses impressions de géologue-aviateur dans une lettre enthousiaste, et il projetait même d'écrire un « Guide géologique de la France pour aviateurs » ; mais, bien entendu, la crainte de ne pouvoir garantir à un éditeur une clientèle suffisante d'acheteurs le força à renoncer à ce projet.

Libéré et rentré à Grenoble, en attendant une nouvelle situation, il ne pouvait rester inactif. Il consacra alors plusieurs mois à l'exploration des montagnes de Lans, dans le Vercors, et en particulier du massif du Moucherotte. Les études de W. Kilian, P. Lory, F. Blanchet, P. Corbin, nous avaient donné la clef de la structure de ce massif, avec la notion nouvelle d'un « pli couché du Moucherotte », véritable nappe en miniature, charriée vers l'Ouest, et à travers laquelle réapparaissait la « fenêtre de Saint-Ange », reconnue autrefois par un jeune géologue grenoblois, J. Breton, tombé en Lorraine dès 1914. Mais il restait à préciser les limites de cette nappe, son raccord vers le Sud avec l'« autochtone », et à retracer tout cela sur les nouvelles cartes au 1/20.000e. C'est ce travail qu'effectua en quelques semaines F. Jacquet, avec autant de rapidité que de conscience; sa minute, conservée aux archives du Laboratoire, pourra être utilisée lors de la future publication de la Carte géologique au 1/50.000e. Cette minute est accompagnée, d'ailleurs, d'un manuscrit fort étendu dans lequel l'auteur a consigné toutes ses observations de détail et les listes des fossiles recueillis par lui ; de nombreux dessins l'illustrent, parmi lesquels des stéréogrammes fort réussis. Ce travail mériterait d'être publié et nous nous proposions de profiter d'un séjour en France de son auteur pour en achever la mise au point définitive.

Car, à peine achevées ses courses dans nos montagnes dauphinoises, Jacquet était nommé, en novembre 1933, géologue en Afrique Occidentale française ; il devait y travailler jusqu'à sa mort, survenue en avril 1937.

Là, ses qualités personnelles ne tardèrent pas à lui assurer un rôle de premier plan dans la vaillante équipe à laquelle on doit le développement des études géologiques en A. O. F. Il devient pour ses chefs un collaborateur et un compagnon en maintes randonnées lointaines : dans la dernière lettre que j'ai reçue de lui (datée du 10 nov. 1936), Jacquet me disait de l'un d'eux : « ... un chef que j'estime et que j'aime beaucoup : il tient son rang plus que ses distances, et il fait face... » ; témoignage d'une profonde et lapidaire concision, à la française, qui fait autant d'honneur à la pénétration de celui qui l'a si brièvement formulé

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

qu'à l'élévation morale de celui qui l'a inspiré ! Et avec ses camarades, les uns de longue date, comme Roger Lambert, les autres rencontrés pour la première fois en terre d'Afrique, comme Nicklès, Chermette, etc., il fortifia ou noua les liens d'une amitié que sa mort a laissée inconsolable.

L'œuvre africaine de Jacquet, l'histoire de ses campagnes, le détail de ses levers cartographiques et de ses prospections hydrologiques, ont été excellemment résumés dans une notice publiée dans le Rapport annuel du Service géologique de l'A. O. F. Et je ne veux rappeler ici que les résultats les plus généraux qui s'en dégagent.

A part une tournée faite en compagnie de M. Malavoy dans la Guinée portugaise, toutes les explorations géologiques de F. Jacquet ont été consacrées à deux régions, où les méthodes de travail et les problèmes sont aussi différents que possible, le Sénégal et la Mauritanie.

L'intérêt de la stratigraphie sénégalienne résidait surtout dans l'étude de l'Éocène, d'un Éocène comparable à certains points de vue à celui du bassin parisien, c'est-à-dire non plissé et affecté de multiples variations de faciès. Mais cette étude, qui n'a pu être achevée dans le bassin de Paris que par les efforts séculaires d'innombrables observateurs, se présentait bien autrement ardue au Sénégal : les affleurements y sont presque toujours masqués par les sables ou les terres argileuses superficielles. On y avait bien reconnu, d'une part des couches phosphatées, comme au Maroc, et d'autre part des couches à grandes Nummulites de l'Éocène moyen. Mais, suivant une suggestion de H. Douvillé, on considérait généralement les couches à phosphates comme supérieures aux niveaux à Nummulites. Au contraire, dans le Sud marocain, L. Moret venait d'être conduit à admettre que les couches phosphatées les plus récentes devaient dater encore de l'Éocène inférieur ; malheureusement, dans cette dernière région, où les Nummulites sont inconnues, les rapports des niveaux à phosphates avec les niveaux à grandes Nummulites lutétiennes ne pouvaient être directement observés.

F. Jacquet reconnut bien vite que l'exploration des nombreux puits profonds creusés au Sénégal, et fournissant les seules coupes continues du Tertiaire de ce pays, pourrait lui permettre de préciser la stratigraphie de l'Éocène sénégalien. Il s'attacha avec courage et persévérance à cette tâche méticuleuse et ingrate, qui aurait rebuté bien des explorateurs passionnés de vastes horizons. Plus de 50 puits furent ainsi visités par lui ; et il confia à son

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ami Flandrin l'étude des Nummulites récoltées. Ces minutieuses études montrèrent d'abord que les niveaux phosphatés étaient bien, comme on l'avait soupçonné au Maroc, inférieurs aux couches à grandes Nummulites ; Jacquet put en outre, dans ces dernières, établir une véritable échelle paléontologique, où la succession des espèces (*N. distans* et *irregularis*, *N. Heeri*, *N. gisehensis*) est précisée et mise en rapport avec celle des formes d'Oursins (ces derniers déterminés par J. Lambert).

C'est tout un chapitre de l'histoire de l'Atlantique africain que Jacquet a écrit là.

A de telles minutieuses études de Stratigraphie paléontologique s'opposent, en un violent contraste, les travaux de Jacquet en Mauritanie : là, dans des terrains bien différents (Cambro-Silurien et Dévonien surtout), ce sont de longues et monotones randonnées, dans un pays presque inconnu et inhospitalier, aux prises avec la soif, avec les incidents ou les accidents de caravane, où le géologue doit se doubler d'un chef et d'un sportif. Jacquet fut tout de suite conquis par le charme puissant et mystérieux de cette vie saharienne. L'initiative éclairée de ses chefs lui permit de réaliser son rêve, et fit de lui l'explorateur attitré de ce Sahara mauritanien qu'il aimait tant. Il l'avait déjà parcouru en tous sens, venant du Sud, de Dakar, ou du Nord, du Maroc. En 1934 et 1935, il en rapporta ainsi une abondante moisson de documents paléontologiques, en particulier de magnifiques séries de Brachiopodes et surtout de Polypiers dévoniens. En janvier 1937, il put ainsi présenter à notre Société un premier aperçu d'ensemble « sur la structure du Sahara mauritanien », où il complétait les données recueillies par son ami Th. Monod et prolongeait vers le Sud les unités structurales étudiées dans le Sud-marocain par Menchikoff. Devant lui s'ouvrait un avenir riche de promesses, où lui-même, ses chefs et ses maîtres voyaient s'annoncer une belle œuvre géologique. Une tragique et mystérieuse aventure devait clore brutalement cet avenir à peine entrevu.

En novembre 1936, il repart de Dakar et dirige de nouveau sa caravane sur la Mauritanie; le 8 avril 1937, ne gardant avec lui que deux partisans maures, il quitte son convoi à Hassi-el-Motlah, près de Tidjikja, en se proposant de le retrouver au poste d'Akjoujt, qu'il comptait ainsi gagner par un nouvel itinéraire. Jamais il ne rejoignit ce rendez-vous, et, malgré de multiples recherches effectuées par l'aviation et les groupes nomades, on ne sut jamais au juste comment se termina cette solitaire ran-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

donnée. On apprit seulement que les deux partisans qui l'accompagnaient s'étaient précipitamment enfuis du pays en se cachant; il paraît probable que Jacquet fut par eux traîtreusement assassiné. Tout espoir de le retrouver vivant s'évanouit progressivement.

Et le 27 avril 1938, jour de la Saint-Fernand, la petite église de Saint-Siméon se remplissait d'une foule tristement émue : des anciens maîtres, des camarades africains du disparu y étaient venus apporter à son père le témoignage d'une sympathie qui ne s'éteindra pas. Et surtout, par cette calme et radieuse matinée de printemps dauphinois, on voyait déboucher de tous les chemins de campagne un interminable défilé de parents proches ou lointains, d'amis, jeunes ou vieux, qui tous, en s'inclinant devant la douleur du « père Jacquet », évoquaient la vision tragique de cet enfant de leur terre, tombé au loin, dans un désert sans limites, sous la lumière crue du terrible soleil saharien.

Qu'il me soit permis de reproduire textuellement ici quelques passages d'une longue lettre que Jacquet m'adressait au retour d'une de ses dernières tournées sahariennes :

« Ma traversée désertique s'est bien effectuée et je continue à « me passionner pour le Sahara comme je me serais passionné « pour la Montagne. Il n'y a pas de différence d'ailleurs dans « l'ordre de grandeur des impressions, et ne pourrait-on pas « dire que : ce que la montagne exprime verticalement, le Sahara, « lui, l'exprime horizontalement ; c'est le même appel à un effort « qui donne d'autant plus de joie qu'il est plus rude. »

Et, après avoir raconté ses dernières découvertes géologiques et archéologiques, il continuait ainsi :

« A côté de tout cela et parmi toutes les autres impressions « du Nomade, il y a la joie d'observer le milieu bidane. Les « étapes successives de notre pénétration me paraissent assez « bien soulignées par quelques livres. C'est d'abord l'époque où « le Nomade fuit ; l'impression dominante pour l'officier, c'est sa « solitude; il est naturellement amené à penser. Psichari, res- « tant sur le plan religieux et philosophique, écrit le « Roman du « centurion » et « Les voix qui crient dans le désert ». La con- « quête pourtant s'achève et la Mauritanie connaît l'époque « glorieuse évoquée par Palluel-Marmont dans « Croix sur le « sable ».

« Peu après, la conquête se stabilise ; mais c'est encore l'époque « des poursuites exaltantes, l'époque des razzis. « L'escadron « blanc » de Peyré est déjà mieux observé que les précédents « romans.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

« Cependant un officier mauritanien, le Capitaine Brosset « (Charles Diego), ne retrouve pas ses impressions vécues dans « aucune de ces œuvres. Son livre « Sahara » nous restitue « l'ambiance d'El Khiam (le campement) ; malgré un style parfois « pénible, il plaît aux méharistes.

« Nous n'avons pourtant pas encore l'intelligence complète du « milieu bidane. C'est sous la Kaima, la tente noire, conique, des « nomades, qu'il faut aller nous asseoir. Nous y verrons la ma- « man embrasser son petit enfant, superbement nu, bronzé, « avec une mine déjà intelligente et éveillée... ».

La sécheresse voulue des publications scientifiques, les seules que nos jeunes géologues se permettent d'ordinaire, ne donne qu'une idée bien imparfaite de leurs pensées journalières, de l'atmosphère philosophique et morale dans laquelle s'enveloppent leurs rêveries au camp, à la nuit tombante. Il est réconfortant pour nous de voir que la science des pierres ne les a pas retranchés de l'humanité, qu'elle est pour eux, non un métier, mais une vocation, qu'elle élargit leur cœur et enrichit leur esprit d'une universelle charité. Dans ce témoignage, que je ne puis relire sans émotion, on verra un nouveau motif, pour les « sédentaires », de dire toute l'admiration qu'ils doivent aux jeunes qui, sur les lointaines pistes, font rayonner avec un tranquille courage, sans vaine forfanterie, le prestige de la « douce France ».

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

LISTE CHRONOLOGIQUE
DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DE FERNAND JACQUET

Abréviations : *CR.A.S.* = Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
B.S.G.F. = Bulletin de la Société géologique de France.
C.R.S.G.F. = Comptes rendus sommaires des séances de la Société géologique de France.

1. Une faune du Miocène moyen dans la vallée du Nahr-el-Kébir (Nord de Lattaquié, Syrie). *C.R.S.G.F.*, 1933, n° 6, 20 mars 1933.

2. Sur le Primaire fossilifère de l'Adrar mauritanien (en collab. avec Th. Monod). *CR.A.S.*, t. 201, 12 nov. 1935.

3. Sur l'âge éocène inférieur des couches phosphatées du Sénégal. *CR.A.S.*, t. 202, 27 janv. 1936.

4. Sur l'Éocène moyen à Nummulites du Sénégal. *CR.A.S.*, t. 203, 3 août 1936.

5. Le flanc méridional du synclinal de Tindouf dans les confins de la Mauritanie septentrionale. *CR.A.S.*, t. 203, 30 nov. 1936.

6. L'Éocène et les phosphates dans la vallée du fleuve Sénégal. *CR.A.S.*, t. 203, 7 déc. 1936.

7. La position stratigraphique de *Nummulites Heeri* dans l'Éocène du Sénégal. *C.R.S.G.F.*, 1936, n° 17, 7 déc. 1936.

8. Les Échinides fossiles du Sénégal (en collab. avec J. Lambert). *B.S.G.F.*, 5e sér., t. 6, 1936, p. 339-361, 3 pl. phot.

9. Les Nummulites de l'Éocène moyen du Sénégal (en collab. avec J. Flandrin). *B.S.G.F.*, 5e sér., t. 6, 1936, p. 363-373, 1 pl. phot.

10. Les formations géologiques de la Guinée portugaise (en collab. avec J. Malavoy). *CR.A.S.*, t. 204, 24 mai 1937.

11. Sur la structure du Sahara mauritanien. *B.S.G.F.*, 5e sér., t. 7, 1937, p. 3-8, 1 fig. (carte géol.).

12. Sur les relations de la chaîne du Sénégal oriental avec les plateaux mauritanien et soudanais (en collab. avec M. Nicklès). *CR.A.S.*, t. 205, 6 déc. 1937.

13. Les grandes lignes de l'hydrologie mauritanienne. *Bull. du Service des Mines de l'A. O.F.* (sous presse).

14. Sur l'hydrologie profonde du Djoloff et du Siné-Saloum. *Bull. du Service des Mines de l'A. O. F.* (sous presse).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Quelques Gastéropodes maestrichtiens de Turquie

par **Geneviève Delpey**[1].

Résumé.

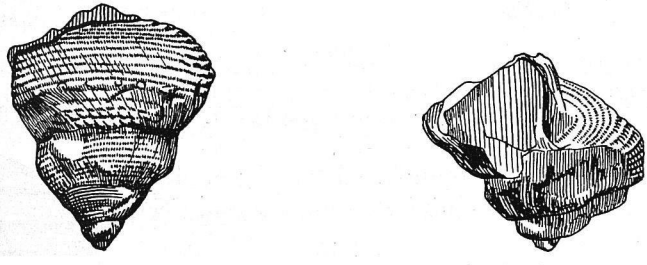
Description de Gastéropodes maëstrichtiens de la région d'Istanbul. Formes nouvelles des genres *Calliomphalus*, *Columbella*, *Borsonia* ; autres espèces déjà connues ailleurs (Inde, Libye, Aquitaine, Limbourg, Missouri, Madagascar).

Les tufs volcaniques de Zekerieköy (près de la mer Noire, au Nord-Ouest d'Istanbul) ont été découverts en 1930 par MM. Chaput et Hovasse[2] ; leur faune d'Ammonites, comprenant en particulier *Parapachydiscus Brandti* Redt. var. *Pegoti* de Grossouvre, permet de les rapporter à la base du Maëstrichtien (horizon de Kunraed et de Neue Welt, classé par certains auteurs dans le Campanien supérieur) ; ils sont surmontés en concordance par des calcaires à Orbitoïdes et Bélemnitelles.

Parmi les fossiles recueillis dans ces tufs par Mme Chaput se trouvent des Gastéropodes qui m'ont été confiés pour détermination, et qui sont particulièrement intéressants, les Gastéropodes mésozoïques de Turquie étant encore peu connus. Ainsi la répartition de quelques espèces se trouve étendue. D'autre part, plusieurs genres représentés surtout au Tertiaire s'y rencontrent déjà.

Calliomphalus* (*Metriomphalus*) *zekerieköyensis nov. sp.

Fig. 1 et 2.



1 2

Fig. 1 et 2. — *Calliomphalus* (*Metriomphalus*) *zekerieköyensis* nov. sp. 2 échantillons différents (× 2).

1. Note présentée à la séance du 13 juin 1938.
2. Voir surtout : E. Chaput, 1936, p. 153-156 et fig. 18.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Hauteur 16,5 mm. ; diamètre 15 mm. ; angle spiral 80° et 100° ; nombre de tours 5.

Plus ou moins longue, la spire se compose de tours qui, généralement pliés et carénés vers leur milieu, sont ornés d'une dizaine de cordons longitudinaux finement écailleux. La base convexe, ornée de la même façon, est percée d'un ombilic moyen. L'ouverture est simplement accolée à l'avant-dernier tour.

La carène qui orne la partie moyenne des tours rappelle assez *Delphinula* car, d'habitude, *Calliomphalus* n'a qu'une rampe inférieure et parfois une rampe supérieure. Mais la forme de l'ouverture et l'élévation de la spire rappellent surtout *Calliomphalus*.

Solariella sp.

Fig. 3.

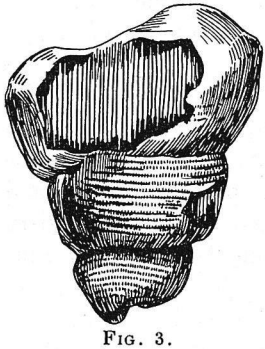


FIG. 3.
Solariella sp. (× 2).

Hauteur 21 mm. ; diamètre 16, 5mm. ; angle spiral 58° ; nombre de tours 4.

Cette forme a une spire allongée dont les tours, convexes, présentent des caractères moyens d'ornementation : 12 ou 13 cordons et filets longitudinaux, pas trace de carène médiane, partie inférieure du tour ondulée comme chez *Solariella*.

Elle rappelle, en plus élancé, *Turbo* (*Solariella*) *rimosus* BINKHORST var. *granulata* KAUNHOVEN.

Callistoma difficilis (D'ORBIGNY) COSSMANN sp.

Fig. 4.

1842-1843. *Trochus difficilis* D'ORBIGNY, p. 191.
1918. *Proconulus cf. difficilis* COSSMANN, t. XI, p. 278, pl. IX, fig. 5-6.

Hauteur 9 mm. ; diamètre 13 mm. ; angle spiral 118° 1/2 ; nombre de tours 4 ou 5.

Jusqu'ici assez mal définie, cette espèce possède des tours carénés antérieurement et ornés de 5 ou 6 faibles cordons longitudinaux. La base convexe, où se dessine parfois un ombilic ponctiforme, porte une orne-

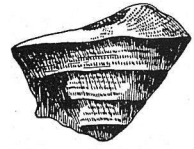


FIG. 4.
Callistoma difficilis (D'ORBIGNY) COSSMANN (× 2).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

mentation semblable. Cependant, chez le seul échantillon figuré jusqu'ici, décrit par Cossmann, la base est lisse.

Citée par d'Orbigny dans la craie chloritée du Bassin pyrénéen, cette espèce a été identifiée par Cossmann dans le Santonien de Fraissinet le Gélat et par moi-même dans le Turonien supérieur des environs de Périgueux (Coll. Arnaud).

Turritella dispassa Stoliczka.

Fig. 5.

1868. *Turritella* (*Torcula*) *dispassa* Stoliczka, p. 218, pl. XIX, fig. 10-11.
1912. *Turritella* (*Torcula*) *plana* A. Quaas, p. 250, pl. XXVI, fig. 3-5 (non Binkhorst).
1912. *Turritella* (*Haustator*) *dispassa* Cossmann, t. IX, p. 116.
1922. *Turritella* (*Haustator*) *dispassa* J. Cottreau, p. 58, pl. VII, fig. 10-11.
1932. *Turritella* (*Haustator*) *dispassa* E. Basse, p. 100, pl. XII, fig. 17-19.

Fig. 5.
Turritella dispassa Stoliczka (× 2).

Hauteur 23,5 mm. ; diamètre 11,5 mm. ; angle spiral 26° 1/2 ; nombre de tours 6 1/2.

La caractéristique de cette espèce est la dissymétrie de ses tours plan-concaves plus saillants à leur suture supérieure. Ils portent généralement une rampe plus faible au-dessus de la suture inférieure. Pourtant, sur l'un des 3 exemplaires qui représentent cette forme à Zekerieköy, la rampe inférieure est la plus forte, au moins chez les tours plus âgés. L'ornementation d'un tour se compose de 5 ou 6 cordons longitudinaux et de filets. On ne distingue pas les stries d'accroissement.

Cette Turritelle est connue dans le groupe d'Arrialoor en Inde méridionale et dans le Crétacé supérieur de la Libye et de Madagascar (Est et Nord-Ouest).

Tylostoma patens Binkhorst sp.

Fig. 6.

1861. *Natica patens* Binkhorst, p. 18, pl. II, fig. 1.

Hauteur 23 mm. ; diamètre 22 mm. ; argile spiral 112° 1/2 ; nombre de tours 5.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

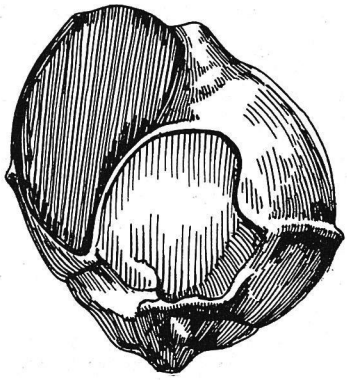


FIG. 6. — *Tyostoma patens* BINKHORST (× 2).

C'est une forme globuleuse à tours assez convexes et test lisse. Sur l'échantillon le plus typique, on distingue les deux varices diamétralement opposées qui caractérisent l'espèce.

On l'a trouvée dans le Maëstrichtien du Limbourg et je l'ai identifiée au même niveau dans le Sud-Ouest de la France.

***Pterodonta* (*Rostrocerithium*) sp.**

Fig. 7.

Hauteur 16,5 mm. ; diamètre 9 mm. ; angle spiral 34° ; nombre de tours 4.

Cet assez mauvais échantillon à spire allongée, tours presque plans et base faisant un angle avec le dernier tour, peut être rapproché de *Pterodonta? terebralis* STOLICZKA (p. 42, pl. V, fig. 6-8) du groupe Ootatoor de l'Inde méridionale. On n'y distingue pas de traces de varices, mais ce caractère paraît être assez variable chez les représentants de *Rostrocerithium*.

FIG. 7. — *Pterodonta* (*Rostrocerithium*) sp. (× 2).

***Pseudoliva* sp.**

Fig. 8.

Hauteur 13 mm. ; diamètre 10 mm. ; angle spiral 92° ; nombre de tours 3.

Un exemplaire en mauvais état porte encore nette la rainure dorsale caractéristique qui est ici presque médiane à l'ensemble de la base et du dernier tour. Le test n'a pas conservé son ornementation fine et la rampe inférieure porte une douzaine d'ondulations. Il n'y a pas d'ombilic.

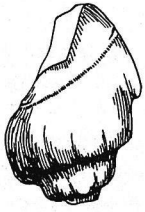


FIG. 8. *Pseudoliva* sp. (× 2).

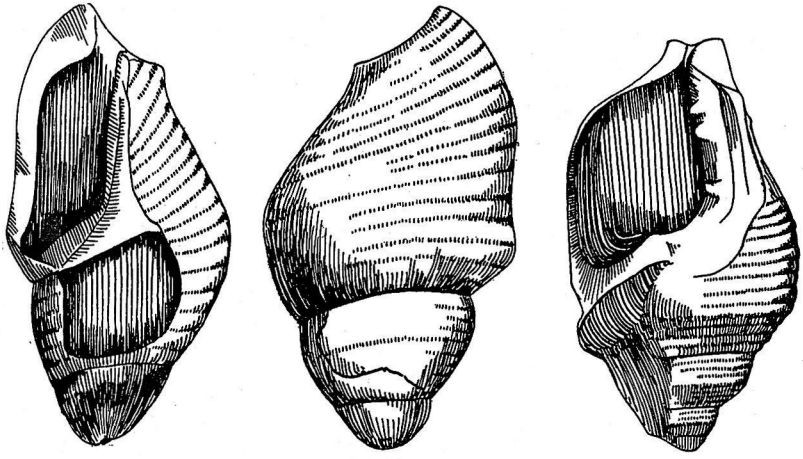
Cette espèce se distingue de la forme maëstrichtienne *Pseudoliva Zitteli* PETHÖ (in ZITTEL, p. 265, fig. 367) par sa rainure dorsale placée moins haut. Pour cette raison, l'ensemble de la base et du dernier tour paraît moins globuleux et plus élancé.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Columbella Chaputi nov. sp.

Fig. 9 *a-b*, 10.

Hauteur 9,5 mm. ; diamètre 5 mm. ; angle spiral 59° ; nombre de tours 5.



9 a. 9 b. 10.

FIG. 9 a-b et 10. — *Columbella Chaputi* nov. sp. (×8) ; fig. 9 a-b, même échantillon vu de deux côtés différents ; fig. 10, autre échantillon montrant les plis columellaires.

Cette espèce est particulièrement intéressante parce qu'elle semble être, jusqu'à présent, la plus ancienne *Columbella* connue.

La spire est moyennement allongée, des cordons longitudinaux et des stries d'accroissement ornent les tours et la base. Sur un échantillon plus trapu, un cordon presque médian sert de charnière à un léger pli. L'ouverture comprend un bord pariéto-columellaire calleux un peu détaché de la base et qui présente chez l'un des échantillons 2 ou 3 plis invisibles ailleurs. Le bord labial est ondulé à sa partie inférieure par la gouttière pariéto-labiale. Le canal siphonal, assez court, ne paraît pas très échancré.

Cryptorhytis cf. *gracilis* J. BÖHM sp.

Fig. 11.

1847. *Fusus Renauxianus* MÜLLER, fig. 34 (non D'ORBIGNY).
1885. *Raphistoma gracilis* J. BÖHM, p. 70, pl. I.
1887-1888. *Fusus gracilis* HOLZAPFEL, p. 104, pl. XI, fig. 1-2.
1901. *Cryptorhytis gracilis* COSSMANN, t. IV. p. 56, pl. II, fig. 20.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Hauteur (sans le canal) 27 mm. ; diamètre 12 mm. ; angle spiral 30° ; nombre de tours 7.

On ne peut identifier cette espèce avec une certitude absolue, car il ne reste rien du canal. La spire, très allongée, se compose de tours convexes portant 8 côtes transversales, affaiblies chez l'adulte vers la suture inférieure et 8 ou 9 cordons longitudinaux. D'un tour à l'autre, les côtes sont réparties d'une façon assez quelconque, soit sans ordre, soit en pyramide régulière ou tordue. Le dernier tour et la région de la base qui en est le plus proche forment un ensemble fortement convexe et, chez les individus-types, le cou est très allongé et bien distinct. Les stries d'accroissement sont concaves vers l'ouverture et ne forment pas de sinus inférieur.

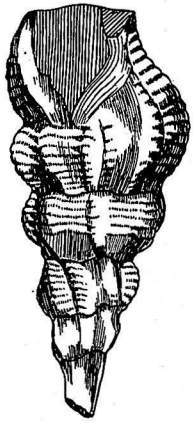


FIG. 11. *Cryptorhytis* cf. *gracilis* J. BÖHM (× 2).

Cette espèce, qui a été décrite dans le Sénonien supérieur d'Aix-la-Chapelle, se distingue de *Fusus Renauxianus* D'ORBIGNY (1842-1843, p. 339, pl. CCXXIII, fig. 10) par sa forme plus élancée, son cou plus allongé et la partie inférieure de sa base plus convexe.

Borsonia Chaputi nov. sp.

Fig. 12.

Hauteur 32 mm. ; diamètre 13,5 mm. ; angle spiral 41° ; nombre de tours 7.

Les 4 plis columellaires obliques allant plutôt en décroissant vers le haut, à la manière des *Mitridae*, sont très caractéristiques de cette espèce. La spire est allongée. La bandelette sinusaire, ornée d'écailles et de 1 ou 2 stries longitudinales, est située juste au-dessus de la suture inférieure. L'ornementation des tours et de la base se compose de cordons longitudinaux rendus granuleux par les lamelles d'accroissement. Six côtes transversales mal limitées bossellent le tour. L'ouverture est étroite et terminée par un canal assez long.

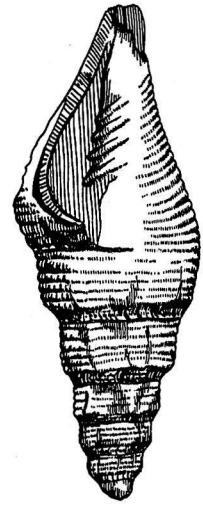


FIG. 12. *Borsonia Chaputi* nov. sp. (× 2).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'ornementation de cette espèce est typiquement celle d'un Pleurotomidé. Le sinus sutural et les plis columellaires rappellent les *Gosavia* (*Rostellites*). Parmi les *Pleurotomidae*, il n'y a guère que le genre *Borsonia* qui présente des plis columellaires aussi forts et nombreux (voir *Borsonia Cœmansi* BRIART et CORNET du Calcaire de Mons, pl. V, fig. 5), mais la bandelette sinusaire, généralement moins limitée, est située plus loin de la suture et le nombre des plis ne dépasse guère 3. Une seule espèce, citée avec doute au Sénonien, est *Borsonia mitraeformis* GABB et WHITNEY, de Californie.

Mesorhytis gracilenta MEEK.

Fig. 13.

1876. *Fasciolaria*? (*Mesorhytis*) *gracilenta* MEEK, p. 364, fig. 45.

Hauteur 27 mm.; diamètre 10 mm.; angle spiral 41° 1/2; nombre de tours 6 ou 7.

C'est une espèce allongée, fusiforme, à tours plans ou faiblement convexes ornés de 7 ou 8 fins cordons longitudinaux et portant à la suture inférieure un cordon orné de crénelures. Assez étroite, l'ouverture se termine par un canal qui devait être très long. Le bord columellaire porte 3 plis.

FIG. 13. *Mesorhytis gracilenta* MEEK (× 2).

Meek a comparé à *Fasciolaria assimilis* STOLICZKA (p. 110, pl. X, fig. 5-7) du groupe de Trichinopoly de l'Inde méridionale, le type sénonien du Missouri dont les tours sont beaucoup moins convexes.

Les Gastéropodes du Sénonien supérieur de Zekerieköy comportent donc : 1 espèce connue dans le Turonien et le Santonien du Sud-Ouest de la France : *Callistoma difficilis*.

1 espèce du Maëstrichtien du Limbourg et du Sud-Ouest de la France : *Tylostoma patens*.

1 espèce du Sénonien supérieur de l'Inde méridionale, de Libye et de l'Est et Nord-Ouest de Madagascar : *Turritella dispassa*.

1 espèce du Sénonien d'Amérique du Nord : *Mesorhytis gracilenta*.

A côté de ces formes déjà plus ou moins connues auparavant et qui témoignent d'un faciès méditerranéen banal du Sénonien

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

supérieur, la présence des genres *Columbella*, jamais encore rencontré au Secondaire, et *Borsonia*, représenté seulement en Californie par une espèce douteuse au Sénonien, montre que ces formes sont déjà caractérisées au Crétacé supérieur.

Parmi les formes indéterminables, le sous-genre *Rostrocerithium* de *Pterodonta* est localisé dans le Crétacé supérieur et le genre *Pseudoliva* était déjà connu à partir du Maëstrichtien.

BIBLIOGRAPHIE

1842-1843. d'Orbigny (Alcide). Paléontologie française. Terrains crétacés. T. II, Gastéropodes.

1847. Müller (Joseph). Monographie der Petrefacten der Aachener Kreideformation. *Bonn.*

1861. Binkhorst van den Binkhorst (J.-T.). Monographie des Gastéropodes et des Céphalopodes de la craie supérieure du Limbourg. *Bruxelles-Maëstricht.*

1868. Stoliczka (Ferdinand). Cretaceous fauna of Southern India, vol. II. The Gastropoda. *Mem. of the Geol. Survey of India.*

1876. Meek (F.-B.). A report on the Invertebrate Cretaceous and Tertiary Fossils of the Upper Missouri Country. *Rep. of the Un. St. Geol. Surv. of the Territories*, t. IX.

1880-1885. Zittel (Karl). Handbuch der Palaeontologie.

1885. Böhm (J.). Grünsand von Aachen und eine Molluskenfauna. *Bonn.*

1887-1888. Holzapfel (E.). Die Mollusken der Aachener Kreide. *Palaeontographica*, t. XXXIV.

1895-1925. Cossmann (Maurice). Essais de Paléoconchologie comparée, T. I-XIII.

1902. Quaas (A.). Fauna der Obersten Kreidebildungen in den libyschen Wüste. *Palaeontographica*, XXX, 2e partie.

1922. Cottreau (J.). Fossiles crétacés de la côte orientale de Madagascar. *Annales de Paléontologie*

1932. Basse (Éliane). Faune malacologique du Crétacé supérieur du Sud-Ouest de Madagascar. *Annales de Paléontologie*, t. XXI et XXII.

1936. Chaput (Ernest). Voyage d'études géologiques et géomorphogéniques en Turquie. *Mém. Inst. fr. d'Arch. de Stamboul*, II.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur l'interprétation tectonique du Sud du Chaînon de Saint-Chinian (Hérault)

par **Louis Barrabé** [1].

Résumé.

L'étude détaillée de la coupe transversale du Chaînon de Saint-Chinian suivant la cluse du ruisseau de Roquefourcade, faisant suite à une étude antérieure de l'extrémité sud de ce Chaînon, permet d'en donner l'interprétation structurale suivante : un seul grand anticlinal couché paraît avoir formé la chaîne, toutefois son axe, constitué par des calcaires du Lias et des marnes du Trias, présente des replis secondaires qui n'ont pas affecté l'enveloppe danienne par suite d'un décollement survenu au niveau des marnes et grès maëstrichtiens.

J'ai montré dans une note précédente [2], les raisons qui m'ont conduit à admettre qu'au moins dans sa partie méridionale, le chaînon de Saint-Chinian, constitué par du Crétacé supérieur et de l'Éocène inférieur marin, doit chevaucher sur 4 km. au minimum, son avant-pays formé d'Éocène supérieur continental.

Dans cette région, au Nord de Bize, le Chaînon se présente comme un anticlinal couché, dont la charnière frontale, formée par des calcaires à Alvéolines et des marnes, est bien visible au Mont Cayla, tandis que la zone axiale du pli, affleurant dans la région de Montouliers, est constituée par des grès et des marnes rouges du Maëstrichtien. La coupe schématique ci-contre (fig. 2) rend compte de cette interprétation : le flanc inverse de l'anticlinal est laminé et, dans son contact avec le substratum (prolongation vers le Nord de l'anticlinal du Pech de Bize) s'observent plusieurs lames de calcaire à Alvéolines appartenant à ce flanc inverse.

Cette conception tectonique du Chaînon de Saint-Chinian, basée sur la structure de sa terminaison méridionale, semble toutefois plus difficile à admettre au Nord du parallèle de Montouliers. Une étude objective de cette dernière région est indispensable avant d'essayer d'en comprendre la structure.

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.

2. L. Barrabé. Sur la structure de l'extrémité méridionale du Chaînon de Saint-Chinian (Hérault). *C.R.S.S.G.F.*, n° 2, p. 14, 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Coupe du Chaînon de Saint-Chinian, suivant le ruisseau de Roquefourcade, entre les abords du Puech Montahut et Cruzy.

La vallée ou cluse du ruisseau de Roquefourcade traverse, suivant une direction presque normale à la direction des plis, la partie méridionale du Chaînon de Saint-Chinian et en donne par suite une coupe intéressante. On y observe de l'Ouest à l'Est les unités suivantes :

1° Une zone externe occidentale qui s'étend, avec une largeur moyenne de 1 km., à l'Ouest de la route de Bize à Villespassans. Cette zone est constituée par deux grosses barres de calcaires rognaciens formant deux collines espacées, séparées par une dépression profonde occupée par des marnolithes roses. L'ensemble est affecté d'un pendage ESE et s'appuie à l'Ouest, par l'intermédiaire d'une couche de marnolithes rouges vitrolliens, sur l'Eocène supérieur continental du Bassin du Minervois (marnes et calcaire d'Agel).

L'Éocène marin (calcaires à Nummulites et Alvéolines et marnes grises du Lutétien inférieur) qui est largement développé plus au Sud, dans la charnière anticlinale du Mont Cayla, et qui reparaît plus au Nord, dans la région de la Chapelle Saint-Pierre, manque ici, probablement par suite de son laminage dans le flanc inverse de la charnière frontale prolongeant celle du Mont Cayla.

2° Une zone interne, orientale, comportant des anticlinaux de Lias, d'Infra-Lias et parfois de Trias, alternant avec des synclinaux de grès, de poudingues et de marnes rouges (« Grès à Reptiles ») du Maëstrichtien. Tous les plis de ce faisceau sont couchés vers l'WNW.

La route de Bize à Villespassans suit une dépression occupée par des marnolithes roses du Rognacien surmontés vers l'Est par des calcaires et des poudingues de même âge. L'ensemble plonge, vers l'ESE, sous des calcaires dolomitiques gris du Lias inférieur qui forment un escarpement longeant la route. Au Sud de la cluse du ruisseau de Roquefourcade, des grès et des marnes rouges du Maëstrichtien, s'intercalent dans le contact Lias-Rognacien. Plus au Sud encore, à l'Est de la côte 230 (près de Montplo-le-Haut), ce sont des calcaires rhétiens à gros grains de quartz blanc, passant à des grès, qui surmontent directement le Maëstrichtien.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

En continuant à suivre la cluse du ruisseau de Roquefourcade, depuis la route de Bize à Villespassans jusqu'à Cruzy, on observe successivement les unités tectoniques suivantes :

a) Un large anticlinal de Lias inférieur (calcaires dolomitiques gris, avec un axe d'Infra-Lias (calcaires à gros grains de quartz,

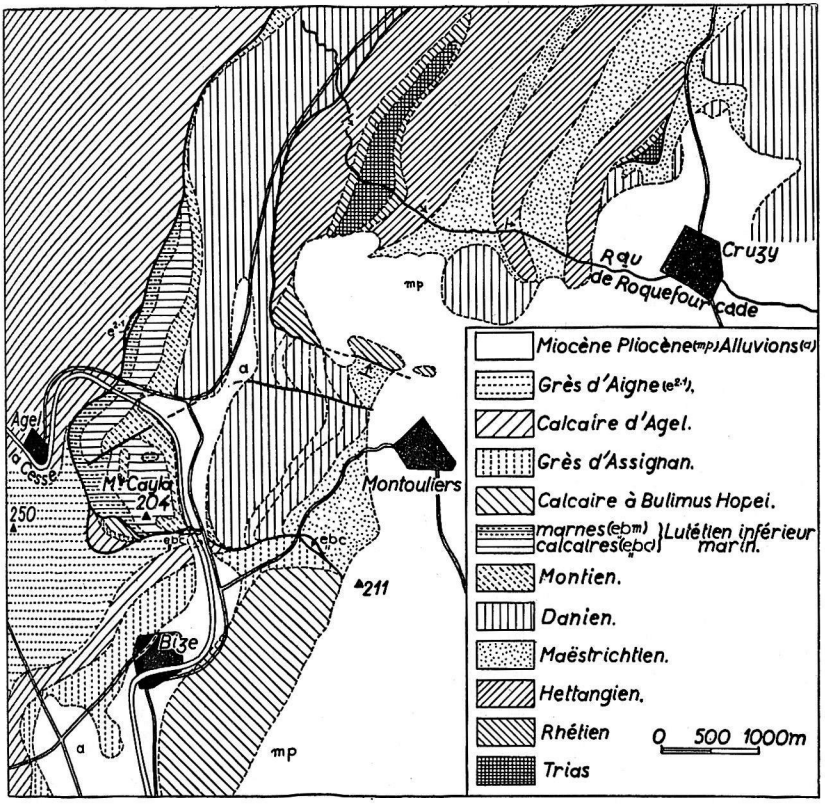


FIG. 1. — Carte géologique de la partie méridionale du Chaînon de Saint-Chinian.

calcaires en plaquettes et marnes gris-verdâtre) et de Trias (marnes bariolées avec gypse) constituant une combe entre les collines de calcaires liasiques.

b) Un synclinal de grès, poudingues et marnes rougeâtres (Grès à Reptiles) du Maestrichtien, marqué dans la topographie par un val.

c) Un anticlinal étroit de calcaires du Lias inférieur.

d) Un synclinal de grès et marnes maestrichtiens formant un nouveau val.

e) Un anticlinal de calcaires dolomitiques du Lias inférieur

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

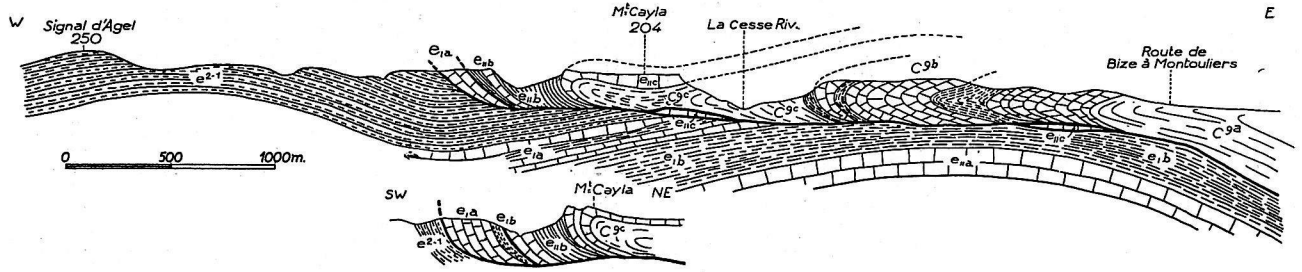


FIG. 2. — Coupe transversale interprétative de l'extrémité méridionale du Chaînon de Saint-Chinian.

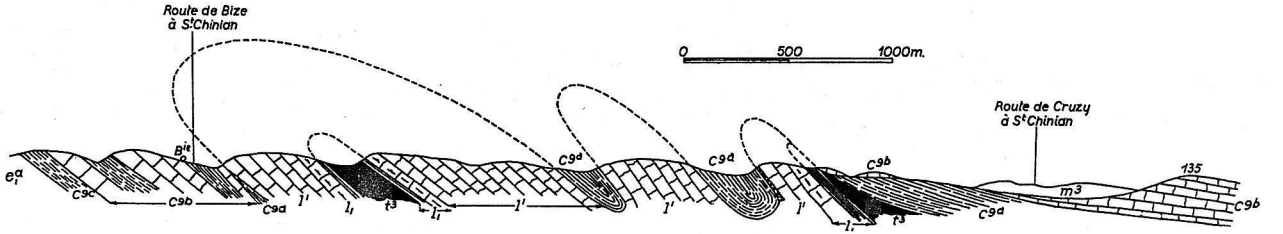


FIG. 3. — Coupe transversale du Chaînon de Saint-Chinian au Nord de la cluse du Ruisseau de Roquefourcade.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

surmontés à l'Est par des calcaires en plaquettes et des marnes verdâtres du Rhétien.

f) Un banc de calcaire rognacien s'appuie sur le flanc oriental de ce dernier anticlinal et plonge vers l'Est sous des marnes helvétiennes qui s'étendent jusqu'à Cruzy.

Tous ces plis sont couchés vers l'WNW conformément à la coupe ci-contre (fig. 3) suivant une parallèle à la cluse, à 1 km. environ au Nord de celle-ci ; les pendages sont plus accusés (jusqu'à 60°) dans les plis orientaux que dans les plis occidentaux. Souvent, en particulier entre l'anticlinal « *e* » et le synclinal « *d* », le contact du Lias et du Maestrichtien est souligné par une zone écrasée comportant des marnes rougeâtres ou verdâtres, des calcaires du Lias, de la bauxite et des grès crétacés.

Pour compléter cette coupe, visible suivant la cluse, et préciser les caractères de son extrémité occidentale, il faut examiner les abords de la Source de Geyssa au NW de Cruzy. Là, les calcaires dolomitiques du Lias inférieur de l'anticlinal « *e* » sont surmontés par du Rhétien bien caractérisé qui s'enfonce lui-même sous des marnes rouges à gypse de Keuper dans lesquelles prend naissance la Source de Geyssa ou « Richemont », aujourd'hui tarie après avoir fait l'objet d'une tentative d'exploitation.

Plus loin vers l'Est, des grès et des marnes rougeâtres et verdâtres de Maestrichtien viennent s'appuyer contre le Trias, mais du fait de l'existence d'une zone de mélange de ces deux formations, leur surface de contact est mal définie [1].

Le Maestrichtien est surmonté lui-même, avant d'atteindre la route de Cruzy à Saint-Chinian, par des calcaires gris clair, bien lités, présentant quelques intercalations de marnes grises et affectées d'un pendage de 60° environ vers l'ESE. Cette formation, nous le verrons par la suite, doit être rapportée à la base du Rognacien. Au delà vers l'Est, ce sont les marnes helvétiennes qui tapissent tout le fond du vallon qu'emprunte la route de Saint-Chinian, masquant la suite de la coupe. Il est toutefois possible de se rendre compte, malgré une discontinuité résultant de la présence de cette couverture néogène, que les calcaires rognaciens subhorizontaux qui dominent la Source de Geyssa au Sud, recouvrant successivement tous les termes de la série (Maestrichtien, Trias, Rhétien) et venant s'appuyer contre les calcaires du Lias de l'anticlinal, appartiennent au même com-

1. Cette superposition directe du Maestrichtien au Keuper peut avoir été stratigraphique aussi bien que tectonique étant donnée la longue lacune qui sépare ces deux niveaux et la possibilité de mouvements orogéniques anté-cénomaniens dans la région.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plexe Rognacien que les calcaires gris à intercalations marneuses de la coupe précédente qui affleurent un peu plus au Nord. La suite de cette étude nous permettra d'ailleurs d'observer une disposition dysharmonique semblable au SE de Cruzy.

Vers l'Est, au delà de la route de Cruzy à Saint-Chinian et du lambeau de marnes helvétiennes qui occupe le fond du vallon, les calcaires et marnolithes du Rognacien s'étalent très largement constituant les plateaux qui s'étendent de Quarante au Sud jusqu'à Fargoussières, puis à l'Orb, vers le Nord. Tandis que ce Rognacien présente son faciès normal dans la partie intérieure et orientale des plateaux, la base de l'étage, affleurant le long de leur bord occidental et formant un escarpement qui domine la dépression où passe la route de Saint-Chinian, est constituée par des calcaires gris, des marnes grises et des marnes blanchâtres crayeuses bien différents des formations rognaciennes typiques. Cet horizon repose directement sur les marnes et les grès rouges du Maestrichtien et c'est certainement un affleurement prolongeant ces mêmes calcaires gris et ces marnes, que nous avons signalé dans la coupe précédente, à 500 m. environ à l'Est de la Source de Geyssa.

Je n'ai pu recueillir aucun fossile dans cette formation, toutefois, en lame mince, les calcaires présentent de nombreux débris d'organismes (Characées et Ostracodes surtout) qui ne laissent aucun doute sur leur origine lacustre. Leur situation entre le Maestrichtien et le Rognacien, dans une série subtabulaire, ne permet guère de douter de leur âge Rognacien inférieur ; c'est par erreur que cette formation a été figurée en Lias inférieur sur la feuille géologique de Bédarieux et d'ailleurs Ch. Depéret s'est corrigé lui-même puisqu'il a indiqué en Crétacé supérieur la prolongation du même niveau sur la feuille de Narbonne [1].

La coupe du chaînon de Saint-Chinian qui vient d'être décrite paraît facile à interpréter. Elle comporte une série stratigraphique comprenant du Trias, de l'Infra-Lias et du Lias inférieur, surmonté directement [2], sans discordance initiale apparente, par des grès à Reptiles du Maestrichtien et du Rognacien calcaire et marneux. Cet ensemble a été fortement plissé par des poussées dirigées de l'ESE vers l'WNW, qui ont donné naissance à trois

1. Je n'ai retrouvé ce même faciès du Rognacien, au Sud du Chaînon de Saint-Chinian, que sur le bord méridional d'un affleurement danien émergeant des dépôts néogènes et quaternaires, au contact d'un petit pointement de Lias inférieur, près de Sallèles d'Aude.

2. Dans la terminaison périanticlinale de l'anticlinal « e », au nord de Cruzy, j'ai observé toutefois des marnes grises à nodules ferrugineux et à jayet, probablement sénoniennes ou turoniennes entre le Lias et le Maestrichtien.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

anticlinaux liasiques couchés, séparés par des synclinaux maestrichtiens.

La situation du lambeau de Rognacien qui repose à la fois sur les grès à Reptiles, sur les marnes du Keuper, sur le Rhétien et jusque sur le Lias inférieur, au NW de Cruzy, donnant l'impression qu'il existe une discordance entre le Rognacien et le Maestrichtien, vient toutefois compliquer un peu cette structure en apparence très simple. On ne peut pas, en effet, attribuer cette disposition à une discordance stratigraphique, car il faudrait admettre une phase orogénique importante au cours du Crétacé supérieur, ce que rien, dans la région, ne vient confirmer. C'est donc une dysharmonie dans le plissement qui a dû entraîner cette pseudo-discordance.

Une disposition analogue s'observe encore, tout aussi nette, un peu plus au Sud. A l'Ouest de Cruzy, près de Montplo-le-Bas, un lambeau subhorizontal de calcaire rognacien (cote 168) affleure sur plus d'1 km^2, sur le bord septentrional des plateaux qui dominent au Sud, la cluse du ruisseau de Roquefourcade. Ce lambeau repose sur un complexe très redressé comportant les grès à Reptiles du synclinal « *b* » et les calcaires liasiques de l'anticlinal « *c* ». Cette discordance apparente entre le Rognacien et les formations plus anciennes est certainement due encore ici à une dysharmonie provoquée par le plissement d'une série non homogène.

Terminaison méridionale du noyau liasique du chaînon de Saint-Chinian.

Cette terminaison est malheureusement masquée en grande partie par des dépôts alluviaux à galets siliceux du Pliocène, recouvrant les plateaux situés entre la cluse du ruisseau de Roquefourcade au Nord et les ravins descendant vers Montouliers au Sud. Le vallon qui draine ces plateaux vers Cruzy est entièrement creusé dans le Pliocène ou dans le Miocène sous-jacent.

Cependant, le long de la bordure méridionale de ces plateaux, affleure une étroite bande d'Infra-Lias, assez bien figurée sur la carte géologique au 1/80.000^e de Narbonne, mais discontinue.

Ces formations infra-liasiques comportent des calcaires à gros grains de quartz blanc, passant parfois à de vrais grès, et des calcaires dolomitiques, à la base, des calcaires en plaquettes et des marnes vertes et rouges (peut-être triasiques), au-dessus,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

enfin à nouveau des calcaires à grains de quartz au sommet, directement recouverts par le Pliocène. Cet ensemble chevauche, vers le Sud, des grès et des marnes rouges (Maestrichtien) suivant une surface de contact affectée d'un pendage de 45° vers le Nord et présentant un miroir de faille très net parfois. Le Maestrichtien est peu épais et repose à son tour sur des calcaires rognaciens. Cette série supra-crétacée inversée se prolonge vers le

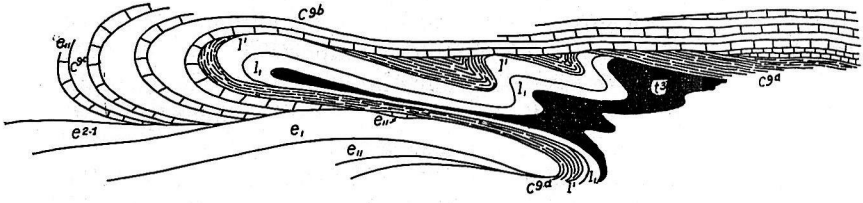


FIG. 4. — Essai d'interprétation de la structure de la partie méridionale du Chaînon de Saint-Chinian.

Sud et jusqu'aux abords du Pech de Bize par la zone danienne méridionale du Chaînon étudiée dans une note antérieure[1] et dont la coupe est figurée ci-dessus. De même le contact anormal, suivant lequel l'Infra-Lias chevauche le Crétacé supérieur vers le Sud, n'est que la prolongation vers l'ESE, après une courbure brusque, du front de chevauchement déjà signalé du Lias de l'anticlinal « *a* ».

Ainsi, le contact anormal qui limite vers l'extérieur le noyau liasique du Chaînon de Saint-Chinian, s'incurve exactement comme la ligne de chevauchement frontal de la zone externe danienne et éocène du Chaînon (v. carte fig. 1). Dans le premier cas comme dans le dernier étudié précédemment, il ne semble pas que cette incurvation puisse s'expliquer par une torsion des plis que rien n'indique, car des trois anticlinaux liasiques, seul l'anticlinal « *c* » présente une torsion vers l'Est de son extrémité sud. D'autre part, il n'est pas possible d'admettre l'existence d'une faille subverticale qui aurait brusquement abaissé la partie méridionale du Chaînon, car un tel accident devrait se poursuivre vers l'Ouest, dans la zone externe danienne et affecter le chevauchement frontal, or rien de tel n'est visible. L'inclinaison locale à 45° de la surface de contact anormal est d'ailleurs peu compatible avec cette hypothèse.

L'incurvation du contact anormal externe du Lias ne paraît pouvoir s'expliquer que par un chevauchement ayant entraîné

1. *Loc. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

le recouvrement du Maestrichtien et du Danien, sur une largeur d'au moins 2 km., par le noyau liasique du Chaînon. Cette interprétation est donc semblable à celle par laquelle j'ai expliqué précédemment la courbure du contact anormal frontal du Chaînon. C'est un relèvement d'axe du système plissé vers le Sud qui entraîne, par érosion du noyau liasique et triasique, la mise à nu du Crétacé supérieur du flanc inverse du pli.

Il est probable d'autre part que c'est par suite du laminage du flanc inverse de l'anticlinal « *a* » que l'Infra-Lias, avec peut-être même un peu de Trias, repose directement, au NW de Montouliers, sur le Maestrichtien, sans interposition du Lias.

Interprétation structurale de la partie méridionale du Chaînon de Saint-Chinian.

Pour tenir compte à la fois de toutes les particularités structurales de la partie méridionale du Chaînon de Saint-Chinian, telles qu'elles viennent d'être exposées, il semble que l'interprétation la plus satisfaisante de la coupe décrite précédemment soit la suivante (fig. 4) :

Le Chaînon de Saint-Chinian est constitué par un anticlinal couché unique comportant une enveloppe externe de Danien et d'Éocène marin. Ce dernier niveau peut d'ailleurs ne pas s'être étendu à toute la zone qui a contribué à la formation du pli. La partie axiale de cet anticlinal est formée par le Lias et le Trias, mais par suite de la plasticité du complexe gréso-marneux maestrichtien, ce noyau s'est plissé d'une manière bien différente de son enveloppe danienne : trois replis anticlinaux secondaires s'y sont formés, au moins dans la région intéressée par la coupe.

Il paraît difficile de raccorder la coupe précédente avec celle passant par le Mont Cayla et figurée plus haut (fig. 2). En effet, la disposition très aplatie du pli couché dans cette dernière, l'absence du Lias visible dans la zone axiale maestrichtienne et la situation du niveau d'érosion bien au-dessus du plan axial, ce qui entraîne la conservation d'une partie importante du flanc direct du pli, s'accordent mal, semble-t-il, avec le relèvement d'axe vers le Sud qui serait nécessaire pour expliquer la disposition incurvée du front du chevauchement du Lias.

Il ne semble pas possible de considérer le pli couché danien de l'extrémité méridionale du Chaînon comme inférieur au pli couché à noyau de Lias, situé au Nord, car la charnière frontale de ces deux anticlinaux est la même et se suit sans discontinuité

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

depuis le Mont Cayla jusqu'aux abords d'Assignan. Il semble toutefois possible que quelques replis se soient produits dans cette charnière sans avoir nécessairement affecté sa région frontale, par suite d'une certaine dysharmonie dans le plissement des différents termes de la série, dysharmonie rendue possible par les nombreuses intercalations de marnes du Rognacien. L'anticlinal danien de Montouliers ne serait, dans ce cas, que le plus inférieur de ces replis ne présentant pas de noyau liasique dans sa zone axiale.

Il est possible aussi que le Lias n'ait pas été entraîné dans l'axe de l'anticlinal Crétacé supérieur unique, dans la partie méridionale du Chaînon, ce qui aurait eu pour conséquence la disposition plus aplatie du pli couché; mais, dans ce cas, il serait nécessaire d'admettre l'existence d'un accident transversal ayant entraîné un abaissement d'axe rapide de pli entre le parallèle de Cruzy et celui de Montouliers, interrompant localement le relèvement d'axe vers le Sud qui est indiscutable de part et d'autre de ces parallèles.

Or un tel accident existe : une faille presque E-W passant par le petit col qu'emprunte la piste de Montouliers à Agel, présente un rejet suffisant pour expliquer, dans sa lèvre sud abaissée, la réapparition du flanc normal du pli qui manque dans la lèvre nord. Il est toutefois difficile de suivre cette faille au delà de la route de Bize à Villespassans, à moins qu'elle ne s'incurve vere le SW pour se raccorder avec une faille ayant un rejet analogue qui affecte l'extrémité nord du massif du Mont Cayla, c'est-à-dire la charnière frontale du pli.

Conclusions

L'étude détaillée de la partie méridionale du Chaînon de Saint-Chinian conduit donc à la notion, d'ailleurs conforme à l'opinion de Ch. Depéret, que les chevauchements qui affectent cette région dérivent de plis couchés et non de failles inverses. Vraisemblablement un seul anticlinal couché vers l'WNW a constitué l'ensemble du système plissé. Ce pli paraît avoir chevauché le Bassin éocène du Minervois sur 4 km. au minimum, au moins dans sa partie méridionale; toutefois le noyau liasique et triasique de l'anticlinal s'est plissé d'une façon indépendante de son enveloppe néocrétacée et éocène. C'est l'épaisse formation marno-gréseuse, et relativement plastique, du Maestrichtien qui, tout en se plissant avec le Lias, a permis le décolle-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ment entre les deux complexes marno-calcaires plus rigides : Danien-Éocène inférieur et Lias-Keuper.

Cette interprétation tectonique semble pouvoir aussi expliquer la structure de la partie septentrionale du Chaînon étudiée autrefois par Ch. Depéret et dont j'ai repris l'examen. Il semble seulement que là les plis couchés du Lias ont le plus souvent fait place à des écailles sans flanc inverse.

Vers le Sud, ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de l'indiquer [1], ce même style tectonique se retrouve dans les plis couchés, passant aussi parfois à une disposition en écaille, que l'on rencontre entre Boutenac et Ferrals, au Sud de l'Aude. J'ai précisé d'autre part, dans une note en cours d'impression [2] les relations probables qui doivent exister entre ces deux zones plissées.

1. L. Barrabé. Sur la prolongation vers le NE des accidents pyrénéens reconnus au Sud du cours inférieur de l'Aude. (*C. R. somm. S. G. F.*, n° 12, 1935, p. 165-167).

2. C. R. coll. Serv. Carte Géol. Fr., campagne 1937, n° 197, t. XXXIX, 1938, p. 174-186.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Affinités du genre *Calliomphalus* Cossmann

par **Geneviève Delpey**[1].

Résumé

Évolution de l'ornementation et de la forme chez *Calliomphalus* et chez son sous-genre *Metriomphalus* ; comparaison de leurs caractères avec ceux de quelques autres genres. — Un opercule trouvé en place chez un *Metriomphalus* crétacé ; comparaison de cette pièce avec des opercules connus dans d'autres genres.

Le genre *Calliomphalus* Cossmann se compose de *Delphinulidae* apparus au Montien, éteints à l'Oligocène. Trochoïdes, les coquilles ont des tours presque plans possédant une rampe près de chaque suture et ornés de cordons longitudinaux écailleux.

Fig. 1. — *Calliomphalus squamulosus* Lamarck (× 2).

Fig. 2. — *Calliomphalus* (*Metriomphalus*) *Davousti* d'Orbigny (× 2).

La base, plus ou moins finement sculptée, se distingue du dernier tour par l'angle qu'elle fait avec lui. Les parois de l'ombilic sont enduites d'un limbe columellaire lisse (*C. squamulosus* Lamarck du Lutétien représenté fig. 1).

Le sous-genre *Metriomphalus* Cossmann, créé pour des espèces mésozoïques, paraît être l'origine de *Calliomphalus*. Les tours, simplement jointifs ou même détachés, ornés de cordons épineux ou écailleux, ont une section circulaire. La base se distingue plus ou moins du dernier tour. Chez le type, *Turbo Davousti* d'Orbigny (p. 344, pl. CCCI, fig. 7-10) du Dogger normand et anglais (fig. 2), l'ornementation est accusée et régulière sur les tours et la base. L'ouverture est bien détachée. Le bord

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

columellaire s'étale à sa partie supérieure en une auricule à laquelle aboutit un cordon plus saillant que les autres, délimitant un ombilic dont les parois sont ornées comme la base. Des espèces du Lias, du Bajocien et du Bathonien présentent en gros les mêmes caractères.

Les *Metriomphalus* typiques semblent passer assez tôt à des formes où la base, moins convexe, se différencie par l'angle qu'elle fait avec le dernier tour. Les cordons basaux deviennent plus serrés et s'affaiblissent car ils occupent moins d'espace. On observe déjà des variations individuelles dans ce sens chez *Turbo segregatus* Hébert et Deslongchamps du Callovien de Montreuil-Bellay et chez une forme voisine du Bathonien de Domfront. La différenciation de la base chez *Metriomphalus* paraît atteindre son maximum dans *Delphinula Porteri* Blanckenhorn de l'Aptien du Liban. De ce dernier groupe dérive sans doute *Calliomphalus s.s.*

Dès le Trias on rencontre des espèces, rattachées à *Metriomphalus*, dont l'ornementation et la forme sont banales, peu

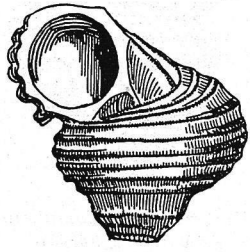


Fig. 3. — *Calliomphalus* (*Metriomphalus*) *subfunalus* d'Orbigny (× 2).

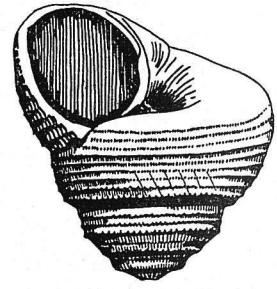


Fig. 4. — *Solariella turonica* Cossmann (× 4).

différenciées (ex. *Turbo textorius* Broili, 1907, p. 85, pl. VII, fig. 16).

D'autre part, l'espèce lusitanienne *Turbo subfunatus* d'Orbigny (p. 364, pl. CCCXXXVII, fig. 7-11) représentée fig. 3, ornée de cordons écailleux tendant à devenir lisses, se rapporte à *Metriomphalus* par son ouverture détachée. On ne distingue pas de cordon péri-ombilical.

Lorsque l'on considère ces deux derniers groupes de *Metriomphalus* on est frappé de leur ressemblance avec deux genres classés dans d'autres familles :

Solariella Wood (fig. 4), apparu au Barrémien, est placé parmi les *Trochidae* à cause de son opercule corné, mais les

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

bords du péristome sont dans un même plan. L'ornementation, surtout longitudinale, est généralement granuleuse à la partie inférieure des tours. Le pourtour de l'ombilic est plissé. D'autre part, *Eumargarita* (*Solariella*) *Douvillei* COSSMANN (t. XI, p. 260 et 358, pl. VIII, fig. 50-51) possède une ouverture presque détachée.

Cirsochilus COSSMANN est connu depuis le Lias supérieur. La plus ancienne espèce qui lui soit rapportée est *Turbo Fourneti* RICHE (p. 106, pl. VII, fig. 21) que son auteur a comparé à deux *Metriomphalus* du Bathonien d'Angleterre. L'ornementation de *Cirsochilus* est plus ou moins fine, surtout longitudinale. Un cordon plissé entoure l'ombilic. Au Rauracien, *Trochus solarioides* BUVIGNIER (p. 37, pl, XXVI, fig. 1-2) placé dans le genre *Cirsochilus* par Cossmann paraît très voisin de *Metriomphalus subfunatus*. Fait assez significatif, Cossmann classe à la fois dans *Metriomphalus* et dans *Cirsochilus* deux espèces hindoues du groupe d'Arrialoor : *Gibbula granulosa* STOLICZKA (p. 370, pl. XXIV, fig. 8-9 et pl. XXVIII, fig. 14) et *Euchelus ornatus* STOLICZKA (p. 371, pl. XXIV, fig. 10) dont l'ornementation est assez banale. Le genre voisin, existant depuis le Montien : *Leptothyra* CARPENTER (fig. 5), à columelle calleuse, porte de forts cordons longitudinaux et sa base, auriculée, n'est pas ombiliquée. Ce dernier caractère a fait placer *Cirsochilus* et *Leptothyra* dans la famille des *Turbinidae*. L'opercule calcaire des *Leptothyra* était encore un argument pour cette détermination.

FIG. 5.
Leptothyra sanguinea
LINNÉ (× 4).

La conservation des opercules de Gastéropodes mésozoïques est considérée comme une curiosité paléontologique. J'ai eu la chance de trouver parmi des matériaux qui m'ont été confiés par M. Pierre Hupé plusieurs échantillons appartenant indubitablement au sous-genre *Metriomphalus* et dont l'opercule est conservé en place.

Calliomphalus* (*Metriomphalus*) *Hupei nov. sp. (fig. 6).

Hauteur 9,5 mm.; diamètre 8,5 mm.; angle spiral 70°; nombre de tours 6.

Cette espèce provient du Cénomanien ou Albien de Santorens où elle accompagne *Glauconia Coquandi* D'ORBIGNY.

Les sutures sont profondes, les tours, ornés en général de 3 ou 4 cordons épineux longitudinaux, dont le plus inférieur est sutural, sont

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plus ou moins pliés sur le cordon médian. La base, formant avec le dernier tour un angle peu accusé, ornée de 4 ou 5 cordons semblables, est percée d'un faible ombilic autour duquel un cordon, plus saillant, constitue un bourrelet aboutissant à une auricule. Cette ornementation

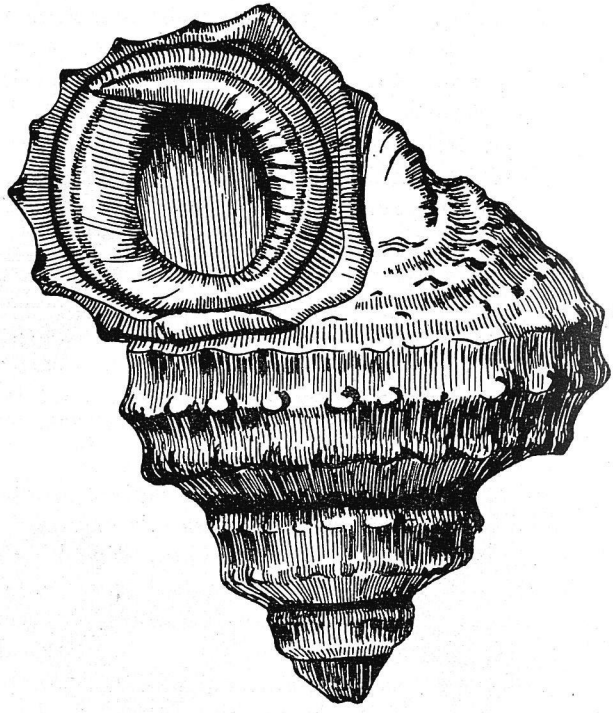


Fig. 6. — *Calliomphalus* (*Metriomphalus*) *Hupei* nov. sp. (× 9).

rappelle *Metriomphalus orientalis* H. Douvillé (p. 145, pl. XVIII, fig. 31) du Vraconnien supérieur du Moghara qui est moins allongé et possède 5 cordons perlés sur les tours et 9 cordons sur la base. Elle ressemble également à celle de *Turbo segregatus* du Callovien.

Fig. 7.
Collonia marginata Lamarck, opercule (× 9).

Chez deux échantillons de cette espèce, le quart le plus récent du dernier tour est brisé et l'on peut observer l'opercule. C'est une pièce calcaire discoïde dont la face externe comporte une couronne costulée, formée par un ruban dont une extrémité est visible vers le haut, et une région centrale excavée. La face interne, plane, est d'un type banal, striée en spirale.

La structure de cetopercule est extrêmement voisine de celle que l'on observe dans le genre *Collonia* (fig. 7). Mais pour celui-ci les côtes ornant la couronne sont plus nombreuses et serrées.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le genre tertiaire *Collonia* comprend des coquilles plus ou moins lisses dont l'ombilic, limité par un bourrelet aboutissant à une auricule, rappelle encore *Metriomphalus*, mais avec des tours recouvrants (ex. *Delphinula marginata* LAMARCK, fig. 8). C'est la forme de l'opercule, ainsi que l'absence de nacre qui a permis à Cossmann de créer en 1916 la famille distincte des *Colloniidae*.

On a souvent comparé à l'opercule de *Collonia* celui du genre *Leptothyra* bien représenté actuellement. C'est une pièce dont la face externe lisse est déprimée en son milieu, bien que le nucléus central soit un peu saillant. Les caractères de l'opercule ont incité certains auteurs à placer *Leptothyra* auprès de *Collonia*.

S'il rappelle *Collonia*, l'opercule de *Calliomphalus* (*Metriomphalus*) *Hupei* est bien différent de l'opercule corné de *Delphinula*.

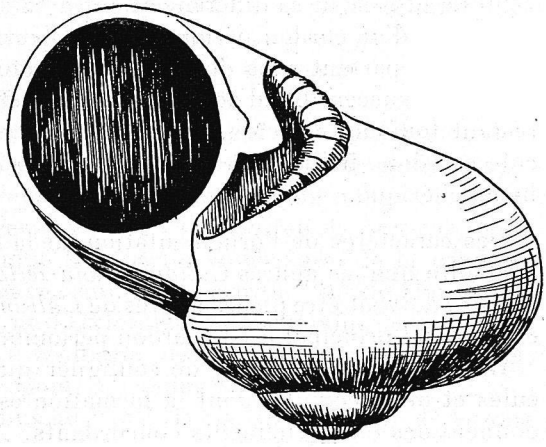


FIG. 8. — *Collonia marginata* LAMARCK, coquille (× 9)

Or, la forme et l'ornementation de *Metriomphalus* font présumer qu'il est voisin de *Solariella* dont l'opercule est corné. On pouvait pour la même raison le rapprocher de *Cirsochilus* dont l'opercule est inconnu et que l'on classe auprès de *Leptothyra*.

La parenté de *Leptothyra* et de *Metriomphalus* semble être établie à la fois par les caractères de la coquille et par ceux de l'opercule.

En ce qui concerne *Collonia*, Cossmann lui supposait pour origine les *Craspedostoma* primaires à ouverture bordée et ombilic non limité, avec comme intermédiaires les *Ataphridae*. Le bord columellaire fortement calleux et l'absence générale d'ombilic chez *Ataphrus* ne permettent guère de considérer cette opinion comme vraisemblable. Au contraire, le cordon péri-ombilical de *Collonia* les rapproche encore de *Metriomphalus*.

On peut donc émettre l'hypothèse, évidemment difficile à vérifier étant donnée la rareté des opercules fossiles, que les *Metriomphalus* banaux comme *Solariella*, dont ils ne se dis-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tinguent guère, avaient un opercule corné analogue à celui de *Delphinula*. Il n'est pas impossible que beaucoup de *Cirsochilus* aient eu un opercule analogue. *Leptothyra* (à opercule calcaire) et *Collonia* se seraient différenciés à partir de *Metriomphalus* plus typiques tels que *M. Hupei*. La forme et l'ornementation des tours plus recouvrants sont les seuls critères distinctifs de *Collonia*.

On assiste donc chez *Calliomphalus* et *Metriomphalus* à des évolutions de l'ornementation tendant d'un côté vers l'aplatissement de la base et sa différenciation, d'un autre côté vers le renforcement d'un cordon périombilical. D'autre part, il semble que l'opercule, partant sans doute de la structure cornée de *Delphinula*, soit susceptible d'acquérir une structure calcaire, la forme restant toujours discoïde. Le degré de calcification de cet opercule est donc inférieur à celui de *Turbo* qui est généralement hémisphérique.

Des caractères de l'ornementation, de la forme et de l'opercule il résulte que les genres *Collonia*, *Solariella*, *Cirsochilus* et *Leptothyra* doivent être placés auprès de *Calliomphalus*. Le caractère ornemental principal est le cordon périombilical.

Il me paraît nécessaire de souligner qu'ici l'étude des opercules et de la coquille dont la formation est tout à fait distincte donnent des renseignements concordants.

BIBLIOGRAPHIE

1850. d'Orbigny (Alcide). Paléontologie française. Terrains jurassiques. T. II. Gastéropodes.
1852. Buvignier (Armand). Statistique géologique, minéralogique et paléontologique du département de la Meuse.
1860. Hébert et Deslongchamps. Mémoire sur les fossiles de Montreuil-Bellay (Maine-et-Loire).
1868. Stoliczka (Ferdinand). Cretaceous fauna of Southern India, vol. II. The Gastropoda. *Mem. of the Geol. Survey of India.*
1904. Riche (Attale). Etude stratigraphique et paléontologique sur la zone à *Lioceras concavum* du Mont d'Or lyonnais.
1907. Broili. Die Fauna der Pachycardienstuffe der Seiser Alp Scaphopoden und Gastropoden. *Palaeontographica*, t. LIV.
1915. Cossmann (Maurice). Essais de Paléoconchologie comparée, t. X.
1916. Douvillé (Henri). Les terrains secondaires dans le Massif du Moghara. *Mém. Acad. Sciences*, t. LIV, 2e série.
1918. Cossmann (Maurice). Essais de Paléoconchologie comparée, t. XI.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La carrière de Coubaron près Velluire. Considérations sur le Callovien de la Vendée

par **Pierre Butel** [1].

La carrière dite de Coubaron est située sur la commune du Poiré-sur-Velluire, contre et à l'Ouest de la route reliant cette dernière localité à Auzay, aussitôt après le passage à niveau de la voie ferrée de la Rochelle à Nantes, à un peu moins d'un kilomètre de la gare de Velluire.

Baron [2] la mentionne dans sa note « sur le Jurassique des environs de Fontenay-le-Comte » et y reconnaît le niveau supérieur de la zone à *Ammonites anceps* sous forme de marnes blanchâtres, très fossilifères, avec *A. refractus* et *A. hecticus* joints à l'espèce caractéristique. La partie supérieure de la carrière, constituée par une marne jaunâtre, presque stérile, lui paraît être la zone inférieure de l'Oxfordien moyen (Oxfordien inférieur actuel) qui, ailleurs, « renferme de grands exemplaires de *A. perarmatus* » et correspond à la zone à *A. athleta*.

Il avait distingué, plus au Nord, la partie inférieure de la zone à *A. anceps* avec cette espèce de grande taille, *A. subdiscus*, *A. bullatus*, *A. macrocephalus* et *Terebratula dorsoplicata* très abondante. Au-dessous, il discernait une zone à *A. Backeriæ* formée de calcaire jaunâtre, ferrugineux, avec *A. microstoma*, *A. macrocephalus*, constituant le Callovien inférieur surmontant une zone à *A. arbustigerus* terminant le Bathonien.

Boissellier [3], quelques années plus tard, fait terminer aussi le Bathonien par la zone à *A. arbustigerus* avec des *Procerites*, mais il restreint la division du Callovien qui ne comprendrait que :

à la base, un calcaire gris jaunâtre en petits bancs avec térébratules et ammonites nombreuses (toutes les espèces citées par Baron et d'autres des zones à *Backeriæ* et à *anceps* et *Cosmoceras Jason*) ;

au sommet, la marne jaunâtre susindiquée, mais très fossilifère dans la tranchée du chemin de fer voisine de la carrière.

Il y signale, avec des espèces de la zone à *anceps*, *Stephanoce-*

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.
2. *Bull. S. G. F.*, 3e série, t. XIII, 1885, p. 476.
3. *Notice de la C. G. de F.*, feuille de Fontenay-le-Comte, 1892.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ras coronatus mais sans *Peltoceras athleta*, ni *Aspidoceras perarmatum*.

Ces deux espèces, il les retrouve dans des calcaires noduleux gréseux et dans une marne à Ammonites pyriteuses qui ont décidé les auteurs modernes à détacher la zone à *athleta* du Callovien et à en faire la base de l'Oxfordien.

Sont-ce bien les seuls horizons du Callovien en Vendée? N'existe-t-il pas des affleurements plus complets? Je ne crois pas qu'on puisse trouver, dans cette région, une coupe présentant plus de détails que celle de la vallée de la Vendée, indiquée par Baron ; mais les recherches que nous avons faites en plusieurs endroits, sur le littoral, nous ont montré des niveaux qui paraissent pouvoir prendre place dans cet étage. Et d'abord, la carrière de Coubaron nous est apparue, au cours d'une très brève visite faite en passant, en 1926, susceptible d'une plus grande différenciation des horizons lithologiques. Qu'on nous permette de reprendre la superposition des couches.

Cette carrière « qui se comble rapidement par les dépôts d'immondices qu'y opèrent les riverains » [1], ne présentait plus d'affleurements visibles au NW et à l'E, mais le centre était encore suffisamment dégagé. Nous y avons relevé, en partant du fond :

a) ensemble de bancs calcaires compacts, gris-clair, séparés par de petits lits de marne. Les calcaires durs n'étaient visibles que sur un mètre environ ; leur épaisseur variait, dans les bancs, de un à plusieurs décimètres. Des sections d'ammonites de bonne taille y étaient nettes, mais, faute de temps, nous ne pûmes en extraire qu'un spécimen entier, encore n'a-t-il pu être complètement dégagé. Il présente tous les caractères d'une *Reineckeia anceps* appartenant à l'une des variétés *Liffolensis* Steinmann ou *antipodum* Gottsche ;

b) ces bancs calcaires sont recouverts par des marnes claires, presque blanches, avec petites intercalations de calcaire très marneux, ayant peu de consistance. On y recueille en abondance *Terebratula* (*Zeilleria*) *dorsoplicata* Suess avec des variétés (*excavata* Deslong. *obovata* Sow.) dont certaines se rapprochent sensiblement de *Zeilleria digona* Sow., et aussi de nombreux fragments d'Ammonites, mais déformés et écrasés. Épaisseur environ 2 mètres ;

1. Dr Ch. Picquenard. *Bull. S. G. et M. Bret.*, t. VII (1926), publié en 1929, fasc. 3-4, p. 192. Notes d'excursion dans le Callovien entre Fontenay-le-Comte et Poiré-sur-Velluire. Cette communication n'apporte aucun fait nouveau sur la division du Callovien, mais on y trouve des espèces bajociennes mélangées à celles des étages supérieurs. Les déterminations ne doivent donc être acceptées que sous bénéfice d'inventaire.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

c) puis viennent, sur une hauteur à peu près égale, des bancs très peu épais de calcaire grisâtre, séparés par des marnes de même teinte, et formant une série de gradins établis sans doute pour la commodité de l'exploitation. Les fossiles sont, du fait de ce feuilletage des bancs, assez faciles à dégager et nous fîmes collection de plusieurs douzaines pendant les quelques minutes passées sur le gisement. Nous citerons, parmi ceux recueillis, les suivants qui ont pu être déterminés :

un *Perisphinctes* épais, à tours cylindriques, ombilic de largeur moyenne, côtes primaires peu épaisses, assez nombreuses et donnant naissance à deux côtes secondaires avec parfois une côte intercalaire. Nous l'avions rapproché de *P. Orion* Oppel, mais la forme des cloisons nous incite à le comparer davantage à *P. subbackeriæ* d'Orb. dont la forme type admet, il est vrai, un nombre beaucoup plus grand de côtes secondaires, un ombilic un peu plus large et des tours plus ovales.

Perisphinctes eurytychus Neumayr et variété, *P. Villanyensis* Till, *P. curvicosta* Neum., *P. Cotteaui* Héb. et Desl., *P. Scopinensis* Neum, *P. Recuperoi* Gemm., *P.* aff. *rjasanensis* Teisseyre, *Reineckeia Revili*, var. *sparsicosta* R. Douv., *R. anceps* var. *Liffolensis* Steinm, *R. Rehmanni* Oppel, *Œcoptychius refractus* Reinecke, *Oppelia* aff *calloviensis* Par. et B., *Hecticoceras punctatum* Stahl, *H. metomphalum* Bonarelli, *H. Couffoni* R. Douv., *H. hecticum* Reinecke, *H. tenuiornatum* E. Lemoine, *Zeilleria dorsoplicata* Suess, *Aulacothyris pala* de Buch.

Nous croyons devoir ajouter à cette liste un très bel échantillons de *Reineckeia Douvillei* Steinm., à côtes coupantes, trouvé sur le gisement mais sans attache avec la roche.

d) Les 5 ou 6 mètres que représentent ces trois couches inférieures, toutes de la zone à *anceps*, sont recouverts au N, dans la carrière, par une épaisseur un peu plus faible de marnes jaunes, plus ou moins foncées, dans lesquelles nous n'avons récolté qu'un petit exemplaire pyriteux d'*Oppelia calloviensis* Parona et Bonarelli et un spécimen écrasé, déformé, de *Reineckeia*. Nous sommes là à l'altitude de la tranchée du chemin de fer. Ce ne peut être que le même niveau, mais plus réduit en épaisseur.

Le sommet de la coupe est constitué par :

e) un limon brunâtre (1 mètre environ) et par de la terre végétale.

Au temps de Baron, le niveau inférieur ne devait pas être exploité dans la carrière, mais cet auteur l'avait reconnu ailleurs avec des fossiles, notamment *A. anceps* de grande taille. Quant aux calcaires qui surmontent les marnes blanches, il les avait

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

inclus, avec celles-ci, dans un même horizon. Boissellier semble avoir réuni ces trois divisions stratigraphiques.

De fait, elles représentent bien la zone à *anceps*, mais celle-ci ne comprend-elle pas d'autres niveaux ? La proximité de la tranchée du chemin de fer, où l'horizon supérieur de marne jaunâtre est plus épais que dans la carrière et où les fossiles abondent, nous fait admettre que ce niveau en fait aussi partie. Nous ne l'avons pas reconnu sur le littoral mais, avant la Pointe du Grouin du Cou, en venant du N, il existe des affleurements qui pourraient bien être supérieurs à ceux de la tranchée et faire le passage à l'Oxfordien. J'en ai déjà fait mention [1], je les précise ainsi :

1° Des amas de calcaire marneux, d'un jaune très clair ou réséda, de très faible étendue, séparés par de très larges plateformes de marne de même couleur. N'ayant qu'un relief faible, ces amas sont disséminés ou recouverts par le sable ou l'eau, surtout dans la première pêcherie en venant de Longeville, peu avant d'atteindre la Pointe. On y voit des rognons d'oxyde de fer, mais pas de fossiles.

2° Des bancs noduleux d'un calcaire gris clair, gréseux, assez dur, où les Ammonites ne sont pas rares, mais fragmentées, en mauvais état de conservation et parfois aplaties. Ces bancs, peu nombreux, sont séparés par des lits minces de marnes. Les fossiles sont presque exclusivement des *Perisphinctes* à large ombilic, de taille petite ou moyenne. Ils m'ont paru marquer le commencement de la zone à *athleta*, mais je n'y ai pas trouvé cette espèce.

3° A nouveau des marnes jaune clair, avec bancs de calcaire très tendre, tachés de rouille, gréseux, à grain assez fort, avec mica blanc et quartz arrondi, le tout très miroitant sous le soleil. Ils sont peu fossilifères. J'y ai trouvé cependant des *Reineckeia*, un *Aspidoceras* ou *Peltoceras* très usé et déformé et une espèce, peut-être nouvelle, ayant quelque rapport avec *Peltoceras retrospinatum* Gérard et Contaut, mais dont les épines, très hautes, se rapprochent très sensiblement des deux côtés de la région siphonale pour former comme un sillon profond.

L'ensemble de ces trois affleurements, très peu inclinés au SW, ne doit pas avoir plus d'un mètre d'épaisseur.

Ils sont suivis, vers le Sud, par d'autres calcaires marneux et des marnes blanc-gris parfois colorés en jaune par des oxydes

1. P. Butel. Note préliminaire sur les zones paléontologiques du littoral jurassique de la Vendée. *C. R. somm. Soc. G. F.*, 1935, p. 230.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de fer. Les fossiles paraissent être ceux du niveau reconnu au Gué de Velluire et ailleurs par Baron et Boissellier et dans lesquels ils ont trouvé des Ammonites de grande taille, qu'ils identifient soit comme *A. athleta*, soit comme *A. perarmatus*.

Nous croyons devoir faire des réserves sur ces attributions. Toutes les formes recueillies ou examinées par nous au bord de l'Océan, avant la Tranche-sur-Mer, et dont certaines ont plus d'un demi-mètre de diamètre, doivent être rapportées à d'autres espèces, soit de *Peltoceras* (cf. *retrospinatum* G. et C.), soit d'*Aspidoceras*, notamment *A. douœnse* GÉRARD (cité dans l'Argovien des Deux-Sèvres) et qui se trouvent unies à *Reineckeia* (*Collotia*) *angustilobata* BRASIL, très abondante, à une espèce voisine probablement nouvelle, à *R. Odyssea* MAYER et à d'autres. Quant à *Aspidoceras perarmatum* SOW., il y existe bien, en exemplaires moyens, mais on le rencontre jusque dans l'Argovien et ne peut servir seul à préciser une zone.

Les premiers affleurements de la Pointe du Grouin sont-ils le sommet du niveau de la tranchée du chemin de fer, au Poiré-sur-Velluire, en sont-ils la suite, ou y a-t-il quelque horizon intermédiaire ? Nous n'avons rien vu d'autre sur le littoral, mais l'érosion marine d'une part, le ruissellement des eaux atmosphériques, d'autre part, ont bien pu affouiller les niveaux marneux assez profondément et faire disparaître des couches. Il peut en subsister des lambeaux recouverts, soit par le sable de l'estran, soit par le limon. Leur emplacement correspond sans doute aux grands espaces vides de l'estran, aux parties marécageuses de l'intérieur ou à celles que surmontent les dunes ou l'argile marine constituant le sol du Marais.

Quant au Callovien inférieur, nous avons l'intention d'en parler en détail dans une note ultérieure ; nous mentionnerons seulement le résultat de quelques recherches effectuées à l'Anse de l'abbaye (WNW de Jard), à l'entrée et au centre de l'Anse de Jard et à Saint-Vincent-sur-Jard, nous permettant de reconnaître comme formant probablement, soit une zone de passage, soit le sommet du Bathonien, le banc dur (souvent divisé en 2 ou 3) dans lequel Baron ne paraît avoir trouvé que *Nautilus subbiangulatus* D'ORB. et que nous croyons discerner par sa teinte moins claire que celle des couches qui le précèdent et par la présence de *Perisphinctes* et de *Procerites* de grande taille.

Les bancs généralement gris, souvent ferrugineux, de consistance variable, qui viennent ensuite, contiennent de nombreux petits *Macrocephalites* à côtes fines, mélangés à des exemplaires trapus, à costulation large, et à d'autres espèces. Ces bancs, nous

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les avons vus en plusieurs points sur la côte, mais assez mal exposés ; ils nous semblent être l'équivalent du calcaire jaunâtre dont Baron fait la base du Callovien et qui contenait les formes renflées de *Macrocephalites* avec *Sphæroceras microstoma* et *Perisphinctes Backeriæ* en abondance. Nous avons trouvé cette dernière espèce, mais l'exiguïté des affleurements ne permet pas de dire si elle y abonde. Nous pensons que ce sont ces bancs qui, à Jard, ont fourni à M. J. Lacoste [1], en un point que nous avons copieusement fouillé, des formes de *Proplanulites*, associées généralement à *P. Kœnighi* d'Orb.

Nous avons vainement cherché un horizon intermédiaire entre ce dernier niveau et les marnes blanchâtres avec calcaires marneux qui le surmontent presque partout, mais en position anormale. Des failles, en effet, interviennent pour les séparer en chaque point où nous les avons reconnus.

Ces marnes sont, sans conteste, de la zone à *R. anceps*. Cette espèce, avec variétés et formes voisines, y est abondante, ainsi que les térébratules et les *Macrocephalites*.

En d'autres points, les *Reineckeia* font leur apparition dans des bancs durs, blanchâtres, mais nous n'en avons pas vu la base. Puis des calcaires gris jaunâtre en petits bancs ou en plaquettes reconnus à Jard, avec M. Péneau [2], au-dessus des marnes, nous ont fourni une faune riche encore en *Macrocephalites* et *Reineckeia*, avec *Hecticoceras* divers, mais sans *Cosmoceras*. Ce doit être le niveau situé à Coubaron sous les marnes jaunâtres.

De cet ensemble d'horizons lithologiques nous pouvons distinguer à peu près ceux qui forment les limites inférieures et supérieures du Callovien, mais il ne nous paraît pas encore possible de donner avec certitude la série complète de l'étage en Vendée. Souhaitons que des recherches plus poussées permettent bientôt de comparer la succession des assises du Jurassique moyen, aux abords du Marais poitevin, avec celle bien établie, des deux côtés du seuil du Poitou, par Welsch et ses devanciers et plus récemment par quelques géologues locaux, car l'existence d'une phase d'émersion certaine au début du Callovien, dans cette région, nous paraît encore bien problématique.

1. J. Lacoste. Sur la lacune du Callovien inférieur de la Vendée. *C. R. somm. S. G. F.*, 1927, p. 106.

2. J. Péneau. Compte rendu de la session extraordinaire de la S. G. et M. de Bretagne en Vendée. *Bull. S. G. et M. de Bretagne*, t IV (1923), fasc. 3, p. 253.

J. Péneau. Observations géologiques sur la côte sud-vendéenne. *Bull. Soc. Sc. Nat. de l'Ouest*, 4e série, t. III (1923), p. 62.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Un gisement de Mammifères quaternaires a Bruges (Gironde)

par **J. Viret** et **R. Balland** [1].

STRATIGRAPHIE

par R. Balland.

En 1934, lors de mes premières observations dans la banlieue nord de Bordeaux [2], j'avais remarqué au voisinage du cimetière nord, à Bruges, au lieu dit « l'Élu », une vaste exploitation d'argiles à briques appartenant à la maison Massart du Bouscat. Grâce au concours dévoué et désintéressé de M. Massart à qui je suis heureux d'exprimer toute ma gratitude, j'avais pu recueillir quelques rares fragments de Mammifères, notamment de *Cervus elaphus* Lin. et de *Castor fiber* Lin.

Au cours de 1937 et au début de cette année, les récoltes d'ossements fossiles se sont multipliées. M. Viret a bien voulu se charger de leur étude paléontologique. Je me bornerai à quelques indications d'ordre stratigraphique.

I. Les terrasses.

Dans la vallée de la Garonne, aux environs de Bordeaux, j'ai reconnu 4 niveaux de terrasses alluviales [3].

1. — Vers Mérignac, la Forêt et Eysines, des graviers et des argiles graveleuses forment, à une cote oscillant autour de + 40, une terrasse bien caractérisée; le fond rocheux constitué par les faluns et les mollasses miocènes ou par le « Calcaire à Astéries » est à une altitude généralement comprise entre + 25 et + 30.

2. — La plus grande partie de la ville de Bordeaux et les com-

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.

2. R. Balland. Observations géologiques dans la vallée de la Jalle de Saint-Médard. (*Procès-Verb. de la Soc. Linnéenne de Bordeaux*, LXXXVIII, 1936, pp. 157-224.)

3. R. Balland. Premier aperçu sur les terrasses de la Garonne au NW de Bordeaux. (*Procès-Verb. de la Soc. Linnéenne. de Bordeaux*, LXXXVIII, 1936, pp. 104-106 et *loc. cit.*, pp 202-220.)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

munes de la banlieue bordelaise ont été édifiées sur des sols de graviers dont l'altitude est voisine de + 20 ; le fond rocheux représenté par le « Calcaire à Astéries » est à une cote oscillant de + 10 à + 15. Les gravières ouvertes à quelques centaines de mètres au SE du cimetière de Bruges sont à ce niveau ; les affleurements de « Calcaires à Astéries » visibles au voisinage de la gare de Bruges représentent ce fond rocheux.

3. — Les argiles et les graviers de la troisième terrasse peuvent être étudiés dans l'exploitation Massart à l' « Élu » ; la

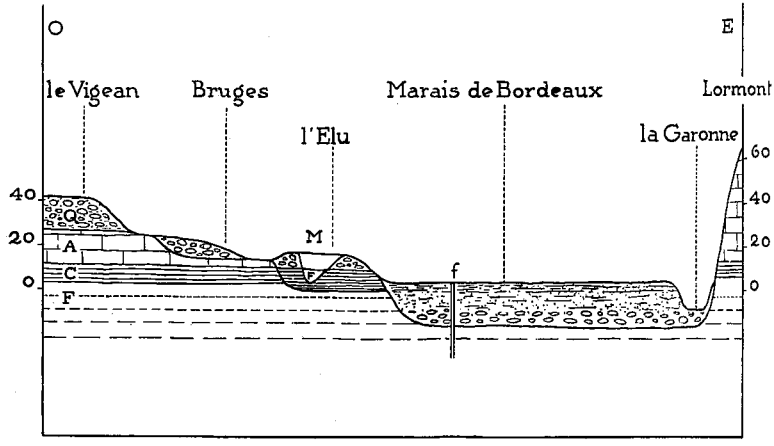


FIG. 1. — Les terrasses de la Garonne au N de Bordeaux.

Q = Graviers quaternaires
A = Calcaires à Astéries (Stampien)
C = Argiles de Castillon
F = Mollasse du Fronsadais (Sannoisien)

I. Terrasse de 40 m.
II. Terrasse de 20-25 m.
III. Terrasse de 12-15 m.
IV. Terrasse de 3-5 m. (Flandrien).
M. Exploitation Massart
f. forage de Constantin.

partie supérieure des graviers est à la cote + 15 et le contact avec les argiles est à une altitude comprise entre + 8 et + 10 ; la base de ces dernières est à + 2.

4. — Au pied des pentes du Tastas s'étend, jusqu'au lit actuel de la Garonne, sur 4 km. de largeur, un vaste marais ; c'est la terrasse de 3-5 m. dont les alluvions correspondent au remblaiement flandrien. Le forage de Constantin a atteint la « Mollasse du Fronsadais » à une profondeur de 18 m. 40, soit à une cote voisine de — 16 ; les alluvions sont constituées par des sables et des graviers à la base, par des sables plus ou moins argileux et des tourbes au sommet.

La coupe ci-dessus montre l'ensemble de ces 4 niveaux de terrasses entre le Vigean et le lit actuel de la Garonne, dans une direction perpendiculaire au cours du fleuve.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

II. Les argiles de Bruges.

Les argiles de Bruges présentent un front d'exploitation de 6 à 8 m. de puissance ; elles reposent, à une cote voisine de + 2, sur des sables micacés et des argiles sableuses que j'attribue à la « Mollasse du Fronsadais ». Au-dessus, et avec une différence de stratification très nette, viennent brusquement, sans transition, des graviers fluviatiles dont l'épaisseur dépasse 6 mètres.

Les argiles exploitées pour la tuilerie sont très fines ; elles sont compactes, de couleur gris bleuâtre. A la partie inférieure, et sur une épaisseur de 2 ou 3 m., elles contiennent de nombreux restes de bois flottés, plus ou moins décomposés qui leur communiquent une teinte plus foncée. C'est là que se trouvaient les restes fossiles.

Le faciès de ces argiles semble indiquer qu'elles se sont déposées dans des eaux très calmes où venaient se rassembler les arbres arrachés à ses rives par le fleuve ainsi que les rares cadavres d'animaux qu'il transportait. Sans doute, dans ses déplacements latéraux, la Garonne avait-elle abandonné là un bras mort.

III. Les graviers.

Les graviers qui recouvrent ces argiles sont formés d'éléments de dimensions très variées ; certains galets dépassent la grosseur du poing et atteignent même celle d'une tête d'enfant ; d'autres éléments, au contraire, sont assez fins et passent à des sables. Ils présentent une stratification entrecroisée, très nette par endroits, et paraissent s'être déposés dans le lit d'un fleuve rapide, de régime torrentiel.

La superposition de ces deux formations si différentes est la preuve d'un changement radical dans le régime du fleuve, en ce point, au cours de remblaiement. Comment expliquer ce changement ? A une époque que je ne puis préciser, le fleuve qui a déjà modelé les fonds rocheux de 25-30 et de 10-15, s'enfonce d'une dizaine de mètres dans les argiles et les mollasses du Sannoisien ; puis se déplaçant vers l'Est, il abandonne un bras mort où s'accumulent 8 à 10 m. d'argiles ; après quoi, par suite du rajeunissement de son profil, le fleuve revient raviner ces argiles et déposer les graviers qui les recouvrent. Dépose-t-il en même temps les alluvions de la terrasse de 20 m. ? Ces alluvions sont-elles antérieures au dépôt des argiles à Mammifères et antérieures

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

au creusement qui a précédé ce dépôt? A ma connaissance, aucun document paléontologique n'a été recueilli dans la terrasse de 20 m. et ne peut éclairer le problème.

PALÉONTOLOGIE

par J. VIRET.

Voici les espèces recueillies à ce jour dans les argiles de Bruges :

Conodontes (Trogontherium) Boisvillettei LAUGEL.

Ce Castoridé est représenté dans la faune de Bruges par deux prémolaires et des fragments d'incisives correspondant certainement à plusieurs individus. Ces dents robustes et épaisses, avec leur face frontale fortement convexe que recouvre un émail rugueux, débordant un peu sur les faces externes et internes, sont très caractéristiques des Trogontherinés. Du fait de la convexité de son fût, l'incisive inférieure est tranchée par la face d'usure terminale en pointe, et non pas en biseau perpendiculaire à l'axe comme chez les Castors vrais. La section des incisives inférieures rappelle celle des dents correspondantes du *Trogontherium* de Tegelen figurée par A. Schreuder [1].

Les molaires ne sont pas moins typiques. Ce sont les deux prémolaires, respectivement P^4 gauche et P_4 gauche. La grande prémolaire supérieure est assez usée pour que tous les plis d'émail aient perdu leur connexion avec la muraille externe et soient devenus des îlots. La grande prémolaire inférieure a probablement appartenu à un individu moins âgé. Deux plis internes ont passé à l'état d'îlot, mais les deux plis principaux ne sont pas fermés. Comme il n'y a pas de quatrième pli d'émail en avant et sur la face interne, cette dent est sûrement une P_4 de *Conodontes Boisvillettei* LAUGEL ; aussi bien celui-ci est le seul Trogontheriné connu en Angleterre, en France et dans la basse vallée du Rhin, alors qu'en Russie et à Mosbach vivait une autre espèce, le *Trogontherium Cuvieri* FISCHER. La P_4 de Bruges rappelle absolument, dans son état d'usure, la P^4 du *Conodontes* de Tegelen figurée par A. Schreuder [2], avec une petite colonnette antérieure en moins, mais ce dernier caractère est individuel.

1. *Archives du Musée Teyler*, série III, vol. VI, fasc. 3, Haarlem 1929, fig. 5, p. 151.
2. *Loc. cit.*, pl. VII, fig. 17.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les restes de *Trogontherium* sont des plus clairsemés en France. Ils apparaissent dans le Villafranchien de Chagny et des environs (Curtil et Bligny-sous-Beaune [1]). Le type de l'espèce vient des graviers de Saint-Prest. *Conodontes* existe aussi, dans un horizon voisin, à Chalon-Saint-Cosme. Ce rongeur monterait dans le niveau de Chelles (*fide* Ameghino) mais pas plus haut. D'après G. Dubois [2], *Trogontherium* a disparu après le Tyrrhénien.

C'est la première fois que ce Castoridé est signalé dans le bassin d'Aquitaine. Bruges est aussi le point le plus occidental de son aire de répartition et aussi la localité la plus méridionale, si l'on met à part le petit *Trogontherium minus* Newton des argiles du Pliocène inférieur du Roussillon [3].

Castor fiber Lin.

L'existence de ce Rongeur à Bruges est basée sur une incisive supérieure droite dont il manque environ le tiers postérieur, sur une P^4 gauche, une M^3 gauche, une M^3 droite. Toutes ces dents semblent bien provenir d'un même individu, très âgé, quoique de petite taille.

C'est ainsi que l'usure de P^4 est telle que la dent paraît très courte, et que le pli interne est passé à l'état d'îlot, ce qui est exceptionnel chez le Castor. Néanmoins, la forme de la dent avec son bord lingual beaucoup moins convexe que chez le *Trogontherium*, permet une détermination sûre. En outre, chez *Conodontes*, aussi bien sur l'exemplaire de Bruges que sur ceux de Tegelen figurés par A. Schreuder à tous les degrés d'usure, le pli interne et le pli externe antérieur de P^4 restent toujours dans le prolongement l'un de l'autre; chez le Castor au contraire, très généralement, sinon toujours, ces plis alternent, le pli interne venant se placer en arrière du pli antérieur externe. Ce caractère est très net sur la dent de Bruges.

M^3 est une dent très transverse, avec un bord postérieur atrophié, n'ayant plus que deux îlots correspondant aux deux plis antérieurs externes.

Castor fiber est connu depuis le Pliocène moyen jusqu'à l'époque actuelle. De nombreuses variétés ont été décrites, mais,

1. M. L. Collot. Le genre *Trogontherium* dans le bassin de la Saône (*Revue bourguignonne*, t. XVI, n° 3, 1906).

2. G. Dubois. Rongeurs caractéristiques des différents étages du Quaternaire de l'Europe occidentale. *Ann. Soc. Géol. du N.*, 1925.

3. Voir A. Schreuder. *Castor praefiber* Depéret *in* der Fauna von Roussillon (*Palaeontol. Zeitschr*, Bd. IX, h. 4; 1928).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

d'après A. Schreuder, aucune ne mérite d'être distinguée sous un nom différent. La taille ne semble pas non plus un caractère à retenir. Si l'animal de Bruges est franchement plus petit que le *Conodontes* du même gisement, par contre, dans les argiles de Tegelen, le Castor atteint une taille tout-à-fait comparable à celle du *Trogontherium*.

L'association *Castor-Trogontherium* est fréquente dans le Pléistocène ancien. On l'a observée dans le Forest-bed, en Allemagne à Mosbach, à Mauer, à Jockgrim. Nous pouvions nous attendre à la trouver chez nous.

Castor fiber est plutôt rare dans le Pléistocène ancien du bassin d'Aquitaine. Il est vrai que celui-ci est surtout connu par des dépôts de cavernes. A Montmaurin (Haute-Garonne), M. Boule a signalé [1] sous le nom de *Castor* sp. une arrière molaire d'un Castor qui, par sa taille, paraît se rapprocher de la petite forme de Bruges. Ce dernier n'est pas d'ailleurs de dimensions exceptionnellement petites. Ce qui me paraît un peu anormal, c'est la faiblesse de l'incisive relativement aux molaires.

Sus scropha Lin.

Le sanglier nous est heureusement parvenu par sa dent la plus caractéristique, la canine inférieure. Nous possédons une C inf. gauche à laquelle manque environ le tiers postérieur, un fragment médian d'une C inf. droite, un fragment distal d'une C inf. droite. A en juger par l'état de conservation, ces pièces proviennent d'un seul individu.

Les faces externes et internes de ces défenses sont couvertes d'émail, la bande étant beaucoup plus large sur la face interne, ce qui exclut tout rapprochement avec le *Sus Strozzii* Men. du Pliocène du Val d'Arno et de Sénèze.

J'ai pu comparer les documents de Bruges avec les canines du *Sus priscus* de Serres conservées à l'Université de Lyon et provenant de la collection Marcel de Serres. Il y a bien quelques différences entre les défenses du *Sus* de Bruges et celles du sanglier de Lunel-viel. Chez ce dernier, dont les dimensions sont à peine supérieures, on remarque le rayon de courbure de la dent plus grand ; d'autre part, la bande d'émail recouvre toute la largeur des faces interne et externe. Au contraire, chez le Sanglier de Bruges, un liséré non émaillé court sur le bord postérieur de la face interne ; un autre plus mince se suit sur la face externe, laquelle fait un angle moins net avec la face posté-

1. M. Boule. *L'Anthropologie*, t. XIII, 1902.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

rieure. Sur la dent de Bruges, la face interne est aussi moins convexe que sur celle de *Sus priscus*.

Il n'est donc pas impossible qu'il y ait plusieurs variétés de sangliers parmi les animaux pléistocènes groupés sous les noms de *Sus scropha*, *Sus scropha antiquus*, *Sus priscus*, *Sus armatus*, etc... Mais les documents sont rarement suffisants pour justifier une coupure même spécifique.

Sus scropha est un compagnon habituel des faunes chaudes préwürmiennes. Il est signalé dans de nombreux gisements préissiens (Forest-bed, Mosbach, Mauer) ; il est présent dans les fentes de Cajarc (Prajous). Il devient plus rare dans les stations moustiériennes supérieures à faune froide ainsi qu'au Magdalénien (Stehlin. Cotencher [1]). Le sol gelé n'a jamais été son affaire.

Il a donc une assez grande extension dans le temps, assez analogue à celle de l'Éléphant antique, avec cette différence qu'il a fait retour dans nos contrées à la fin du Paléolithique, si l'on admet que le sanglier pléistocène est le précurseur immédiat de la forme actuelle.

Capreolus capreolus Lin. var. *pygargus*.

Cette détermination n'est qu'approchée, étant seulement basée sur deux dents isolées, M_2 et M_3 gauches d'un même individu. La taille est sensiblement supérieure à celle du chevreuil de nos régions ; le troisième lobe de l'arrière molaire est bien développé. Les dimensions atteignent celles du *Capreolus pygargus* Pallas, espèce qui vit actuellement en Sibérie et sur le versant N du Caucase. Le chevreuil de Bruges rappelle celui signalé par M. Mieg et H. G. Stehlin, dans la faune d'Istein (Bade).

Cette forme ne nous donne aucune indication précise d'âge. Le *Capreolus cusanus* Croiz. et Job. du Pliocène de Perrier ne différerait du pygargue récent, d'après Stehlin, que par le développement considérable de P_2. C'est dire que des documents incomplets comme les nôtres pourraient aussi bien appartenir au type pliocène.

Des *Capreolus* de grande taille ont été cités dans de nombreux gisements quaternaires depuis le Forest-bed jusque dans des niveaux très récents, certainement post-glaciaires. C'est le cas pour la faune d'Istein qui se placerait d'après Mieg et Stehlin, à la limite supérieure de l'âge du Renne.

1. A. Dubois et H. G. Stehlin. La grotte de Cotencher, station moustiérienne. *Mém. Soc. Pal. Suisse*, vol. LII et LIII, 1933.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cervus elaphus LIN.

Les débris de cette espèce se réduisent actuellement à deux fragments de molaires de lait et quelques bois incomplets assez usés et roulés, suffisants cependant pour permettre leur attribution, soit à un Elaphe vrai de forte taille, soit à un Maral. Ils restent un peu au-dessous des dimensions du Wapiti.

Des Cerfs du groupe Elaphe, particulièrement robustes, ont été souvent signalés dans des gisements quaternaires et parfois attribués sans preuves suffisantes, au Wapiti.

En ce qui nous concerne, il nous suffit de savoir que des Cerfs de ce groupe apparaissent dès le Pléistocène le plus ancien (Forest-bed, Solilhac, Mosbach, etc...) et qu'ensuite ils se rencontrent indistinctement dans les faunes des périodes glaciaires ou interglaciaires.

Elephas antiquus FALCONER.

Une moitié d'une troisième molaire inférieure gauche a été recueillie par R. B. lors d'une récente visite à l'exploitation. Bien qu'incomplète, cette dent d'une conservation remarquable, ayant appartenu à un individu âgé, permet une détermination sûre.

Cette molaire frappe par sa faible largeur (68,5 mm. au niveau de la cinquième lame), par la forme losangique des îlots, sa fréquence laminaire basse, son émail fort et plissé, en forte saillie au-dessus de la masse de cément.

Tous ces caractères sont bien ceux d'*El. antiquus* FALC., surtout tels qu'ils ont été précisés par divers auteurs, notamment par H. Pohlig et plus récemment par W. Soergel. Les dents d'*El. antiquus* peu usées sont, en outre, remarquables par leur hypsodontie. Mais ce caractère ne peut être vérifié sur notre échantillon.

La fréquence laminaire, 5 ou un peu plus, qui rappelle celle d'*El. meridionalis* NESTI, la robustesse de la couche d'émail, indiquent qu'il s'agit d'une mutation ancienne de l'*El. antiquus*. Ainsi Leith Adams a figuré[1] une M_3 gauche du Forest-bed de Cromer qui ne dépasse pas la fréquence 5.

D'autre part, le Dr H. G. Stehlin a bien voulu comparer une photographie de la dent de Bruges avec des molaires de l'*El. antiquus* de Solilhac dont le Musée de Bâle possède une riche collection. L'éminent conservateur nous confirme, ce dont nous

1. LEITH ADAMS. Monograph of the British fossil Elephants 1877-1881, pl. III, fig. 1.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ui sommes très reconnaissants, que le fragment de Bruges est identique sous tous les rapports à une arrière molaire de Solilhac. On sait que ce gisement date du Pléistocène très ancien ; Ch. Depéret le parallélisait avec le Forest-bed.

Laissant de côté la question des racines pliocènes de l'*El. antiquus*, bornons-nous à noter l'extension de cet éléphant au Quaternaire. Il est incontestablement un des chefs de file de la faune chaude, ou tout au moins tempérée, à climat océanique. Aussi est-il fréquent dès les horizons les plus inférieurs du Quaternaire. Il n'est pas moins répandu dans les gisements prérissiens, dans les niveaux chelléo-acheuléens. Comme l'a montré H. G. Stehlin (Cotencher, p. 227) l'Éléphant antique a survécu à la glaciation rissienne. On le retrouve dans l'interglaciaire Riss-Würm ainsi que l'Hippopotame, mais il n'a pas résisté à la glaciation würmienne et son extinction dans nos régions « semble être survenue dès les débuts du Moustiérien froid ».

Dans la région bordelaise, *E. antiquus* a été signalé à Martignas, canton de Pessac, dans la terrasse de 40 m., et à Gironde, un peu en aval de La Réole, dans la terrasse de 20 mètres[1].

D'après les caractères anatomiques de sa molaire, l'éléphant de Bruges indiquerait à lui seul un niveau quaternaire prérissien.

Conclusions. Age de la faune de Bruges.

Incontestablement, les Mammifères les plus caractéristiques de l'âge des argiles de Bruges, sont les deux espèces disparues : *Elephas antiquus* et *Conodontes Boisvillettei*.

La première signifie que la faune est au moins préwürmienne, et, vu le cachet archaïque de la dent, probablement prérissienne.

La présence d'un *Trogontherium* transforme cette vraisemblance en certitude. Dans l'interglaciaire Riss-Würm, *Conodontes* avait disparu.

L'association *Castor-Trogontherium* est fréquente, nous l'avons vu, dans les gisements du Quaternaire ancien d'Europe.

Le reste de notre faunule est plus banal. Néanmoins, le chevreuil, le cerf, le sanglier sont bien à leur place ; ils ne confèrent nullement un cachet plus récent à la faune de Bruges. Ce trio se rencontre en effet à Mosbach. A Montmaurin (Haute-Garonne), il existe aussi en compagnie d'un *Machairodus*. Dans la faune de Cajarc (Lot), *Sus scropha* et *Cervus* cf. *elaphus* se trouvent associés à un *Elephas* du groupe *meridionalis* ainsi qu'à un *Ma-*

1. E. Harlé. Restes d'éléphants dans le SW de la France. *Soc. d'Hist. Nat. de Toulouse*, séance du 5 juillet 1893.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

chairodus. Toutes ces associations ne montent pas dans le Quaternaire récent.

On est surpris par l'absence de Rhinoceros, d'Équidés, de Bovidés ; mais cette lacune est sans doute provisoire. Tant que la carrière sera exploitée pour la tuilerie, il sera permis d'espérer compléter la liste précédente.

Autres gisements contemporains du bassin d'Aquitaine.

La faune du Quaternaire ancien du bassin de la Garonne n'était connue jusqu'ici avec certitude que dans une poche de phosphate du Causse de Cajarc, où Harlé et Stehlin ont signalé :

Elephas cf. *meridionalis* Nesti	*Machairodus* sp.
Cervus sp. de grande taille	*Meles taxus* Blas.
Grand bovidé	*Canis* sp.
Cervus cf. *elaphus* Lin.	*Sus scropha* Lin.

De Crégols (Lot) provient un exemplaire de
Hyaena cf. *brevirostris* Aym.

En dehors de ces localités, on ne connaissait qu'un seul gisement stratifié, celui du Gurp, près Soulac, où des argiles situées presqu'au niveau de la mer, enfouies sous le sable des Landes, ont fourni une mandibule d'*Elephas meridionalis* conservée au Musée de Bordeaux, et figurée par Ch. Depéret et L. Mayet[1].

L'éléphant du Gurp n'est certainement pas un *meridionalis* typique ; mon savant maître n'a pas eu de peine à reconnaître un animal évolué, du Quaternaire ancien, une forme que les auteurs allemands, d'après les idées de Pohlig, n'hésiteraient pas à considérer comme une transition entre *E. meridionalis* et *E. trogontherii*.

Cet animal suffit-il à prouver à lui seul que les argiles du Gurp appartiennent à un Pléistocène encore plus ancien que celui de Bruges? Je ne le pense pas. Seules des associations d'espèces peuvent permettre de dater les horizons géologiques avec certitude, et ceci n'est pas seulement vrai pour le Quaternaire. Mais à plus forte raison est-il indispensable d'y recourir quand on veut, comme c'est le cas pour les dépôts pléistocènes, faire de la fine stratigraphie.

Si donc l'éléphant du Gurp pourrait parfaitement se rencontrer dans une faune à côté de l'Éléphant antique et du *Trogontherium*, le fait que le fond des argiles de Bruges et celui des argiles du Gurp sont sensiblement à la même altitude donne à penser

1. Les Éléphants pliocènes. *Ann. Univ. Lyon*, n. série, fasc. 42, 1923, pl. IX, fig. 5 *a* et 5 *b*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

que ces terres à tuiles [1] ne sont que deux lambeaux d'une même formation, car notre chronologie du Quaternaire est basée sur le postulat de l'oscillation du niveau de base des fleuves. Elles ont été déposées en eau calme par un cours d'eau à peu près parallèle à la Gironde, qui débouchait dans l'Atlantique au Quaternaire ancien avec un niveau de base semblable à celui de la Garonne actuelle.

Je ne vois pas la possibilité d'échapper à cette conclusion, soit que l'on admette que les argiles de Bruges représentent le fond d'une terrasse de 15 m., soit qu'on pense qu'elles appartiennent à un fond de terrasse ayant été ultérieurement décapitée et finalement nivelée lors du dépôt de la basse terrasse.

En effet, le fond des argiles de Bruges étant à l'altitude 0, celles-ci ne peuvent appartenir ni à la terrasse de 40-45 m. dont la base, d'après R. Balland, se tient entre les cotes 25 et 30, ni à celle de 20 m. dont la base oscille entre 10 et 12 mètres.

Deux solutions seulement sont possibles :

Hypoth. n° 1 : Ou bien les argiles forment réellement la base de la terrasse de 15 m. La Garonne n'a fait que descendre par oscillations graduées au cours du Quaternaire, avec un niveau de base successivement à 30, puis à 12, à 0, enfin à —20.

Hypoth. n° 2 : Ou bien les argiles sont ravinées par la terrasse de 15 m. Elles font seules partie d'une très vieille terrasse dont la base était à l'altitude 0, le sommet à une hauteur inconnue; la partie supérieure a été en effet arasée, puis noyée lors du dépôt des terrasses plus récentes de 40 m., de 20 m., de 15 mètres [2].

La situation des argiles de Bruges n'est pas sans rappeler celle des graviers de Chelles qui descendent parfois au-dessous de l'étiage de la Marne. On sait que Ch. Depéret et E. Chaput avaient tout d'abord admis que ces graviers se plaçaient à la base d'une terrasse de 30 m. (la même qu'à Mauer), dont le sommet aurait été démoli et nivelé lors du creusement, puis du dépôt de la terrasse de 15 mètres [3].

Partant ensuite de cette constatation que le fond de la terrasse de 30 m. ne descend pas plus bas habituellement que 10-12 m. au-

1. J. Welsch a signalé (*C. R. Collab. Bull. Carte géol. Fr.*, n° 126, t. XX, mai 1910) que l'argile du Gurp est sableuse, micacée et dépourvue de calcaire. Elle est donc exploitable pour la tuilerie, tout comme celle de Bruges. On trouvera, par le même auteur, une coupe prise à l'anse du Gurp (*Id.*, n° 132, mai 1912).

2. Mon collaborateur, R. Balland, m'informe que, d'après M. Fabre, les argiles du Gurp sont recouvertes par la terrasse de 40 m. de la région bordelaise, terrasse qui tombe à 0 vers la côte. Cette observation vient à l'appui de l'hypothèse n° 2 qui fait des argiles du Gurp et par suite de celles de Bruges un dépôt antérieur à la terrasse de 40 mètres.

3. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 19 déc. 1921

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dessus de l'étiage, ces auteurs ont rajeuni le Chelléen. Celui-ci aurait été précédé d'un Préchelléen correspondant à la terrasse de 30 m. Quant aux graviers chelléens, ils se seraient déposés « dans la phase de creusement comprise entre le dépôt des terrasses de 30 et de 15 mètres » [1].

On le voit, Ch. Depéret et E. Chaput avaient adopté à peu de chose près, pour l'âge des graviers de Chelles, ce que j'appelle l'hypothèse n° 1 pour les argiles de Bruges.

Entre ces deux solutions, mon choix est fait. Si la faune du Quaternaire ancien, non seulement la faune « chaude », mais la faune à cachet archaïque, à survivances pliocènes, se place à la base de la terrasse de 15 m., ou, si l'on préfère, entre celle de 30 et celle de 15, où sont les faunes correspondant au dépôt des hautes terrasses?

Abandonnons, je le veux bien, la théorie eustatique. Admettons que la terrasse de 15 m. de la Garonne soit contemporaine de celle de 30 m. du Neckar. Il resterait encore à expliquer comment la basse terrasse de la Garonne peut contenir à Bruges une faune chaude prérissienne, tandis que 10 km. plus au Nord, au bec d'Ambès, une terrasse de même altitude renferme des silex moustiériens.

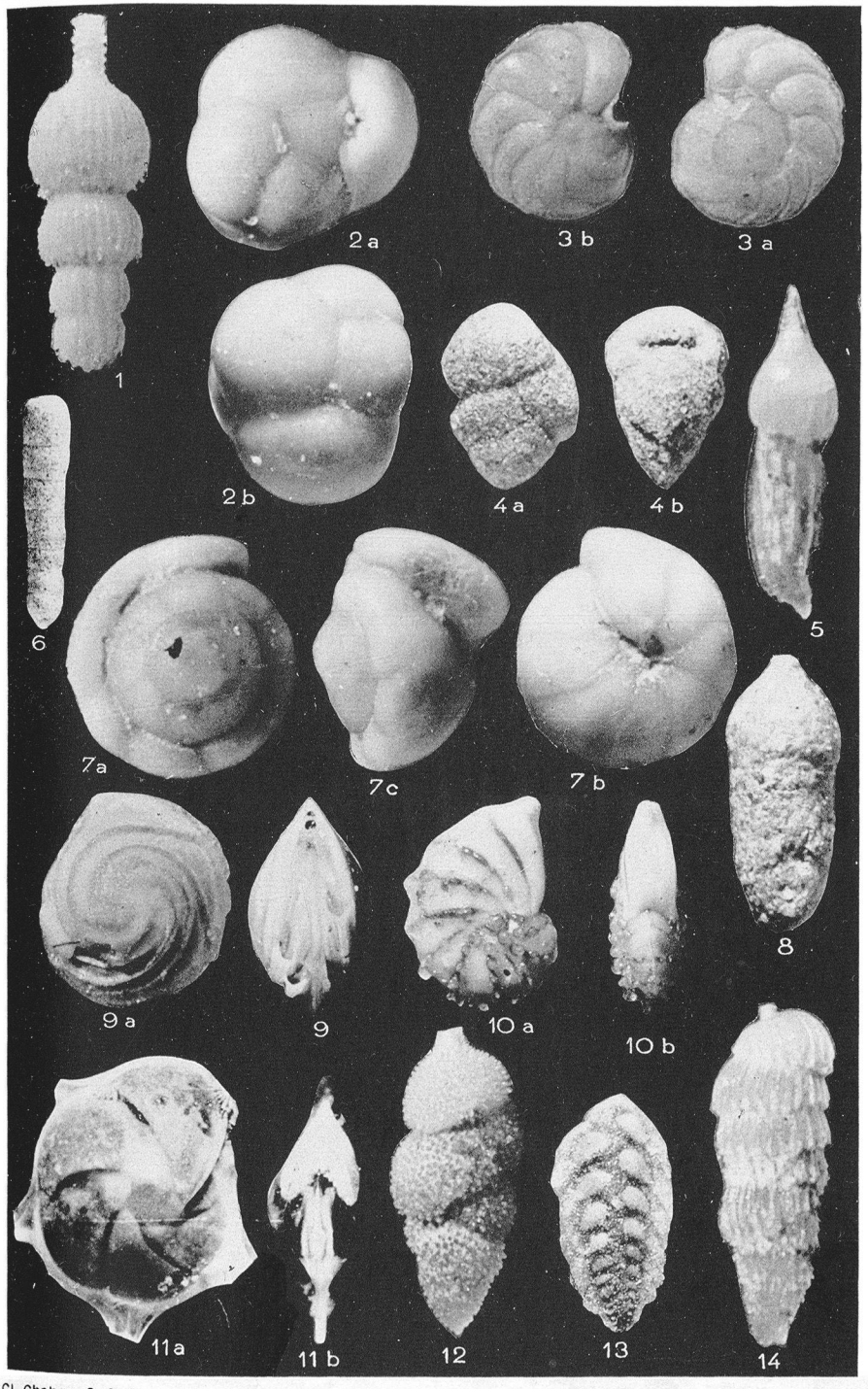
E. Chaput a rappelé en effet [2] la découverte faite par M. Daleau d'une industrie moustiérienne dans une petite terrasse d'affluent, au voisinage du confluent de la Garonne et de la Dordogne, « en place dans des graviers non remaniés », terrasse dont le sommet est à 16 m. environ. Je suis tout à fait d'accord avec le savant professeur de Dijon pour penser que les graviers de Marignac doivent être contemporains des alluvions à *E. primigenius* et *R. tichorhinus* de la région toulousaine, lesquelles forment terrasse à des altitudes comprises entre 10 et 20 m. au-dessus de l'étiage et se relient aux moraines würmiennes de Labroquère.

Or, s'il y a une corrélation maintenant certaine dans notre Quaternaire, c'est la place de l'industrie moustiérienne par rapport aux dépôts glaciaires. Après la magnifique synthèse de H. G. Stehlin sur les faunes moustiériennes et sur l'âge géologique des industries paléolithiques, il n'est plus permis d'ignorer que « le Moustiérien est contemporain de la période de crue de la glaciation würmienne » [3].

On a bien lu..., le Moustiérien et non pas le Chelléen.

1. *C. R. somm. S. G. F.*, 7 avril 1924.
2. E. Chaput. L'origine des terrasses de la Garonne. *B. S. G. Fr.*, 4e série, t. XXIV, 1924.
3. A. Dubois et H. G. Stehlin. *Loc. cit.*, p. 215.

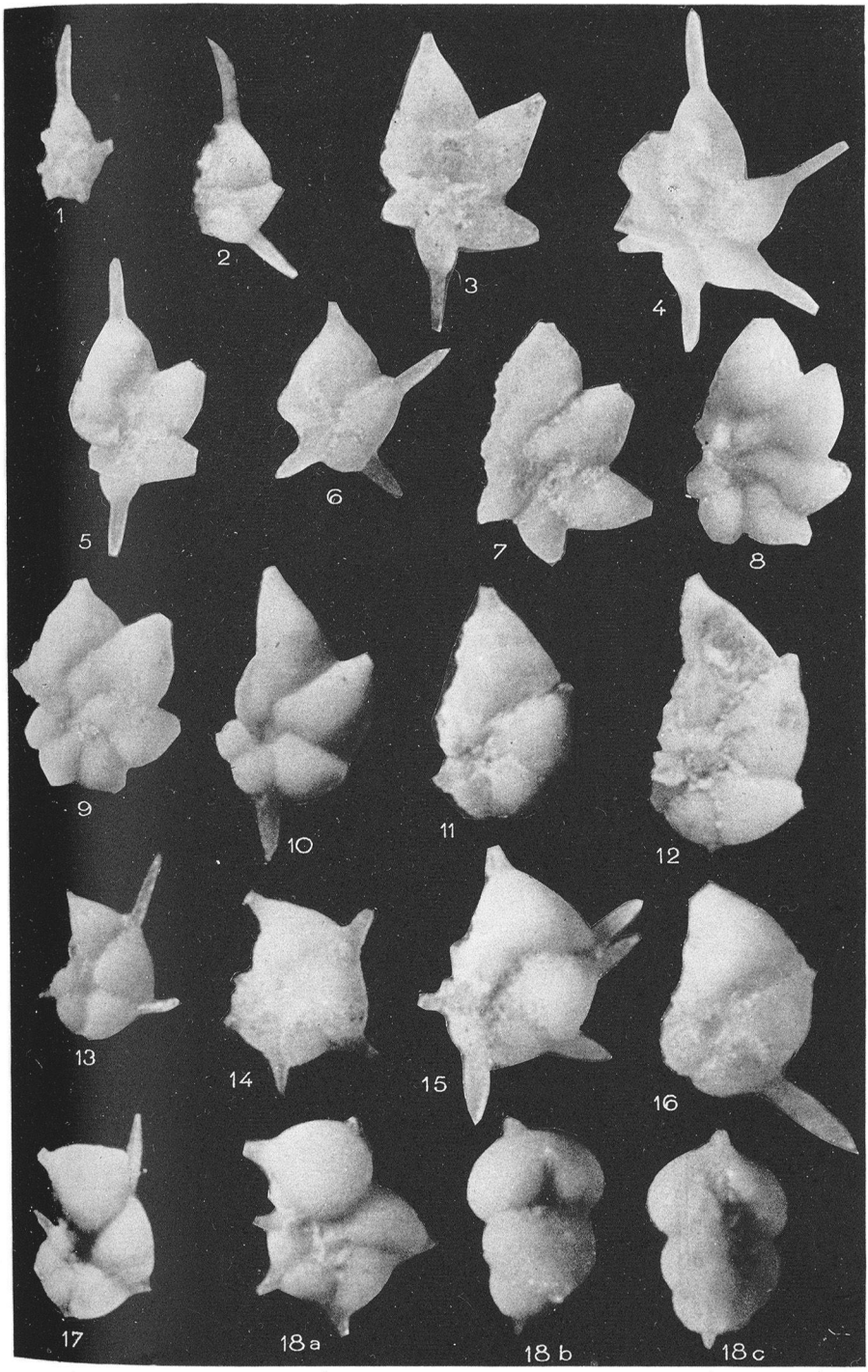
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Cl. Chabas - S. C. P.

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

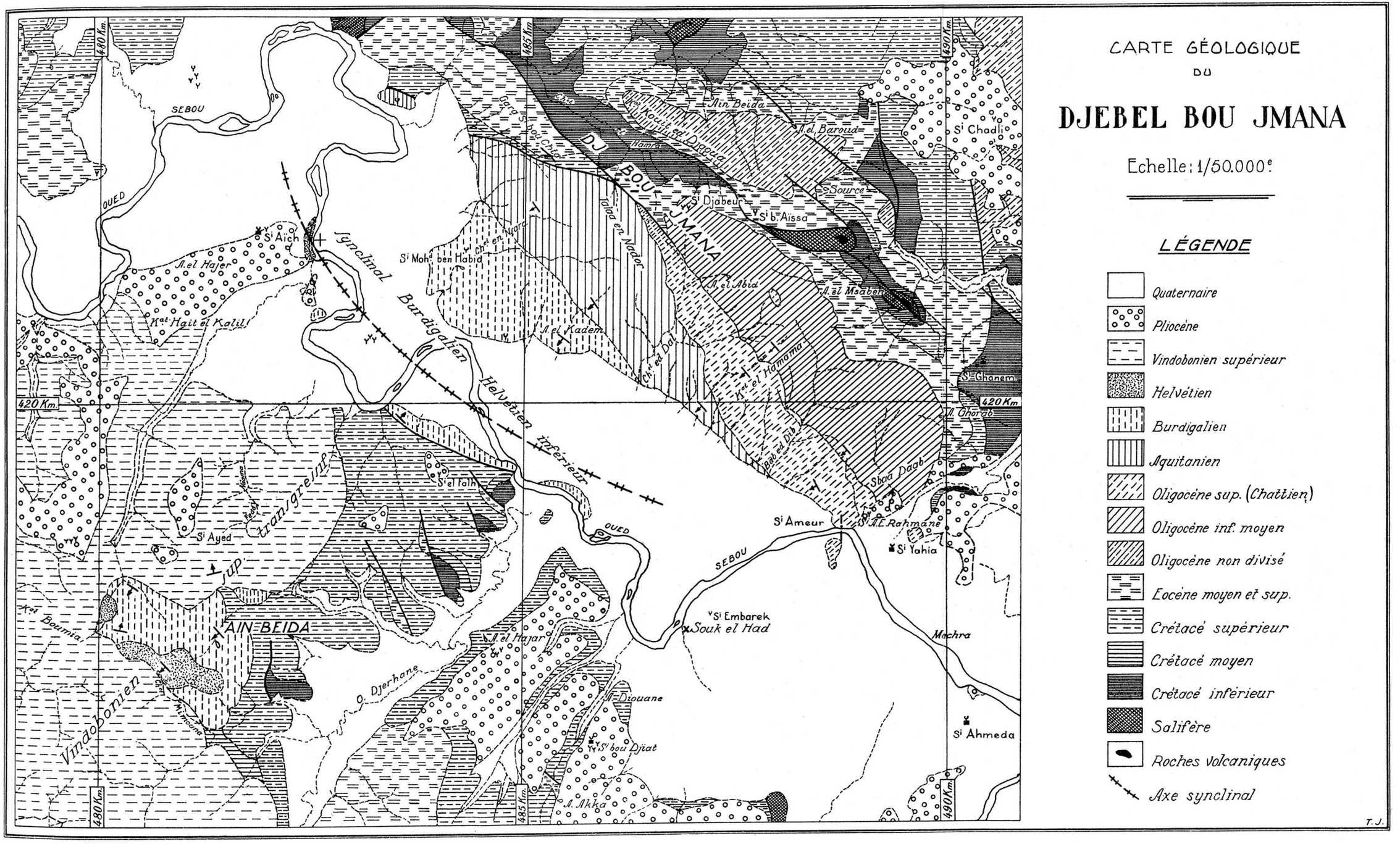
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



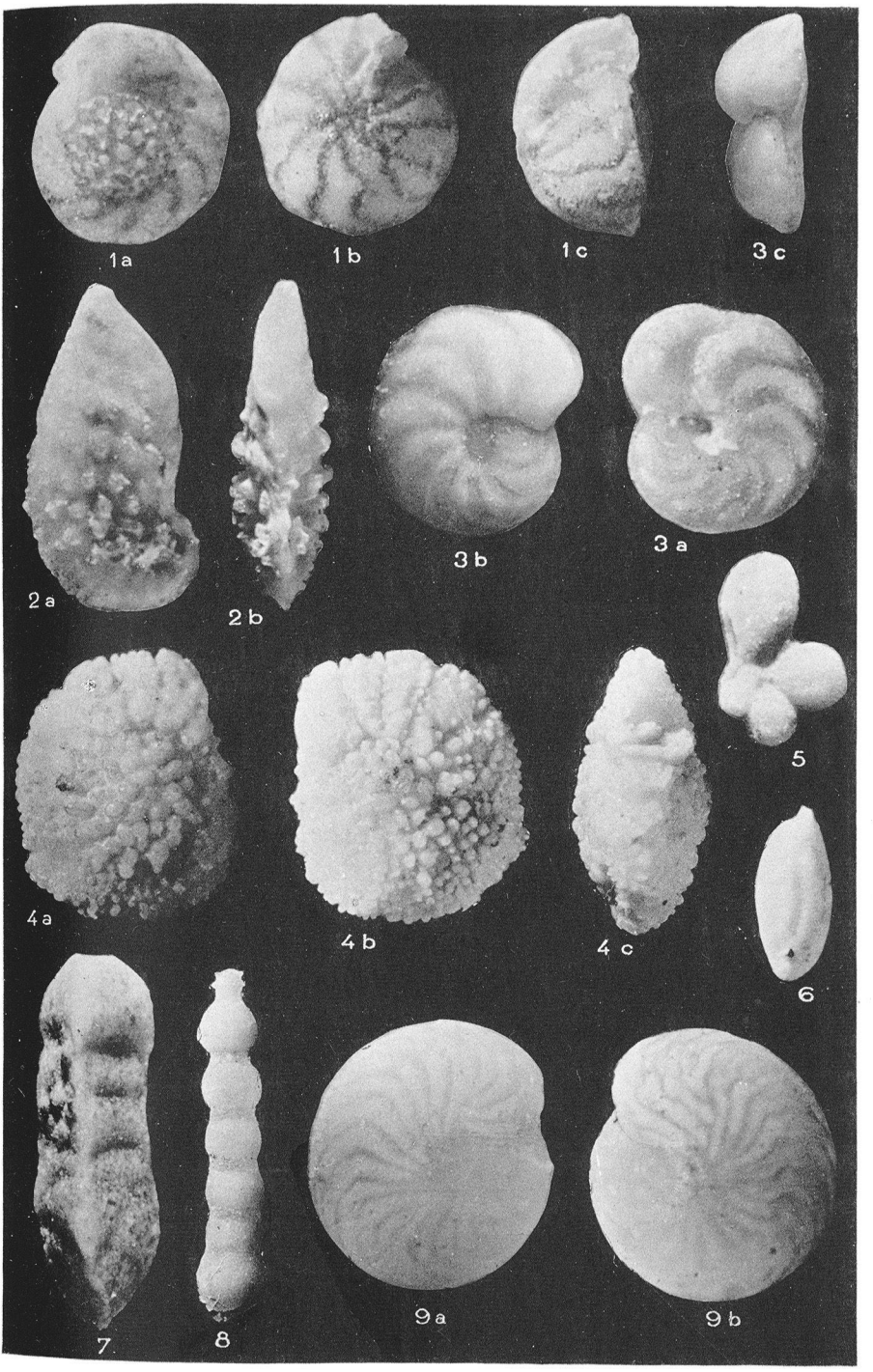
Cl. Chabas - S. C. P.

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

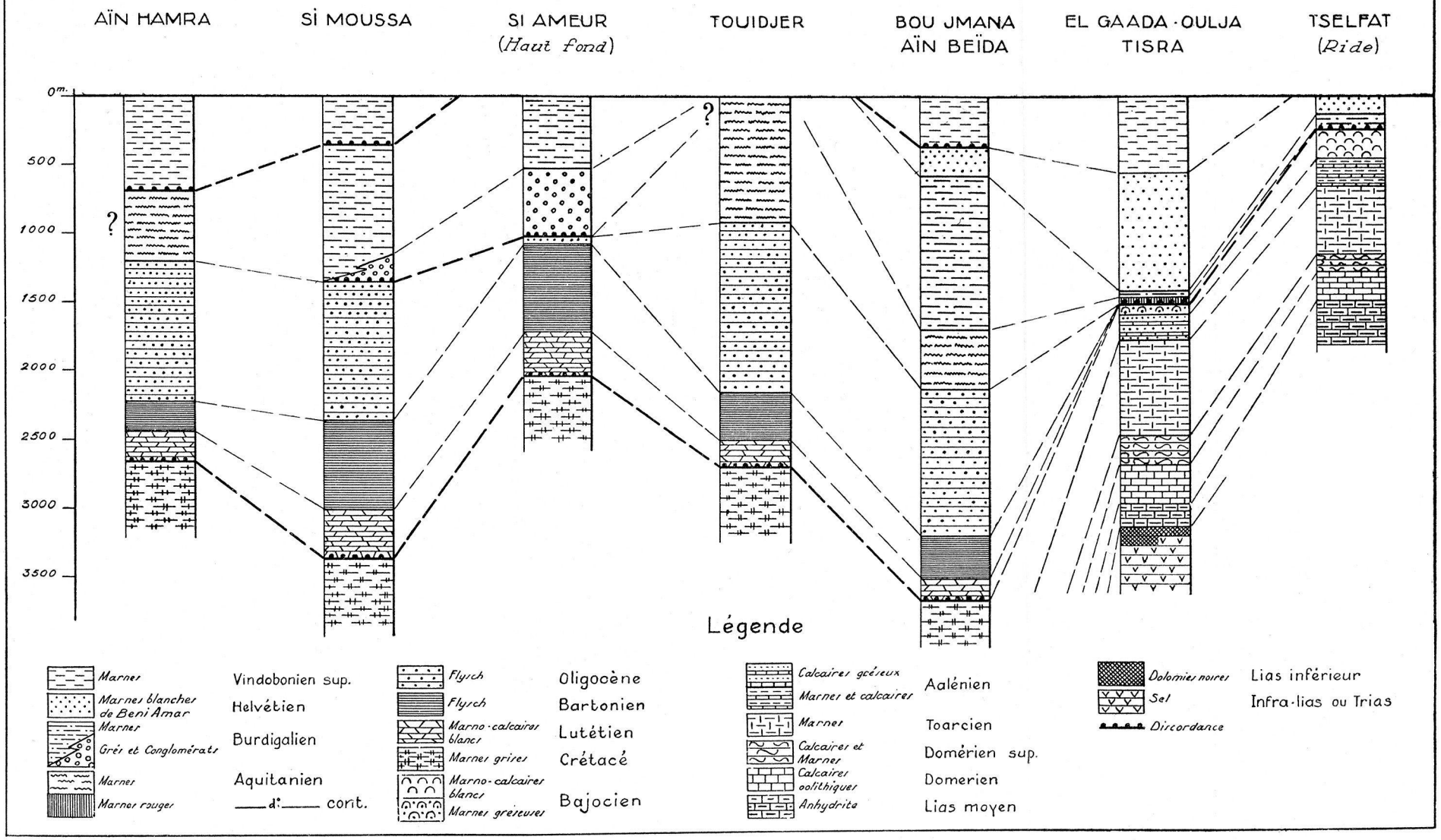


Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

CORRÉLATIONS STRATIGRAPHIQUES DANS LE PRÉRIF



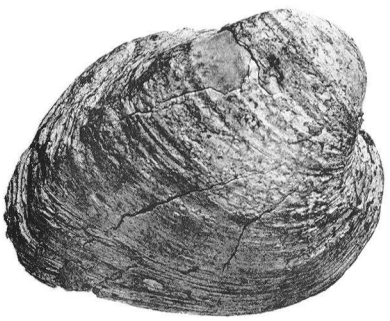
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1

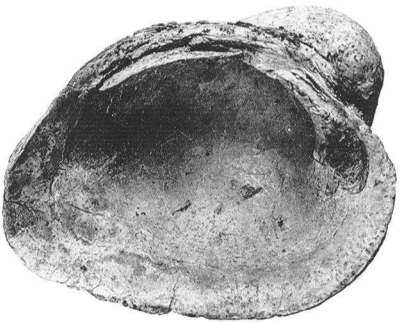
2

Cl. E. Chaput 3 Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

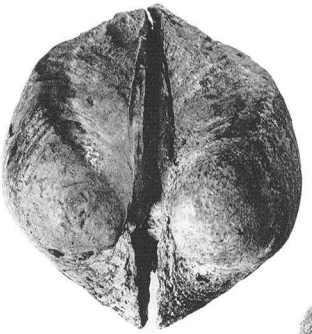


1



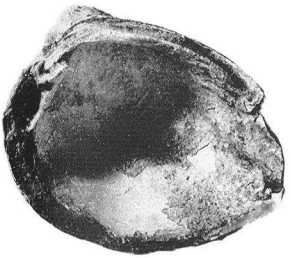
1a

4



1b

3



2a

2

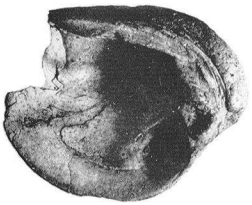
7

5

6

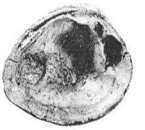
9

8



7a

10

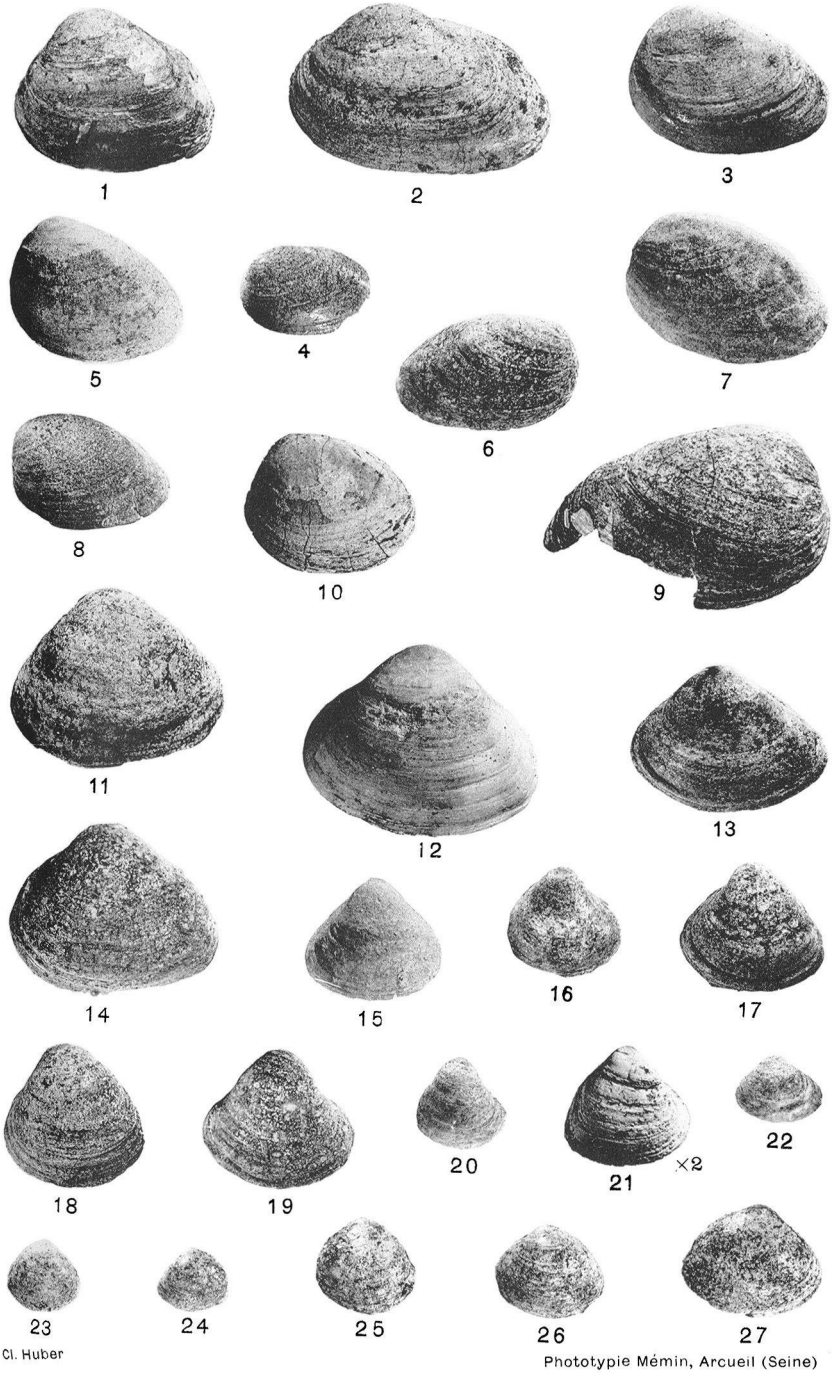


9a

Cl. Huber

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

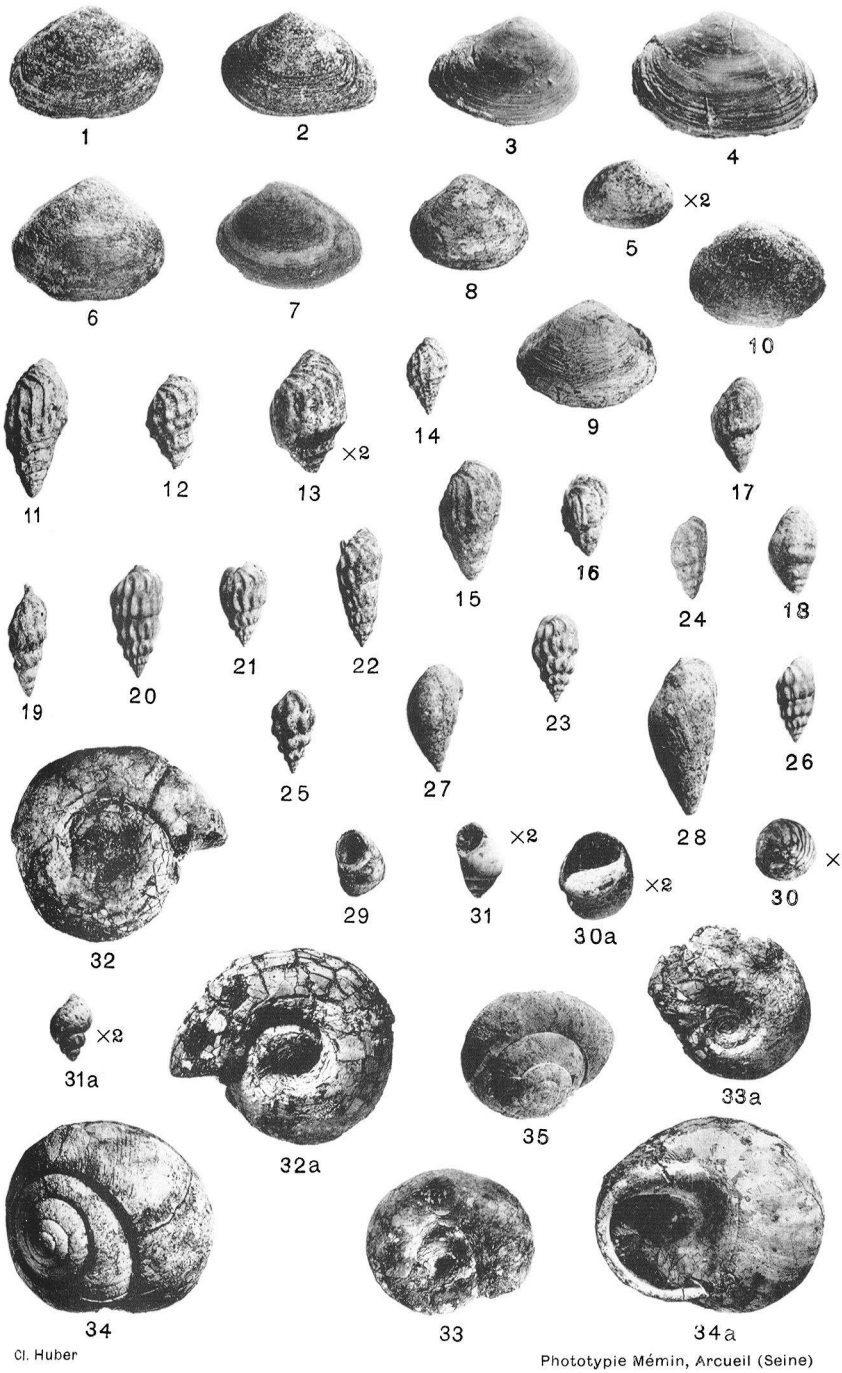
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Cl. Huber

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

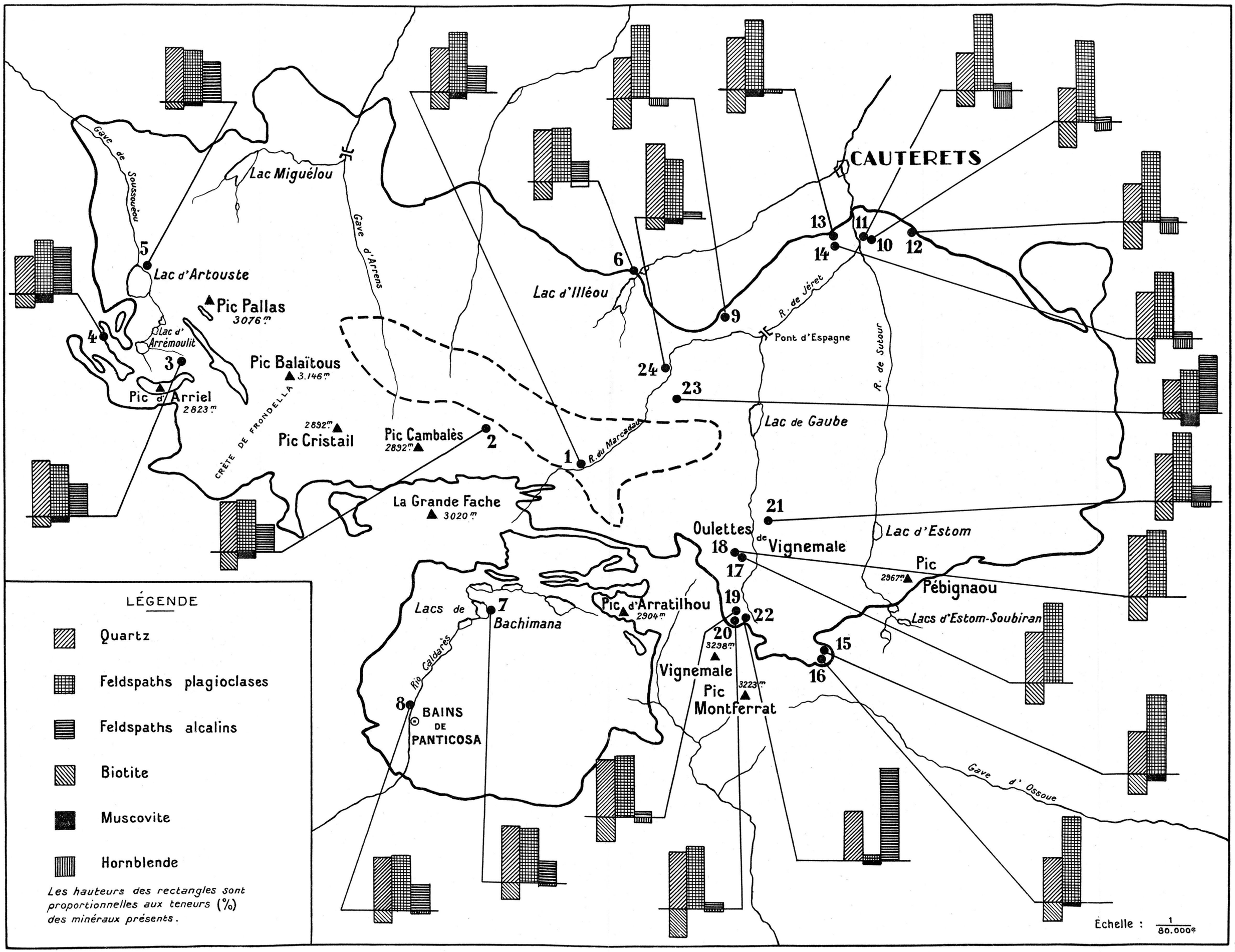
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Cl. Huber

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'Hettangien et le Sinémurien inférieur moyen de Meurthe-et-Moselle

par le Colonel Ch. Gérard et G. Gardet [1].

Planches XXXI, XXXII, XXXIII.

I. — LISTE DES OUVRAGES CONSULTÉS

Chaque ouvrage est précédé d'un numéro en chiffres gras, qui servira à le désigner dans le courant du travail.

1. Bleicher. — Note sur la limite inférieure du Lias en Lorraine. *Bull. Soc. Géol. de France*, 3e série, tome XII, 1884.
2. Bleicher. — Guide du géologue en Lorraine. Nancy, 1887.
3. Bleicher. — Sur un nouvel horizon paléontologique du Lias moyen de la Lorraine. Nancy, 1894.
4. Braconnier. — Description des terrains qui constituent le sol du département de M.-et-M. Nancy, 1879.
5. S. Buckman. — Yorkshire Type Ammonites, et Types Ammonites. London, 1909-1927.
6. Canavari. — Beiträge zur Fauna des Unteren Lias von Spezia. *Paleontographica*, t. 29, 1882.
7. Chapuis et Dewalque. — Description des fossiles des terrains secondaires de la province de Luxembourg. Bruxelles, 1853.
8. G. Corroy. — Étude stratigraphique et tectonique des régions nord du seuil de Bourgogne et du Bassin des eaux minérales vosgiennes. *Annales Fac. des Sciences de Marseille*, 1934.
9. C. Dechaseaux. — Pectinidés jurassiques de l'Est du Bassin de Paris. Thèse de Doctorat. *Annales de Paléontologie*, t. XXV, 1936.
10. C. Dechaseaux. — Principales espèces de Liogryphées jurassiques. *Bull. Soc. Géol. de France*, 5e série, t. IV, 1934.
11. C. Dechaseaux. — Limidés jurassiques de l'Est du Bassin de Paris. *Mém. du Musée Royal d'Hist. Nat. de Belgique*. Bruxelles, 1936.
12. Dumortier. — Études paléontologiques sur les Dépôts jurassiques du Bassin du Rhône. T. I, Infralias. Paris, 1864. T. II, Lias inférieur. Paris, 1867. T. III, Lias moyen. Paris 1869.
13. Fiege. — Die Biostratigraphie der Arietenschichten Nordwest Deutschlands und Würtembergs. *Paleontographica*, vol. 71, 1928.
14. G. Gardet. — Quelques notes de géologie Haute-Marnaise, Hettangien de Fresnoy. *Bull. Soc. Études des Sciences Nat. de la Haute-Marne*, t. 8, 1926.
15. Cel Gérard. — Note sur la formation dite « calcaire ocreux » de M.-et-M. *Bull. Soc. Géol. de France*, 5e série, t. I, 1931.

1. Note présentée à la séance du 30 mai 1938.
25 mai 1939.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

16. V. Hauer. — Ueber die Cephalopoden aus dem Lias der Nordöstlichen Alpen. Vienne, 1856.

17. Hyatt. — The Fossil Cephalapoda of the Museum of comparative zoologie. Cambridge, 1868.

18. Hyatt. — Proceedings of the Boston Society of Natural History, 1870-1875.

19. Hyatt. — Genesis of the Arietidae. *Memoirs of the Museum of comparative zoologie at Harvard College*. T. XVI, 1889.

20. H. Joly. — Études géologiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la bordure NE du Bassin de Paris. Thèse. Nancy, 1908.

21. H. Joly. — Les Fossiles du Jurassique de la Belgique. *Mémoires du Musée Royal d'Hist. Nat. de Belgique*. Bruxelles. I, Infralias, 1907. II, Lias inférieur, 1936.

22. J. Martin. — Paléontologie stratigraphique de l'Infralias du département de la Côte-d'Or. *Mém. Soc. Géol. de France*, 2e série, t. VII, Mém. n° 1, 1860.

23. G. Minoux. — Le Trias et le Lias des environs de Mirecourt. *Bull. Soc. Géol. de France*, 5e série, t. IV, 1934.

24. Neumayr. — Zur Kenntniss der Fauna des untersten Lias in der Nord Alpen. *Abh. der K. K. Reichsanstalt*. Wien, 1879.

25. Nicklès. — Compte rendu de la session extraordinaire de la Société Belge de Géologie à Nancy en 1898. *Bull. de la Soc. Belge de Géologie*. Bruxelles, 1900.

26. Oppel. — Ueber jurassische Cephalopoden. *Pal. Mitt auf den Koenigl. Bayer Museum*. Stuttgart, 1862-65.

27. d'Orbigny. — Paléontologie française, Terrains jurassiques, Céphalopodes. Paris, 1854.

28. d'Orbigny. — Types du Prodrome. *Annales de Paléontologie*. Paris, 1906-1907.

29. Pompeckj. Beiträge zu einer Revision der Ammoniten des Schwäbischen Jura. Stuttgart, 1893-1896.

30. Pompeckj. — Die Ammoniten des Schwäbischen Jura. Stuttgart, 1883-1888.

31. Reynès. — Monographie des Ammonites du Lias, Atlas. Paris, 1879.

32. Schirardin. — Note sur le Lias inférieur du Bas-Rhin. *Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, 1923.

33. Schloenbach. — Beiträge zur Paleontologie der Jura und Kreide formation im Nordwestlichen Deutschlands, *Paleontographica*, t. XIII, 1865.

34. Schmidt. — Die Arieten des unteren Lias von Harburg. *Paleontographica*, vol. 61, 1914.

35. Sowerby. — Mineral Conchologie of Great Britain. London, 1812-1846.

36. Stuber. — Der obere Abtheilung des unteren Lias in Deutsch.-Lothringen. Strasbourg, 1892.

37. Terquem et Piette. — Le Lias de la Meurthe, de la Moselle, etc. *Bull. Soc. Géol. de France*, 2e série, t. XIX, 1862.

38. Terquem et Piette. — Le Lias inférieur de l'Est de la France. *Mém. Soc. Géol. de France*, 2e série, t. VIII, 1865.

39. Wähner. — Beiträge zur Kenntniss der tieferen Zonen des unteren

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Lias in den Nordöstlichen Alpen. *Pal. Osterreich-Ungars un des Orients*, vol. 2-11. Vienne-Leipzig, 1882-1898.
40. Wright. — Monograph of the Lias Ammonites of the British Islands. *Paleontographical Society*. London, 1878-1886.
41. Zittel. — Text-Book of Paleontology. London, 1900.

II. — INTRODUCTION

Quelques études ont déjà été publiées sur le Lias inférieur de Meurthe-et-Moselle, en particulier par Terquem et Piette (37), Bleicher (1, 2), Nicklès (25), H. Joly (20). Mais la plus récente date déjà de 30 ans. Au reste, seule la faune hettangienne est connue depuis la thèse de ce dernier auteur.

Des très nombreux matériaux accumulés dans les collections de l'Institut de Géologie appliquée de la Faculté des Sciences de Nancy, provenant des collections Lebrun, Ebel, Beaugé, Mathieu, Groth, Gaiffe, Bleicher, Authelin, Nicklès, Coué, Joly, Corroy, Fallot, Gérard, Gardet, etc..., n'avaient été déterminés en partie jusqu'alors, que : Limes, Pectens, Liogryphées par Mlle C. Dechaseaux (9, 10, 11) ; Spiriférines par G. Corroy ; Échinides par P. Thiery.

Tout le reste — Hettangien excepté — demeurait à identifier.

Nos recherches sur le terrain, nos récoltes de fossiles, nous ayant permis de constater que les connaissances acquises sur le Lias inférieur se révélaient incomplètes, nous avons demandé à M. le Professeur P. Fallot, Directeur de l'Institut de Géologie appliquée, de vouloir bien nous autoriser à étudier les matériaux dont nous venons de parler, de réviser des déterminations anciennes et de coordonner les résultats acquis. Nous le prions ici d'agréer nos vifs remerciements pour l'empressement avec lequel il a accepté notre suggestion.

La révision d'une faune implique une connaissance détaillée de la région dans laquelle elle a été recueillie. Nous nous sommes donc efforcés de revoir tous les gisements fossilifères anciens et la plupart des nouveaux. Les grandes exploitations actuelles, comme celles récemment abandonnées, ont attiré tout particulièrement notre attention.

Le Lias inférieur de la Moselle a été étudié par Stuber (36), celui des Vosges par Minoux (23) et G. Corroy (8). Le présent travail ne portera donc que sur l'Hettangien et le Sinémurien de M.-et-M., sauf en ce qui concerne les environs immédiats de Vic-sur-Seille.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

III. — STRATIGRAPHIE

A. Considérations générales.

1° Hettangien

On divise généralement l'Hettangien en deux niveaux caractérisés chacun par des Ammonites : à la base la zone à *Psiloceras planorbis,* au sommet la zone à *Schlotheimia angulata.*

Nous adopterons ces divisions pour l'Hettangien de M. et-M. et ce sera respectivement nos zones I et II.

Limites de l'étage. La limite inférieure est très nette. Le Rhétien se termine en effet par une formation marno-dolomitique, bariolée de couleurs vives où domine le rose, azoïque, de 8-10 m. de puissance, bien connue sous le nom « marnes de Levallois ».

L'Hettangien débute au-dessus de ces argiles par des marnes et des calcaires à faune marine brusquement abondante. Ces faciès tout à fait différents se poursuivent ensuite sur toute l'épaisseur de l'étage, sans aucune modification sensible.

La limite supérieure, au contraire, est très difficile à saisir, car on observe un passage graduel de l'Hettangien au Sinémurien. La sédimentation étant continue, il en résulte une similitude de faciès qui rend toute tentative de démarcation illusoire à même le sol : une séparation ne peut être tentée que dans les coupes nettes, récentes, par la recherche systématique des Ammonitidés.

Zone I. — **Zone à *Psiloceras planorbis*.**

Terquem et Piette (37) indiquent que cette zone, bien qu'étant très mince, existe dans le département de la Meurthe. Braconnier (4, p. 150) en signale aussi l'existence en M.-et-M. « Elle se compose, dit-il, de 0 m. 40 de marnes grisâtres, puis de 0 m. 65 de bancs de calcaire gris bleuâtre de 0 m. 25 d'épaisseur, séparés par un banc de marnes grises. On y trouve l'*Ammonites planorbis.* »

Or Bleicher, en 1884, dans sa note sur le Lias inférieur de Lorraine (1, p. 445) dit textuellement : « Contrairement à l'opinion de MM. Terquem et Piette, nous n'admettons pas dans le département de M.-et-M. de zone à *Ammonites planorbis.* » Il ne parle pas de l'assertion de Braconnier dont il semble ignorer l'existence. Il dut cependant, plus tard, avoir quelques doutes sur cette déclaration catégorique, car, en 1887, dans son Guide,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

après avoir dit, p. 169, qu'à Xeuilley, à la base des carrières, on peut étudier la zone à *Schlotheimia angulata*, il ajoute et *peut-être même celle de l'A. planorbis*.

Il n'en est pas moins vrai que, malgré les assertions de Terquem et Piette et de Braconnier, l'opinion de Bleicher a prévalu, et que, depuis ce géologue, tous les auteurs qui se sont occupés de la question ont affirmé que la zone à *P. planorbis* n'existait pas en M.-et-M.

Or, Albert Guibal, de Neuviller-sur-Moselle, récemment décédé, a recueilli autrefois en place, à Bosserville, dans une excavation, un magnifique exemplaire de *P. planorbis* adhérent à un bloc de calcaire bleuâtre de la base de l'étage. Un autre échantillon, provenant de Haraucourt, mais non déterminé, a été trouvé dans les collections de l'Institut de Géologie. Au cours d'une excursion récente à Brin-sur-Seille, sous la conduite de A. Robaux et du Cel Gérard, un fragment de la même espèce vient d'être recueilli par les élèves de l'Institut de Géologie. C'est donc Terquem et Braconnier qui avaient raison contre Bleicher : la zone à *Psiloceras planorbis* existe bien en M.-et-M.

Le niveau de base de 0 m. 40 d'épaisseur de marnes grisâtres signalé par Braconnier (4) comme coiffant les « marnes de Levallois » existe partout ; Nicklès (25) dit que les plaquettes calcaréo-marneuses, incluses dans ces marnes, contiennent des dents de Poissons. Le banc de calcaire bleuâtre qui le surmonte, sableux par place, crinoïdique, avec radioles de *Miocidaris arietis* Qu., contient, d'après ce qui a été dit plus haut, de rares exemplaires de *Psiloceras planorbis* Sow. ; c'est la seule Ammonite signalée à ce niveau jusqu'alors.

Zone II. — **Zone à *Schlotheimia angulata*.**

Braconnier (4, p. 151) indique que cette zone est constituée par 3 m. de bancs de 0 m. 20 à 0 m. 25 d'épaisseur de calcaire gris bleuâtre séparés par des lits de 0 m. 08 de marnes gris jaunâtre. Or, Bleicher, dans son travail précité (1, p. 445), dit : « quant à la zone de l'*Am. angulatus*, elle est tellement atténuée et passe si rapidement à la zone de la Gryphée arquée qu'elle doit être considérée comme absolument rudimentaire. Partout où il est possible de l'aborder : à Art-sur-Meurthe, Saint-Phlin, Lenoncourt, Xeuilley, etc..., elle n'atteint que l'épaisseur de 0 m. 60 au plus. » Dans son Guide (2, p. 47), il lui accorde cependant une épaisseur qui peut atteindre 1 m.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

H. Joly (20, p. 132) lui attribue par contre une puissance de 2 à 3 m. aux environs de Brin-sur-Seille.

Or, dans cette localité, nous avons observé *Sch. angulata* en place, d'autres espèces du même groupe et d'autres Ammonites typiquement hettangiennes, à près de 5 m. au-dessus des marnes de Levallois ; à Xeuilley, à plus de 3 m. 50 au-dessus de la voie étroite desservant les carrières. On en conclut que la puissance de l'Hettangien, sensiblement constante dans la région étudiée, est de 4 à 5 m. environ.

Les marnes calcaires intercalées entre les bancs de calcaires durs, sont schisteuses à la base et riches en petits grains de quartz. Elles se délitent alors en plaquettes minces sur lesquelles abondent des radioles de *Miocidaris Martini* Cotteau et de *Miocidaris arictis* Qu. Par place se recueillent des Ammonites pyriteuses de petite taille parmi lesquelles : *Wähneroceras calcimontanum*, *Schlotheimia trapezoidalis*, *Alsatites centauroides*, *Caloceras Listeri*, *C. Cocchii*.

Les bancs calcaires, de couleur foncée à la base, jaunâtres sur la tranche au sommet, renferment des échantillons de *Schlotheimia Moreana*, *extranodosa*, *Charmassei*, etc., qui peuvent atteindre de très grandes dimensions, 40 cm. et plus.

La faune de l'étage est très riche en Ammonites (environ 40 espèces). Les Lamellibranches sont relativement abondants dans toute l'assise et parmi eux : *Plagiostoma gigantea* Sow., *P. Fischeri* Terq., *Radula duplicata* Sow., *Chlamys textorius* Schl., *Chl. jamoignensis* Terq. et Piet., *Entolium Hehli* d'Orb., des Cardinies, des Gastropodes, des Crinoïdes, etc. Une mention spéciale est à faire en ce qui concerne les Ostréidés : on note une fréquence de plus en plus grande, de la base au sommet de l'étage, d'*Ostrea* du groupe *anomala-irregularis*, puis de prémutations de *Liogryphaea arcuata* Lmk. (var. *lata*, *obliqua*) ; le type de l'espèce n'apparaît que dans les assises terminales.

E. Haug, dans son traité classique de géologie, intercale un niveau à *Alsatites laqueus* entre les deux zones que nous venons de décrire. Nous avons en effet constaté que l'espèce existe à la base de la zone à *Schl. angulata* même, dans les coupes les plus favorables.

En résumé, l'Hettangien de M.-et-M. est complet ; les lacunes stratigraphiques signalées par les auteurs n'existent pas. Il est constitué par un alternat régulier de marnes calcaires de couleur foncée, souvent schisteuses, riches en petits grains de quartz à la base, et de bancs calcaires durs exploités pour la fabrication d'une chaux grasse. Son épaisseur oscille entre 4 à 5 m. On

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

notera que les couches de base sont rarement atteintes par les exploitations : il importe, en effet, d'assurer l'écoulement des eaux d'infiltration et d'éviter le contact direct avec les marnes de Levallois. Pour ces raisons le ou les tout premiers bancs calcaires sont conservés pour assurer un substratum résistant aux chemins de service, ce qui explique la rareté des renseignements recueillis sur la zone à *P. planorbis*.

Faune de l'Hettangien.

Ammonites

Zone I : *Psiloceras planorbis* Sowerby

Zone II : *Schlotheimia angulata* Schlotheim, type
— — var. *montana* Wähner
var. *exechoptycha* Wähner
— *extranodosa* Wähner
— *Donar* Wähner
— *Charmassei* d'Orbigny
— *Moreana* d'Orbigny
— *catenata* Sowerby
— *striatissima* Quenstedt
— *trapezoidalis* Sowerby
— *angulata compressa gigas* Quenstedt
Wähneroceras extracostatum Wähner
— *curviornatum* Wähner
— *haploptychum* Wähner
— *anisophyllum* Wähner
— *circacostatum* Wähner
— *Rahana* Wähner
— *Frigga* Wähner
— *polystreptum* Wähner
— *loxoptychum* Wähner
— *subangulare* Oppel
— *calcimontatum* Wähner
— *Berchta* Wähner
— *Prometheum* Reynès
Alsatites liasicus d'Orbigny
— *subliasicus* Reynès
— *laqueus* Quenstedt
— *sublaqueus* Wähner
— *laqueolus* Schloenbach
— *coregonensis* Sowerby
— *gonioptychus* Wähner
— *centauroides* Canavari
Caloceras Johnstoni Sowerby

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Caloceras calliphylloides Pompeckj
— *distinctum* Pompeckj
— *hadroptychum* Wähner
— *Naumanni* Neumayr
— *Listeri* Sowerby
— *Cocchi* Meneghini.

Autres fossiles

Pour la plupart ils sont communs à l'Hettangien et au Sinémurien. Afin d'éviter des redites nous nous contenterons d'en donner la liste à la fin de ce travail.

2° Sinémurien :
Sinémurien proprement dit et base du Lotharingien.

Sous cette rubrique nous comprenons les terrains allant du sommet de l'Hettangien à la base du « Calcaire ocreux ». Comme ce dernier terme calcaire a été récemment étudié par l'un de nous (Cel Ch. Gérard, 15), nous n'en parlerons pas.

Ces terrains se subdivisent nettement en deux formations de faciès très différents : l'une essentiellement calcaire, à la base ; l'autre au sommet, totalement marneuse. La première sera notre zone III, la seconde notre zone IV. Nous caractériserons la zone III par les Ammonites typiques suivantes : *Coroniceras bisulcatum* Brugière et *Arnioceras semicostatum* Young et Bird, et la zone IV par *Deroceras Dudressieri* d'Orbigny et *Microceras planicosta* Sowerby.

Zone III. — Zone à *Coroniceras bisulcatum* et *Arnioceras semicostatum* (zone calcaire).

Cette zone comprend les terrains définis par Braconnier dans son étage L (4, p. 151, Calcaires de Nomény et de Xeuilley, Calcaires du Lias), savoir :

« *a*) — 7 m. de bancs de 0 m. 12 de calcaires gris bleuâtre séparés par des lits de 0 m. 10 à 0 m. 15 de marnes grises. On y trouve en abondance la *Gryphaea arcuata* et la *Lima gigantea*. Dans les bancs tout à fait supérieurs on rencontre *Am. bisulcatus*, *Spirifer Walcotti* et *Pentacrinus tuberculatus* et quelquefois, dans les marnes, des nids de minerai de fer.

b) — 0 m. 20 d'argile gris sableuse, puis 1 m. de bancs minces de calcaires gris jaunâtre renfermant en abondance *Belemnites*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

brevis. Une assise de 0 m. 04 d'épaisseur est criblée de tiges de *Pentacrinus basaltiformis* et *scalaris*. »

Cette description est exacte dans son ensemble et il y a peu à ajouter.

L'épaisseur de 7 m. environ donnée par Braconnier est quelquefois insuffisante. Voici d'ailleurs quelques résultats de sondages effectués dans la région qui apportent des précisions intéressantes à ce sujet ; nous les devons à l'obligeance de M. A. Robaux, Assistant à l'Institut de Géologie de Nancy.

Désignation des sondages	*Épaisseurs en mètres*		
	Marnes de Levallois	Hettangien et Sinémurien	Marnes à *Der. Dudressieri*
1. Sondages pour rechercher de la houille.			
Atton	—	28	25
Château de Dombasle (E. de Pont-à-Mousson)	11	26	26
Nomény	8	22	—
Pont-a-Mousson	10	28	23
Raucourt	10	22	—
2. Sondages pour rechercher du sel.			
Domèvre	8	12.20	25
Lenoncourt	7	20	23
Saulxures-lès-Nancy	—	10	24
3. Recherches d'eau.			
Nancy-Thermal	—	15	20
Tomblaine	—	13	—
Erbeviller	—	13	—
Aulnoy	—	13.20	—
Serres	—	13.50	—
Sion	—	20	30

Bleicher, page 48 de son *Guide*, dit que l'épaisseur Hettangien-Sinémurien peut atteindre 60 m. Ce chiffre est manifestement exagéré.

Les assises *a*, dans leurs bancs calcaires, contiennent de nombreuses Ammonites de grande taille de la famille des *Arietidae*. C'est surtout à la partie supérieure qu'on rencontre *Coroniceras*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

bisulcatum, qui peut atteindre des dimensions considérables (jusqu'à 0 m. 80 de diamètre). *Coroniceras rotiforme*, souvent aussi en échantillons adultes de grande taille, se trouve au contraire à la partie inférieure de l'étage. Les marnes intercalaires de la zone moyenne renfermant de petites Ammonites pyritisées, en particulier *Arnioceras semicostatum* Y. et B. : l'espèce se rencontre donc quelquefois au-dessous du niveau à *C. bisulcatum*[1], elle est accompagnée d'une petite *Schlotheimia* globuleuse, soit : *S. scolioptycha* WÄHNER.

Les assises *b* correspondent à l'horizon à *Belemnites brevis* (*Prototeuthis acutus* MILLER) des auteurs lorrains et alsaciens, en particulier Bleicher (3, p. 48), Joly (20, p. 152). Elles sont difficiles à différencier, car l'enrichissement en marnes de la série supérieure des calcaires à Gryphées fait que les carriers s'éloignent le plus possible de la zone de contact du Sinémurien s. str. et du Lotharingien. Une teinte jaunâtre plus claire, une texture sableuse, surtout l'apparition des premières Bélemnites connues permet de l'identifier. Le dernier banc calcaire, durci en surface et encroûté par des dépôts ferrugineux, contient des nodules phosphatés noirs ou blancs et quelquefois des débris d'ossements de grands reptiles. Sur une cassure fraîche se reconnaissent des débris de Crinoïdes et d'Echinides donnant à la roche l'aspect caractéristique d'un calcaire à Entroques. Des fossiles usés, plus ou moins fragmentaires (parmi lesquels des Liogryphées et des Bélemnites), soudés par de la calcite, des colonies de petites Huîtres plates, fixées au support par leur grande valve, témoignent qu'on se trouve en présence d'une surface d'érosion typique correspondant à un abaissement assez brusque du niveau marin suivi d'une courte phase de stabilité.

Les principales Ammonites trouvées à ce niveau sont : *Arnioceras geometricum* OPPEL, *A. semicostatum* Y. et B., *Vermiceras spiratissimum* QUENSTEDT et une petite *Schlotheimia* (*Schl. ventricosa* SOW.) pour laquelle Schirardin (32) a créé en Alsace un niveau spécial. Nous n'y avons jamais trouvé les grands *Arietites* dont parlent les géologues lorrains et il n'en existe aucun exemplaire, en provenance certaine de ce niveau, dans les collections de l'Institut de Géologie de Nancy.

Notre zone III (ensemble des assises *a* et *b*) correspond à l'ensemble des zones à *Coroniceras Bucklandi* et *Arnioceras semicostatum* de Haug.

1. On l'observe aussi dans les assises *b*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Faune de la zone III : AMMONITES.

(assises *a*)

Coroniceras bisulcatum BRUGUIÈRE
C. Bucklandi SOWERBY
C. coronaries QUENSTEDT
C. rotiforme SOWERBY
C. rotator REYNÈS
C. Cæsar REYNÈS
C. Rouvillei REYNÈS
C. Gmündense OPPEL
C. trigonatum HYATT
C. Schloenbachi REYNÈS
C. sinemuriense D'ORBIGNY
Coroniceras Aussoniense REYNÈS
Arnioceras Kridion HEHL
Arnioceras geometricum OPPEL
A. semicostatum YOUNG et BIRD
A. miserabile QUENSTEDT
A. Hartmanni OPPEL
A. tardecrescens v. HAUER
Vermiceras Conybeari SOWERBY
V. spiratissimum QUENSTEDT
V. ophioides D'ORBIGNY
V. Carusense D'ORBIGNY
Agassiceras Scipionianum D'ORBIGNY.
Schlotheimia scolioptycha WÄHNER.

(assises *b*)

Coroniceras lyra HYATT
Arnioceras Kridion HEHL
Arnioceras geometricum OPPEL
Arnioceras semicostatum YOUNG et BIRD
Vermiceras spiratissimum QUENST.
Schlotheimia ventricosa SOWERBY

GASTÉROPODES, LAMELLIBRANCHES, etc.

La sédimentation étant continue, on retrouve dans le Sinémurien s. str. les mêmes espèces que dans l'Hettangien, à de rares exceptions près. Une liste commune en sera donc donnée à la fin de ce travail.

On notera simplement que le plus simple des critères qu'il soit possible d'utiliser sur le terrain pour séparer l'Hettangien du Sinémurien est la brusque apparition de lumachelles à Liogryphées où s'observent en abondance des échantillons adultes de *Liogryphaea arcuata* LMK typique.

ZONE IV. — **Zone à *Deroceras Dudressieri* et *Microceras planicosta*** (zone marneuse)-

La limite inférieure coïncide exactement avec la disparition du dernier banc calcaire ; celle supérieure est très nettement fixée par l'apparition du Calcaire ocreux. Quand ce dernier se réduit à un unique banc très mince de calcaires ferrugineux, ou quand il manque, il devient difficile de séparer stratigraphiquement, sur

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

le terrain, les marnes de la zone IV de celles du Pliensbachien et du Domérien, de couverture.

L'épaisseur de cette zone IV est en moyenne de 25 m. Les marnes sont le plus souvent schisteuses, parfois sableuses et toujours de couleur foncée tirant sur le bleu noir. Par oxydation, en surface et même sur une grande épaisseur, elles prennent une teinte jaune rouille caractéristique. Elles sont le plus souvent abandonnées à la forêt en raison de leur compacité, ou masquées par des prairies, des pâturages, par suite difficilement observables. On ne peut en étudier en aucun point une coupe complète et ce n'est qu'en coordonnant des observations dispersées qu'il est possible de se rendre compte de l'allure générale de la formation.

On peut distinguer dans cette zone les niveaux suivants de la base au sommet :

1° Un horizon marneux à petits nodules ferrugineux renfermant une forme petite et aplatie de *Zeilleria* (*Waldheimia*) *subsphaeroidalis* Rollier avec un peu plus haut, des marnes feuilletées où, d'après Bleicher (3) et Joly (20, p. 152), se recueillent *Pseudodiadema minutum* Buck., *Gonyomya* sp., *Gryphaea* sp., *Pecten* sp.

2° Des marnes sableuses où l'on aurait déjà trouvé, d'après H. Joly, *Terebratula Turneri* Qu. et *Deroceras Ziphus* Ziet.

L'ensemble des horizons 1 et 2 atteint tout au plus 2-3 m. d'épaisseur.

3° Une puissante série de marnes schisteuses gris noirâtre, peu riches en fossiles, Bélemnites à part, mais où auraient été recueillis de rares *Deroceras Ziphus* Zieten, un peu au-dessous d'un niveau marno-calcaire, brun ocreux, riche en nodules phosphatés et en débris d'ossements de reptiles. Tout à fait à la partie supérieure apparaissent de nombreux nodules calcaires, grisâtres en surface, bleuâtres au centre, plus ou moins arrondis ou aplatis, riches en Ammonites quelquefois transformées en calcite, dont : *Deroceras Dudressieri* d'Orb., *Microceras planicosta* Sowerby, *Deroceras Zyphus* Zieten. On y a également recueilli très rarement *Asteroceras obtusum* Sowerby, laquelle est abondante dans le calcaire ocreux cependant que *M. planicosta* n'y a jamais été signalé.

Les marnes de la zone IV ont porté différents noms suivant les auteurs. Elles ont été longtemps désignées sous le nom de *marnes à Hippodium ponderosum* du nom d'un gros Prasinidé plutôt rare, localisé à la partie supérieure de la zone et passant

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dans le calcaire ocreux. La dénomination était donc impropre et fut abandonnée ; Bleicher leur a donné le nom de marnes à *Ægoceras Dudressieri*, qui convient mieux, sans être toutefois satisfaisant.

Nous désignerons cette zone IV par le nom des Ammonites qu'on rencontre le plus fréquemment et nous l'appellerons Zone à *Deroceras Dudressieri* et *Microceras planicosta*. Elle correspond à la zone à *Deroceras Birchi* de Haug et à la partie inférieure de la zone à *Asteroceras obtusum* du même auteur, la plus grande partie de celle-ci étant dans le calcaire ocreux.

Faune de la zone IV : AMMONITES.

Coroniceras Vercingetorix REYNÈS.
Arnioceras falcaries QUENSTEDT
— *Ceras* GIEBEL
— *ceralitoides* QUENSTEDT
Asteroceras obtusum SOWERBY
Asteroceras crassicostatum nov. sp.
Deroceras Ziphus ZIETEN
— *Dudressieri* D'ORBIGNY
Microceras planicosta SOWERBY
— *bifer* QUENSTEDT.

AUTRES FOSSILES.

A part quelques Bélemnites, dont *Prototeuthis acutus* MILLER, peu de fossiles s'observent dans ces marnes schisteuses. Des nodules pétris de *Modiola suevica* toutefois ne paraissent pas très rares.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

3° Fossiles hettangiens et sinémuriens autres que les Ammonites

	ZONES			
	I	II	III	IV
1. Végétaux.				
Clatharia liasina Schloth. (*Mantellia cylindrica* Brong.)			I	
Bois fossile et lignite		I	I	
Algues (*Fucoides*)			I	
2. Vertébrés.				
Ichthyosaurus communis de la Bèche		I		
Dents de Poissons	I			
Coprolithes			I	I
3. Céphalopodes (sauf Ammonites).				
Prototeuthis acutus Miller (*Belemnites brevis* auct.)			I	I
Prototeuthis Oppeli Ch. Mayer			I	I
Nautilus inornatus d'Orb.				I
Nautilus intermedius Sow		I	I	
Nautilus striatus Sow			I	
4. Gastéropodes.				
Pleurotomaria anglica Defrance			I	
» *basilica* Chap. et Dew		I		
» *cognata* Chap. et Dew		I	I	
» *densa* Terq [1]		—		
» *Dewalquei* Terq et Piet		I		
» *expansa* Sow			I	
» *Hennocquii* Terq		I		
» *Jamoignaca* Terq		I		
» *lens* Terq		I		
» *multicincta* Qu			I	
» *planula* Terq. et Piet		I		
» *principalis* Chap. et Dew		I	I	
» *rotellaeformis* Dünk		I	I	
» *Vanderbachi* Terq		I		
Phasianella Jason d'Orb			I	
» *morentiana* Piet				I
» *nana* Terq		I		
Turbo Chillyensis Terq. et Piet		I		
» *costellatus* Terq		—		
» *fragilis* Terq. et Piet		I		

1. Les fossiles cités en M.-et-M. par H Joly et non retrouvés dans les collections sont indiqués par le signe —.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

	ZONES			
	I	II	III	IV
4. Gastéropodes.				
Turbo gemmatus Terq.		I		
» *cf. milium* Terq. et Piet.		I		
» *Nysti* Chap. et Dew.			I	
» *cf. Nysti* Chap. et Dew.		I		
» *rotundatus* Terq.		I	I	
» *solarium* Piet.		I		
» *tenuis* Terq. et Piet.		I		
Trochus acuminatus Chap. et Dew.		I		
» *Chapuisi* Terq. et Piet.		I		
» *Jamoignacus* Chap. et Dew.		I		
» *nitidus* Terq.		I		
Neritopsis exigua Terq.		—		
Purpurina tricarinata Münst.				I
Littorina minuta Terq. et Piet.		I		
Pseudomelania inornata Terq. et Piet.		—		
» *turritella* Dünk.		—		
Melania crassilabrata Terq.		—		
» *turbinata* Terq.		—		
Cerithium Collenoti Terq. et Piet.		I		
» *elalense* Piet.		I		
» *gratum* Terq.		I		I
» *paludinare* Terq.		I		
» *semele* d'Orb.		I		
» *siliquarium* Terq. et Piet.		I		
Turritella Deshayesa Terq.			I	
» *Dunkeri* Terq.		I		
» *Zenkeni* Terq.		I		
Solarium depressum Piet.		I	I	
Tornatella Heberti Piet.				I
» *milium* Terq.		I	I	
Striactaeonina avena Terq.		I		
5. Lamellibranches.				
Arcomya oblonga Ag.		I		
Pholadomya fortunata Dum.		I		
» *glabra* Ag.		I	I	
Homomya alsatica Ag.		I		
» *Koninckı* Chap. et Dew.		—		
» *ventricosa* Ag.		I	I	
Pleuromya aequistriata Ag.			I	
» *elongata* Münst.		I		
» *Doris* d'Orb.		I		
» *striatula* Ag.		I	I	I
» *unioides* Ag.			I	
Saxicava arenicola Terq.				I
» *Breoni* Mart.			I	

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5. Lamellibranches.	ZONES I	II	III	IV
Mactromya aequalis Ag.			I	
Cardium Terquemi Mart.				I
Protocardium Philippianum Dünk.				I
Lucina obscura Terq.		I	I	
» *problematica* Terq.			I	
Cardinia amygdala Terq [1]		I		
» *angustiplexa* Chap. et Dew.		I		
» *crassissima* Ag.		I		
» *gibba* Chap. et Dew.		I		
» *gigantea* Terq. et Piet.		I		
» *hybrida* Sow.		—		
» *infera* Ag.		I		
» *laevis* Gold.		I		
» *lamellosa* Gold.		I		
» *Nilssoni* K. et D.		I		
» *obovata* Mart.		I		
» *similis* Ag.		I		
» *subovalis* Mart.		I		
Anisocardia cf. *gibbosa* Münst.				I
Cardita Heberti Terq.		I		I
Astarte thalassima Quenst.		I		
Hippopodium ponderosum Sowerby				I
» *Guibalianium* Bayle				I
Anomia nuda Terq. et Piet.		—		
Ostrea anomala Terq.		I	I	
» cf. *Chillyensis* Terq. et Piet.			I	
» *electra* d'Orb.			I	
» *irregularis* Münst.			I	
» cf. *lobata* Buv.			I	
» *marmorai* Haime		—		
» *multicosta* Münst.			I	
» *navicella* Terq.			I	
» *palmetta* Sow.		—		
» *Picteliana* Mortillet		—		
» *sublaeviuscula* Roll.			I	
» *sublamellosa* Dunk.		—		
Liogryphaea arcuata Lmk.		I	I	
» mut. *lata* Ziet.	I	I	I	I
» var. *obliquata* Sow.		I	I	
» var. *cymbula* Lmk.			I	I
Liogryphaea Dumortieri Joly		—		
» *irregularis* Desh.				I
Atreta instustriata Emm.			I	
Plicatula heltangiensis Terq.		I		
» *spinosa* Sow.			I	

1. Déterminations des *Cardinia* H. Joly non révisées.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

	ZONES			
	I	II	III	IV
5. LAMELLIBRANCHES.				
Carpenteria Heberti TERQ. et PIET		I		
Radula duplicata SOW			I	
» *hettangiensis* TERQ		I	I	
» *pectinoides* SOW			I	
Plagiostoma amoena TERQ		I		
» *compressa* TERQ		I	I	
» *exaltata* TERQ			I	
» *Fischeri* TERQ		I	I	
» *gigantea* SOW		I	I	I
» *nodulosa* TERQ		I	I	
» *punctata* SOW		I	I	
» *succincta* SCHL			I	
» *valoniensis* DEFR		I		
» *Zieteni* C. DÈCH		I	I	
» *Hausmanni* DÜNCK		I	I	
» *Hermanni* VOLTZ		I	I	
Clenostreon tuberculatus TERQ		I	I	
Limea Koninckana CHAP. et DEW		I	I	I
Chlamys aequalis QUENS		I	I	
» *dispar* TERQ		I	I	
» *textorius* SCHL	I	I	I	
» *valoniensis* DEFR		I	I	
Chlamys Jamoignensis TERQ. et PIET		I	I	
» *subulata* MÜNST			I	
Camptonectes punctatissimus QUENS		I		
Camptochlamys subreticulatus STOL		I	I	
Aequipecten aculiradiatus MÜNST			I	
» *priscus* SCHL		I	I	
Pseudopecten aculicosta LMK			I	
Entolium calvus GOLD		I		
» *cingulatus* GOLD		I	I	
» *Hehli* D'ORB	I	I	I	
Terquemia multicostata MÜNST		I	I	
Pinna fissa GOLD		I		
» *folium* Y. et B			I	
» *Hartmanni* ZIET			I	
» *infraliasica* QUENS			I	
» *sexcostata* TERQ. et PIET			I	
» *similis* CHAP. et DEW		I	I	
Modiola Dumortieri ROLL				I
» *Gueuxii* D'ORB				I
» *hillana* SOW		I		
» *minima* GOLD				I
» *nitidula* DUNK			I	
» *Oppeli* ROLL				I
» *rustica* TERQ		—		
» *Simoni* TERQ		I		

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

	ZONES			
	I	II	III	IV
5. LAMELLIBRANCHES.				
Modiala suevica ROLL				I
Myoconcha inclusa TERQ				I
Gervillia Reinhardti TERQ. et PIET				I
Perna infraliasica QUENST		I		
Avicula cuneata TERQ. et PIET		I		
» *Dünkeri* TERQ		I		I
Oxytoma inaequivalis SOW				
» var. *acuticosta* TERQ. et PIET			I	I
» » *Dumortieri* ROLL			I	
» » *sinemuriensis* D'ORB			I	
Pseudomonotis papyria QUENS		I		
Arca pulla TERQ		I		
Cucullaea Collenoti MART				I
» *hettangiensis* TERQ		I		
» *lineata* GOLD			I	
» *similis* TERQ		I		
Nucula fallax TERQ. et PIET				I
» *phalanta* D'ORB			I	
» *subovalis* GOLD			I	
» sp				I
6. BRACHIOPODES.				
Lingula Mettensis TERQ			I	I
Discina cf. *Holdeni* TATE				I
Spiriferina oxyptera BUV			I	
» *tumida* v. BUCH		I	I	
» » v. *acuta* CORROY			I	
» » v. *Haueri* SUESS			I	
» » v. *rupestris* DESL			I	
» » v. *sicula* GEMM			I	
» *verrucosa* v. BUCH			I	
» *Walcotti* SOW			I	
Rhynchonella ammonitica QUENS		I		
» *anceps* CHAP. et DEW		I		
» *belemnitica* QUENS		I	I	
» *Buchi* ROEM		I		
» *calcicosta* QUENS			I	
» *Deffneri* OPPEL		I	I	
» *gryphitica* QUENS		I	I	
» *plicatissima* QUENS		I		
Zeilleria Dewalquei ROLL				I
» *indentata* SOW		I		
» *numismalis* LMK		—		I
» *ovalis* ROLL		I		
» *perforata* PIET		—	I	
» cf. *subsphaeroidalis* ROLL				I
» *strangulata* MART		I		

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

	ZONES			
	I	II	III	IV
7. Bryozoaires.				
Neuropora mamillata de From.		I	I	
8. Vers.				
Serpula convoluta Gold.			I	
» *cylindracea* Terq. et Piet.			I	
» *filiformis* Terq. et Piet.			I	
» *limata* Gold.			I	
» *nodifera* Terq. et Piet.			I	
9. Échinides.				
Cidaris cf. *armata* Gold.			I	
» sp. (radioles).		—	I	
Miocidaris arietis Quens.	I	I		
» *Deslongchampsi* Cot.			I	
» *Martini* Cot.	I	I	I	
Rhabdocidaris cf. *Moraldina* Desor.		I		
Plegiocidaris armata Cot.		I		
Paleopedina globulus Ag.		I		
10. Crinoides.				
Pentacrinus angulatus Op.		I		
» *Euthymei* Dum.			I	
» *tuberculatus* Mil.	I	I	I	I
» *arietis Gold.*		I		
11. Polypiers.				
Montlivaultia cf. *crassa* de Ferry.		I		
» *discoidea* Terq. et Piet.		I		
» *polymorpha* Terq.			I	
» *sinemuriensis* d'Orb.		I	I	
12. Spongiaires.				
Hippalimus clavatulus d'Orb.		I	I	

B. *Coupes types et principaux gisements fossilifères.*

Les terrains qui nous occupent offrent en M.-et-M. une superficie considérable, ils s'étendent sur une bande continue, mais sinueuse, de 70 km. environ du N au S et qui atteint en certains points plus de 20 km. d'E en W.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

CARTE DES GISEMENTS.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La carte ci-jointe au 1/350.000e donne une vue d'ensemble des gisements.

Les feuilles au 1/80.000e correspondantes sont celles de Nancy, Lunéville, Commercy, Sarrebourg.

On ne peut songer à décrire, dans cette étude, tous les gisements fossilifères et toutes les coupes susceptibles d'être relevées dans le département de M.-et-M. Nous nous bornerons donc à prendre pour types des séries calcaire et marneuse :

1° La grande carrière de Xeuilley.

2° Les environs immédiats de Champenoux.

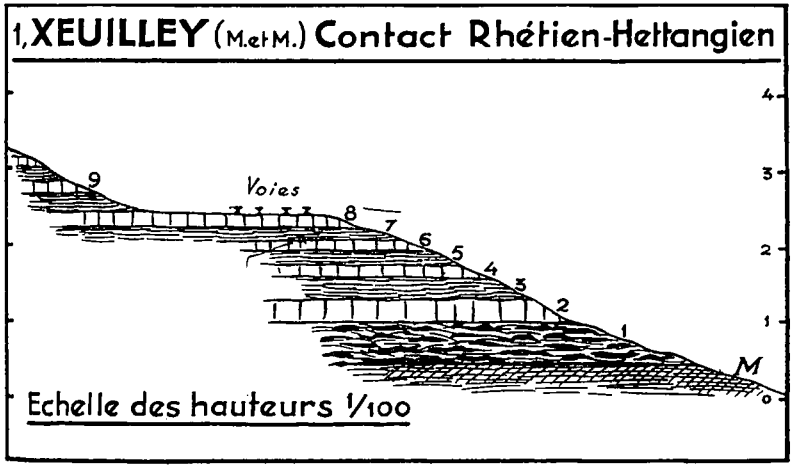
Nous ajouterons de plus quelques détails sur diverses exploitations actuelles ou récemment abandonnées.

1° Série calcaire : zones I, II, III.

Grande carrière de Xeuilley.

a) — **Contact Rhétien-Hettangien** (coupe 1).

Le contact Rhétien-Hettangien est observable au sommet de la montée du chemin conduisant aux carrières et aux gueules



HETTANGIEN

9. Alternat de marnes calcaires et de bancs calcaires de couleur foncée, pauvres en fossiles.
8. Banc calcaire dur supportant les voies d'exploitation.
7, 5, 3. Marnes calcaires noirâtres.
6, 4. Banc de calcaire bleuâtre dur.
2. Banc de calcaire plus ou moins sableux, riche en débris de Crinoïdes et d'Echinides.
1. Marnes calcaires jaunâtres, sans fossiles.
M. Rhétien sup. Marnes roses, dites de Levallois.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

des fours. On peut relever la coupe suivante dans le talus et le fossé E., sous la première maison :

Les marnes dolomitiques de Levallois (M), récurrence tardive des faciès lagunaires qui ont prédominé au Trias supérieur, se présentent ici avec leurs caractères habituels ; leur teinte rose en permet le repérage immédiat.

Elles sont coiffées par 30 à 40 cm. de marnes calcaires jaunâtres (1), puis par un banc de calcaire dur jaunâtre en surface, bleuâtre sur une cassure fraîche et scintillant (2) : on y reconnaît de menus débris de Pectens, des fragments de Crinoïdes et de radioles d'Échinides.

Ce banc calcaire, de 0 m. 10 d'épaisseur, est surmonté, sur une hauteur de 1 m. environ, par un alternat de bancs de marnes noirâtres et de calcaires bleuâtres durs (3-8), sur le dernier desquels reposent les voies étroites conduisant aux fours. On distingue par place un ensemblement marqué de la roche. A quelques mètres au Sud, le talus dominant ces voies étroites montre une succession de bancs marneux et de marnes calcaires noirâtres (9) où apparaissent de petites Liogryphées à crochets obliques et des Plagiostomes.

Ont été identifiés à ce niveau de base : *Chlamys textorius* Schl., *Entolium* sp., *Ostrea anomala* Terq., *Liogryphea* sp. jeunes, des radioles de *Pentacrinus arietis* Gold., en petits articles séparés, *Miocidaris arietis* Qu., *Miocidaris Martini* Cot.

b) — **Les grandes exploitations** (coupe 2).

Les calcaires dits à Gryphées, alternat régulier de bancs calcaires durs et de marnes calcaires de couleur plus foncée, sont exploités ici sur 12 mètres de hauteur. Il existe trois fronts de taille, successivement en retrait les uns sur les autres d'W en E.

*1*er *Front de taille* : hauteur au-dessus du banc dur supportant la voie étroite : 3 m. 50.

Les premiers niveaux marneux sont plus épais que ceux calcaires. A la base ils se délitent en plaquettes schisteuses riches en petits grains de quartz. A la surface de ces plaquettes abondent de menues radioles de *Miocidaris Martini* Cot. et de Crinoïdes. *Chlamys textorius* Schl. est fréquent, mais rarement en bon état. Marnes calcaires, schisteuses par place, et calcaires compacts sont assez riches en fossiles. Nous avons recueilli en place *Schlotheimia angulata* Schl., *S. Moreana* d'Orb., *S. striatissima* Qu., *Alsatites liasicus* d'Orb., *A. subliasicus* Reynès,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Caloceras Johnstoni Sow., *Plagiostoma gigantea* Sow., *P. nodulosa* Terq., *P. Haussmanni* Dunk., *Radula Hettangiensis* Terq., *Chlamys textorius* Schl., *Chl. jamoignensis* T. et P., *Entolium Hehli* d'Orb., *Cardinia* sp., *Pentacrinus tuberculatus* Gold., *Miocidaris Martini* Cot., etc. Les Ostreidés ne sont pas rares dès la base, mais sont représentés d'abord par de jeunes échantillons de Liogryphées à crochet oblique : mutation *lata* de *Liogryphaca arcuata* Lmk. de Mlle Dechaseaux (10), var. *obliquata* Gold., du même type ; les exemplaires exactement conformes au type de l'espèce ne commencent à se recueillir que tout au sommet du front de taille.

Les derniers bancs calcaires sont durcis en surface et supportent de nombreuses colonies d'Huîtres plates dont *Ostrea anomala* Terquem. Le petit niveau marno-calcaire intercalaire contient de nombreux fossiles déposés sans ordre, preuve d'une curieuse agitation marine ; y ont été identifiés : *Plagiostoma gigantea* Sow., *Pleuromya elongata* Münst., *Homomya alsatica* Ag., *Pholadomya* sp. Sur la tranche du dernier banc, donc en position verticale, a été recueilli *Schlotheimia angulata* Schl.

Cette première série marno-calcaire est surmontée par 80 cm. de calcaires noduleux, séparés par de minces horizons marneux où commencent à apparaître des échantillons adultes de *Liogryphaea arcuata* Lmk., typiques. La voie étroite desservant le second front de taille est installée sur ce niveau plus marneux que calcaire riche en articles de *Pentacrinus tuberculatus* Mü., et en petits Brachiopodes parmi lesquels : *Rhynchonella belemnitica* Qu., *Rh. plicatissima* Qu., *Zeilleria* sp.

2e Front de taille : hauteur 5 m.

On discerne un alternat très régulier de marnes calcaires de couleur foncée et de bancs durs calcaires plus ou moins jaunâtres en surface. Les calcaires dominent sur les marnes.

On observe tout à la base un pullulement subit des Liogryphées, parmi lesquelles se retrouvent toutes les formes des assises sous-jacentes, mais où s'ajoute au type adulte de *Liogryphea arcuata* Lmk., la forme à grand crochet incurvé et à sinus anal effacé rapportée à la var. *cymbula* Lmk., par Mlle Dechaseaux.

A défaut de repère exact, le niveau lumachellique à Lyogryphées est un critérium sûr pour séparer l'Hettangien du Sinémurien, car au-dessus apparaissent les premiers *Arietites* s. str. avec *Coroniceras rotiforme* Sow., cependant qu'au-dessous persistent les *Schlotheimia* du groupe *S. angulata* Schl.

3e Front de taille : hauteur 3 m. 50.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il intéresse la partie supérieure du Sinémurien sans en comprendre toutefois les assises terminales. On note une augmentation de puissance des niveaux marneux au détriment des bancs calcaires qui, au voisinage du sol cultivé, prennent une teinte jaunâtre clair par oxydation.

De grands *Arietites* dont *C. Bucklandi* Sow., *C. bisulcatum* Brug., ne sont pas rares, on peut en voir de beaux exemplaires dans les bureaux de l'exploitation. Les grands Plagiostomes sont fréquents. On note aussi la présence, dans les horizons marneux, d'une multitude de traces blanchâtres d'Algues calcaires spécifiquement indéterminables (Fucoïdes). Des Ammonites pyriteuses dont *Arnioceras Kridion* Hehl. et *A. semicostatum* Y. et B. y ont été recueillies.

Autres coupes de la série calcaire.

a) — **Brin-sur-Seille.**

Le contact Rhétien-Hettangien est particulièrement net dans le fossé W de la route de Brin à Lunéville, un peu au-dessus des anciens fours à chaux et presque au sommet de la montée. On a de haut en bas :

4. Marne calcaire noirâtre..... 0 m. 15
3. Banc dur de calcaire noirâtre à cassure scintillante... 0 m. 20
2. Marnes calcaires gris jaunâtre..... 0 m. 35
1. Marnes roses de Levallois.

De part et d'autre de la route de Lunéville, l'Hettangien est exploité pour des besoins locaux. Il nous a donné *Psiloceras planorbis* et plusieurs *Schlotheimia* et *Wähneroceras* caractéristiques.

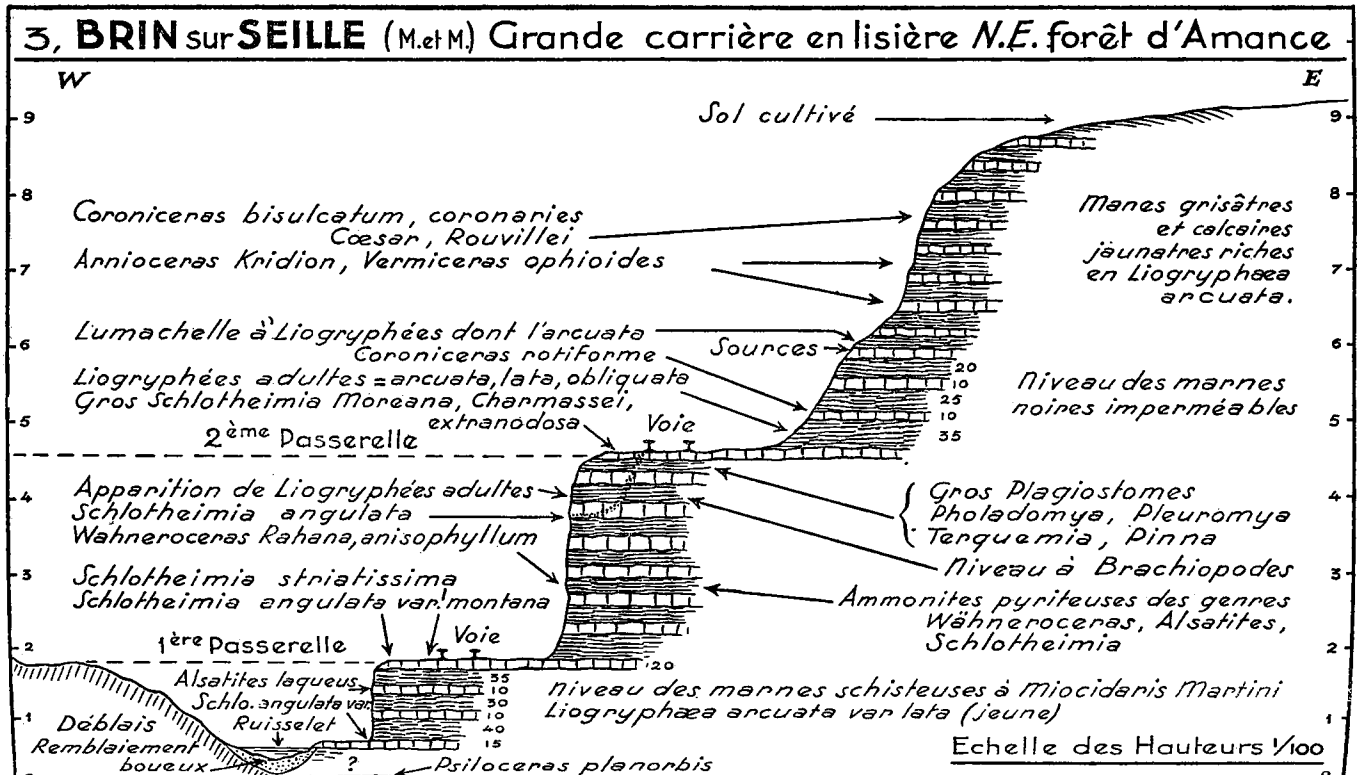
Dans la grande carrière située en bordure N de la forêt d'Amance (également connue sous le nom de forêt de Champenoux) on peut encore relever la coupe ci-jointe (coupe 3).

Ont été recueillis à Brin :

Hettangien : *Schlotheimia angulata* Schl. (type) et ses variétés *montana* Wäh., *exechoptycha* Wäh., *Schlotheimia extranodosa* Wäh., *S. Charmassei* d'Orb., *S. Moreana* d'Orb., *S. striatissima* Qu., *Wähneroceros Rahana* Wäh., *W. Frigga* Wäh., *W. polystreptum* Wäh., *W. subangulare* Op., *Alsatites liasicus* d'Orb., *A. laqueus* Qu., *Caloceras Johnstoni* Sow., etc.

L'indication donnée plus haut de la récolte à Brin de *Ps. planorbis*, dans les excavations bordant la route de Lunéville, est

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

la preuve que l'espèce est représentée dans les assises de base servant de support aux voies de dégagement.

Sinémurien : *Coroniceras rotiforme* Sow., *C. coronaries* Quens., *Coroniceras bisulcatum* Brug., *Arniocéras Kridion* Hehl, *A. geometricum* Oppel., *Vermiceras ophioides* d'Orbigny, etc.

Dans toute l'épaisseur des masses calcaréo-marneuses les Liogryphées abondent et leur répartition verticale est exactement la même qu'à Xeuilley. Lamellibranches, Brachiopodes, Échinides, Crinoïdes sont également nombreux, du moins en individus sinon en espèces. Les plaquettes schisto-gréseuses des assises marneuses de la base de l'Hettangien sont excessivement riches en petits grains de quartz et en radioles d'Échinides (*Miocidaris Martini* Cot.).

b) — **Diverses.**

Le contact Rhétien-Hettangien est observable à Ceintrey, Flavigny, Lupcourt, en de nombreux points de la rive gauche de la Moselle au S de Flavigny, à Art-sur-Meurthe, Haraucourt, Champenoux, Lanfroicourt. Partout il est conforme aux descriptions données par Braconnier et Nicklès.

La zone I a donné un bel échantillon de *Psiloceras planorbis* à Bosserville (Guibal); une empreinte nettement déterminée a été recueillie à Haraucourt.

Avec l'échantillon de Brin cela fait trois exemplaires actuellement connus de cette espèce classique dont la présence avait été niée jusqu'alors en M.-et-M., sans compter les traces d'Ammonites écrasées non identifiées par Bleicher et Nicklès à Xeuilley, qu'ils soupçonnaient devoir appartenir à cette espèce.

La zone II, atteinte dans de nombreuses carrières temporaires, a fourni différentes espèces de *Schlotheimia*, *Wähneroceras*, *Alsatites* et *Caloceras* à Diarville, Bayon, Tantonville, Flavigny, Richardménil, Ville-en-Vermois, Lupcourt, Laneuveville, Saint-Phlin, Varangéville, Haraucourt, Sornéville, Maixe, Art-sur-Meurthe, Cercueil, Moncel, Vic, Abaucourt, Nomeny, etc...

Les anciennes exploitations d'Art-sur-Meurthe ont livré à Gaiffe une riche faunule de petits Gastropodes en grande partie décrite par H. Joly (20). Le même auteur (p. 132) a donné une liste de la faune hettangienne recueillie près de la ferme Ramond à Brin.

De petites Ammonites pyriteuses ont été recueillies dans des marnes schisteuses de la zone moyenne à Diarville et Richardménil.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le niveau à Brachiopodes est partout présent et toujours riche en Rhynchonelles de petite taille.

La zone III, c'est-à-dire la masse principale des calcaires à Gryphées, est recherchée pour la construction locale, l'empierrement des chemins ruraux. Multiples sont les exploitations temporaires situées en bordure des chemins de terre, même au milieu des cultures. Les fouilles sont rapidement comblées. Quelques carrières communales subsistent encore, mais l'exploitation de la pierre se raréfie d'année en année, si bien que les coupes ne sont généralement que peu nettes (Étreval, Thorey, Forcelles-Saint-Gorgon, etc...).

De nombreuses Ammonites pyriteuses ont été recueillies par Gaiffe, Bleicher et nous à Diarville, dans le talus du chemin de terre bordant à l'Est la voie ferrée de Nancy à Mirecourt, exactement au terminus N du quai militaire, parmi lesquelles : *Schlotheimia trapezoidalis*, *Arnioceras Kridion*, *A. miserabile*, *A. semicostatum*.

Le même niveau a été retrouvé dans les ravinements du chemin de terre de Housséville, à la cote 305,6 située à l'E de la voie ferrée, ainsi que dans un emprunt situé en bordure de la route nationale Nancy-Mirecourt, à l'E de Forcelles-Saint-Gorgon et au S de la ferme de Montplaisir.

Aux grandes carrières abandonnées de Forcelles-Saint-Gorgon — four à chaux ruiné de la ferme de Montplaisir — les éboulis supérieurs masquent les couches de base qui sont hettangiennes, car nous venons de recueillir dernièrement, dans les matériaux extraits d'une fouille récente, un grand échantillon de *Schlotheimia extranodosa*. Antérieurement, nous avions pu constater l'un et l'autre, à des époques différentes, la présence de grands *Arietites* tout au sommet des couches exploitées. Un niveau riche en Zeilleries a été décelé à 40-50 cm. au-dessous du chemin de Forcelles.

A Ceintrey, les exploitations anciennes intéressaient surtout la zone III. On trouve *Coroniceras rotiforme* à la base, au-dessus de la lumachelle à Liogryphées, et *Coroniceras bisulcatum* Bruguière au sommet. Le niveau à Brachiopodes est bien développé et repose sur un banc dur qui nous a donné *Schlotheimia Rahana* Wähner en place. L'exploitation actuelle intéresse donc l'Hettangien supérieur sur 2 à 3 m. de hauteur.

Les carrières de Haraucourt sont abandonnées et les éboulis gênent l'observation. Il en est de même de celles d'Art-sur-Meurthe dont H. Joly a donné une excellente coupe, p. 151 de sa thèse (20).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les environs de Nomeny ont livré une belle faune d'Ammonites parmi lesquelles : *Coroniceras bisulcatum* Brug., *C. Bucklandi* Sow., *C. rotiforme* Sow., *C. Coesar* Reynès, *C. trigonatum* Hyatt, *C. Gmündense* Oppel, *Arnioceras Kridion* Hehl, *Vermiceras Conybeari* Sow., etc...

Toutes ces exploitations n'atteignent que les couches à grands *Coroniceras bisulcatum* Brug., aucune ne montre les assises terminales de la série calcaire. Il ne nous a pas été possible d'étudier, par suite, le passage de ces couches à celles où apparaissent les premières Bélemnites (*Prototeuthis acutus* Mil. = *Belemnites brevis* des auteurs lorrains).

Par contre, les fouilles d'installation d'un pylône de ligne à haute tension, sur le plateau cultivé situé au S de Bey-sur-Seille, nous ont permis d'étudier le contact des zones III et IV. Au-dessus des bancs calcaires bleus de 20-30 cm. d'épaisseur et de niveaux marneux calcaires bleu noir d'égale épaisseur, pouvait s'observer un banc de calcaire jaunâtre, dur, scintillant, dont la surface supérieure, remaniée, durcie par des dépôts ferrugineux, présentait de nombreux nodules de phosphate de chaux, des débris d'ossements, des débris d'Ostréidés et de Bélemnites, roulés et usés. Venaient ensuite des marnes gris jaunâtre, très altérées, sur 0 m. 50 environ, sans fossiles. Dans ces bancs calcaires et les niveaux marneux intercalaires abondaient les Bélemnites : *Prototeuthis acutus* Mil., *P. Oppeli* Mayer, des articles de *Pentacrinus tuberculatus* Mill. Plus rares étaient de jeunes Liogryphées, des débris de Pectinidés.

La coupe de Richardménil, dont parle Bleicher (*Guide*, p. 166), n'existe plus ; il en est de même de celle de Bosserville. On remarquera que, p. 49 du guide, il donne une liste de fossiles de ce niveau où se reconnaissent toutes les espèces des couches calcaires et calcaréo-marneuses sous-jacentes, mais sans Ammonites. Nous avons confirmé cette absence d'Ammonites de grande taille dans les couches de passage de la zone III à la zone IV et notamment *Coroniceras bisulcatum* Brug. Par contre ont été recueillis à Jarville et à Haraucourt *Schlotheimia ventricosa* Sowerby, et à Haraucourt *Arnioceras geometricum* Yung et Bird.

2° Série marneuse : zone IV.

Les petites tuileries locales ont disparu ; les cultures de céréales ont fait place à peu près partout, dans les régions marneuses, à des prairies ou à des pâturages. On a donc été réduit à

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

étudier quelques raies de champs, quelques fossés des routes, des trous d'eau dans les pâtures, de rares tranchées de voies ferrées. De ces observations fragmentaires et dispersées il sera possible, néanmoins, de tirer quelques renseignements intéressants.

Cette série marneuse, de 25 m. d'épaisseur environ, forme le talus raide que gravit la route de Champenoux à l'Arboretum, mais assises de base et assises moyennes sont masquées par des prairies ; on ne peut étudier, dans quelques raies de champs, que les niveaux terminaux, sous-jacents au calcaire ocreux : ils se révèlent riches en nodules calcaires gris blanchâtre en surface, bleuâtres au centre, dans lesquels nous avons pu recueillir *Microceras planicosta*.

Les marnes moyennes sont visibles en forêt d'Amance dans des tranchées de guerre et surtout dans le lit du ruisseau parallèle à la voie ferrée de Nancy à Sarreguemines. Elles sont nettement schisteuses, de couleur foncée et absolument imperméables ; elles ne nous ont donné que de mauvais fragments de Bélemnites.

Un niveau supérieur de nodules phosphatés incorporés à un petit banc de calcaire marneux, ocracé, a été décelé au NW de Bey-sur-Seille, dans les fondations d'un pylône de la ligne à haute tension dont nous avons déjà parlé.

Hippopodium ponderosum Sowerby, qui a longtemps servi à caractériser cette zone marneuse, a été signalé à Ville-en-Vermois par Gaiffe et Roubalet (voir Bleicher, *Guide*, p. 50), puis par différents géologues à Bosserville, à Mailly, etc. Nous avons pu constater à différentes reprises qu'il n'est pas très rare à l'W de Gérardcourt près Ville-en-Vermois. Ont été également recueillis au même niveau : *Liogryphaea regularis* Deshayes, *Modiola suevica* Rollier, etc...

Au N de la ferme Bédon, Ouest de Lupcourt, la tranchée de la voie ferrée Toul-Blainville entaille la partie supérieure des marnes sur 2-3 m. de hauteur. Ces marnes sont riches en petits nodules calcaires plus ou moins arrondis ou aplatis dans lesquels nous avons recueilli : *Microceras planicosta* Sow., *Deroceras Dudressieri* d'Orb., *Deroceras ziphus* Zieten, et de petits Gastropodes difficilement déterminables tant ils sont engagés dans la gangue calcaire.

Pour tout ce qui concerne la base de la série marneuse nous nous sommes contentés de résumer les observations de Bleicher et H. Joly, en l'absence de toutes coupes naturelles.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

C. *Comparaison avec les régions voisines.*

Les travaux de Stuber, pour la Lorraine autrefois annexée (**36**), demeurent classiques. Von Klupfel n'y a rien ajouté de nouveau, malgré l'excellence des coupes qu'il put étudier, notamment aux environs de Delme. Comme leurs études ne s'appuient pas sur une étude faunique très poussée, d'importantes lacunes sont à signaler, que des recherches systématiques devraient facilement combler.

Dans l'ensemble se retrouvent en Lorraine orientale et septentrionale la plupart des niveaux que nous avons caractérisés par des faunes d'Ammonites. Notons toutefois que la zone 1 de notre étude n'a pas encore été signalée au SE et au S de Metz. Comme dans la région de Nancy, c'est surtout l'Hettangien qui est intensément exploité en Moselle; le niveau lumachellique à Liogryphées est encore le repère le plus sûr pour arriver à séparer l'Hettangien du Sinémurien.

Dans les Vosges, Hettangien et Sinémurien se présentent sous des faciès exactement conformes à ceux de M.-et-M. Les grandes carrières de Mattaincourt ont été décrites récemment par G. Minoux (**23**); l'anteur y a reconnu un niveau riche en Ammonites pyriteuses dont *Arietites sinemuriensis* D'ORB., *Schlotheimia ventricosa* SOW., au-dessus d'un Hettangien à *Schlotheimia angulata*, mais il n'a pu y déceler la présence de la zone à *P. planorbis*.

G. Corroy (**8**) n'a identifié dans les Vosges que les zones suivantes : zone à *S. angulata* ; zone à *Arietites Bucklandi* et *Arnioceras semicostatum* dont il donne une liste faunique. Quant à la zone à *Microceras planicosta*, elle est, comme en Lorraine, à peine connue, faute de coupes complètes; l'auteur n'y cite aucune Ammonite, mais il donne page 32 une excellente coupe du contact Sinémurien-Lotharingien riche en nodules phosphatés.

En Haute-Marne, la zone I a été identifiée par plusieurs auteurs jusqu'à la limite septentrionale des Vosges. Hettangien supérieur et Sinémurien sont semblables aux horizons lorrains correspondants ; on n'a pas de renseignements précis sur le Lotharingien.

D. *La mer du Lias inférieur et sa faune.*

L'étude des faunes hettangiennes et sinémuriennes permet d'apporter quelques précisions sur la mer liasique inférieure de la partie méridionale de la Lorraine.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ammonites exceptées, dont le caractère essentiellement pélagique exclut tout espoir d'interprétation, nous constatons que ces faunes sont riches en espèces des genres suivants : *Chlamys*, *Plagiostoma* et *Lima*, *Liogryphaca*. Plus rares sont les représentants des genres *Pholadomya*, *Pleuromya*, *Avicula*, *Pinna*, *Modiola*. Hormis de minuscules Gastropodes hettangiens rarement discernés, on ne trouve dans toute la zone étudiée que de faibles représentants de cette grande classe, et la grande majorité est constituée par des *Pleurotomaria*. Les Brachiopodes sont peu abondants et, parmi les Rynchonellidés, on ne trouve que de minuscules espèces. Échinides et Crinoïdes ne sont pas rares, mais ce ne sont que des radioles ou des fragments de tiges; de petits Polypiers libres sont disséminés dans toute la zone calcaire.

Or, les *Chlamys* vivent à une profondeur qui ne dépasse pas 30 m., d'après Mlle C. Dechaseaux ; leur échancrure byssale montre clairement, d'autre part, qu'ils étaient fixés. Comme leur ornementation est plus fine que celle des *Chlamys* de la région d'Hettange et leur taille plus faible, on en conclut qu'ils indiquent déjà un éloignement accusé du rivage marin.

Grands Plagiostomes, Liogryphées, Pholadomyes, etc..., tout confirme un fond vaseux, où, pour échapper à l'intensité variable des courants marins, ces espèces luttaient par enfouissement ou par exagération de leur masse : les Plagiostomes sont de grandes dimensions ; les Liogryphées ont un test extrêmement épais qui compense un développement exagéré du crochet opposé à la fixation.

Les Bélemnites font leur apparition dans les assises *b* de la zone II avec *Prototeuthis acutus*.

L'agitation marine est décelée par les débris de radioles d'Échinides et de Crinoïdes, commme par celle de petits polypiers. Elle se révèle également par l'extinction brutale et répétée de colonies de Lamellibranches en voie d'installation.

En somme, la transgression liasique est soudaine, il y a des alternatives de calme et d'agitation suffisamment répétées pour que se justifie l'apparition, à de courts intervalles, de niveaux minces calcaréo-marneux et des produits de broyages marneux. La mer n'a d'abord qu'une faible profondeur puis, après une phase d'arrêt nettement marquée par des remaniements superficiels et l'accumulation de nodules phosphatés, elle gagne en hauteur et des sédiments franchement marneux succèdent qui ne contiennent guère que de minuscules Ammonites : toute la faune de Lamellibranches a quasi disparu ; la vie n'est plus possible au-dessous

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de 75-100 m., du moins pour ces formes adaptées à des rivages enfoncés en coin dans le littoral secondaire.

Ammonites.

A la fin du Rhétien dont les conditions paraissent particulièrement défavorables au développement des Céphalopodes, toutes les familles triasiques, à l'exception des *Phylloceras* et des *Lytoceras* sont éteintes. Brusquement, avec l'Hettangien, apparaissent de nouvelles formes, en nombre considérable, et pendant tout le Lias, les Ammonites ont pullulé, aussi bien en espèces qu'en individus.

Dans l'Hettangien, en M.-et-M., on ne signale, à la base, que *Psiloceras planorbis*, puis, brusquement, les *Angulatidae*, avec les genres *Schlotheimia* et *Wähneroceras*, apparaissent et prennent un essor considérable, pour disparaître à peu près complètement à la fin de l'étage. Vers le milieu, les *Arietidae* surviennent, représentés par les genres *Caloceras* et *Alsatites*, dans lesquelles la carène et les sillons de la partie ventrale sont rudimentaires ou inexistants.

Le Sinémurien est le règne des *Arietidae* avec les genres *Coroniceras*, *Arnioceras*, *Vermiceras*, dont la plupart persistent dans le Lotharingien avec lequel apparaissent de nouveaux genres tels que *Asteroceras* et *Echioceras*.

En M.-et-M., 75 espèces d'Ammonites ont été signalées, dont 40 dans l'Hettangien, 26 dans le Sinémurien et 9 dans le Lotharingien inférieur.

IV. — PALÉONTOLOGIE (*Ammonites*).

Nous avons suivi pour la classification, celle indiquée dans le Traité de Paléontologie de Zittel, édition anglaise de 1900 (**41**).

La diagnose qui suivra chaque énoncé de genre ne sera pas textuellement celle de l'auteur. Elle servira simplement à donner les caractéristiques qui différencient le genre du précédent et du suivant.

Dans l'énumération des espèces, nous n'avons pas donné les références bibliographiques complètes relatives à chacune d'elles. Les synonymies, parfois très nombreuses, données par différents auteurs pour une espèce déterminée, ne correspondant pas souvent d'ailleurs à la réalité. C'est pourquoi nous nous sommes contentés, pour chaque espèce, de citer simplement

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

son auteur et quelques autres qui sont absolument d'accord avec lui.

Nous avons indiqué, à la suite de chaque espèce, la zone dans laquelle elle se rencontre (I, II, III, IV) ainsi que les gisements où elle a été trouvée. Son degré de fréquence ou de rareté est indiqué comme il suit :

Très commun, CC; Commun, C; Assez commun, AC; Assez rare, AR; Rare, R; Très rare, RR.

Famille des *PSILOCERATIDAE* (Zittel, 1900).

Genre *Psiloceras* Hyatt, 1899 (19).

Diagnose. — Coquille comprimée, à ombilic ouvert, à partie externe arrondie, sans carène (quelquefois une légère carène dans les premiers tours). Flancs plats, lisses ou marqués de fines stries transversales, très serrées, ne se continuant pas sur la partie ventrale.

Génotype : *Psiloceras planorbis* Sowerby.

Psiloceras planorbis Sowerby sp.

Pl. XXXI, fig. 1.

Sowerby (**35**, p. 463, pl. 448, *Am. planorbis*).
Reynès (**31**, pl. I, fig. 11-24, *Am. planorbis*).
Quenstedt (**30**, p. 11, pl. I, fig. 1, 3, 4, 6, 7, *Am. psilonotus laevis*).

Zone I. R. Bosserville, Haraucourt, Brin.

Famille des *ANGULATIDAE* Zittel 1900.

Genre *Schlotheimia* Bayle, 1878.

(Explication de la Carte Géologique de France.)

Diagnose. — Coquille généralement comprimée, à ombilic moyennement ouvert. Flancs le plus souvent aplatis, ornés de côtes fortes, simples, dichotomes dans l'âge. Ces côtes deviennent un peu plus fortes dans la partie externe qu'elles atteignent en s'incurvant en avant, en formant un angle plus ou moins aigu avec les côtes du côté opposé, sans jamais se réunir à elles. Il en résulte une dépression médiane ressemblant à un sillon, ou bien à une surface unie qui sépare les extrémités des côtes.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Génotype : *Schlotheimia angulata* SCHLOTHEIM.

Schlotheimia angulata SCHLOTHEIM sp.

SCHLOTHEIM. Petrefaktenkunde, 1820, p. 70, pars.
DUMORTIER (**12**, t. II, p. 112, pl. 9, fig. 23, *Am. angulatus*).
REYNÈS (**31**, pl. V, fig. 1-3, *Am. angulatus*).
QUENSTEDT (**30**, pl. III, fig. 6, *Am. angulatus*).
H. JOLY (**20**, p. 293).

Zone II. AC. Brin, Varangéville, Haraucourt, Xeuilley.

Schlotheimia angulata SCHLOTHEIM sp.
Var. ***montana*** WÄHNER.
Pl. XXXII, fig. 3.

WÄHNER (**39**, p. 64, pl. 19, fig. 1 et pl. 20, fig. 1, *Aegoceras angulatum* var. *montanum*).
H. JOLY (**20**, p. 295).

Zone II. AC. Brin, Saint-Phlin, Varangéville.

Schlotheimia angulata SCHLOTHEIM sp.
Var. ***exechoptycha*** WÄHNER.

WÄHNER (**39**, p. 65, pl. 20, fig. 2-4, *Aegoceras angulatum* var. *exechoptychum*).
H. JOLY (**20**, p. 295).

Zone II. AR. Art-sur-Meurthe, Saint-Phlin.

Schlotheimia extranodosa WÄHNER sp.

WÄHNER (**39**, p. 67, pl. 20, fig. 7-11, *Aegoceras extranodosum*).
H. JOLY (**20**, p. 297).

Zone II. C. Vic-sur-Seille, Brin, Abaucourt, Cercueil, Xeuilley, Forcelles-Saint-Gorgon, Flavigny, Bayon.
Cette espèce peut atteindre de très grandes dimensions (jusqu'à 0 m. 60 de diamètre).

Schlotheimia Donar WÄHNER sp.
Pl. XXXI, fig. 2, 2 a.

WÄHNER (**39**, p. 71, pl. 19, fig. 4; pl. 21, fig. 1-2, *Aegoceras Donar*).
H. JOLY (**20**, p. 296).

Zone II. AR. Haraucourt, Flavigny.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Schlotheimia Charmassei D'ORBIGNY sp.

D'ORBIGNY (**27**, p. 296, pl. 91, *Am. Charmassei*).
H. JOLY (**20**, p. 295).

Zone II au sommet et III à la base. CC. Brin, Art-sur-Meurthe, Nomeny, Cercueil, Varangéville, Manoncourt-en-Vermois, Diarville.

Cette espèce peut atteindre des dimensions considérables (jusqu'à 0 m. 50 de diamètre).

Schlotheimia Moreana D'ORBIGNY sp.

D'ORBIGNY (**27**, p. 299, pl. 93, *Am. Moreana*).

Zone II. AC. Brin, environs de Nancy, Haraucourt, Cercueil, Xeuilley.

Schlotheimia catenata SOWERBY sp.

SOWERBY, 1832, de la Bèche, Traité de géologie.
D'ORBIGNY (**27**, p. 301, pl. 94, *Am. catenatus*).
CANAVARI (**6**, p. 39, pl. 4, fig. 1-2, *Aegoceras catenatum*).

Zone II. R. Vic-sur-Seille.

Schlotheimia striatissima QUENSTEDT sp.
Pl. XXXI, fig. 5, 5 *a*.

QUENSTEDT (**30**, p. 33, pl. 3, fig. 2, *Am. striatissimus*).
JOLY (**20**, p. 297).
POMPECKJ (**29**, p. 85).

Zone II. AC. Brin, Saint-Phlin, Haraucourt, Bayon.

Schlotheimia trapezoidalis SOWERBY sp. (Canavari).
Pl. XXXI, fig. 7, 7 *a*.

CANAVARI (**6**, p. 43, pl. 4, fig. 8-9, *Aegoceras trapezoïdale*).
WÄHNER (**39**, p. 84, pl. 21, fig. 6, pl. 23, fig. 1-4, *Aegoceras trapezoïdale*)

Zone II. R. Diarville.

Schlotheimia scolioptycha WÄHNER.
Pl. XXXI, fig. 3, 3 *a*.

WÄHNER (**39**, p. 87, pl. 23, fig. 13-14, *Aegoceras scolioptychum*).

Zone III (assises *a*). AR. Richardménil, Xeuilley.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Schlotheimia ventricosa SOWERBY sp. (Canavari).

CANAVARI (**6**, p. 43, pl. 4, fig. 10-11, *Aegoceras ventricosum*).
WÄHNER (**39**, p. 85, pl. 23, fig. 5-11, *Aegoceras ventricosum*).

Zone III (assises *b*). AR. Jarville, Haraucourt.

Schlotheimia angulata compressa gigas QUENSTEDT sp.

QUENSTEDT (**30**, p. 38, pl. 4, fig. 2).

Zone II. R. Un magnifique échantillon de 0 m. 35 de diamètre, de Laneuveville-devant-Bayon (Collection A. Guibal).

Cette espèce est probablement une forme adulte de *Schlotheimia Charmassei* D'ORBIGNY.

Genre *Wähneroceras* HYATT, 1889.

(**19**)

Diagnose. — Coquille généralement comprimée, à ombilic ouvert, à tours augmentant lentement. Flancs le plus souvent arrondis, ornés de côtes simples passant sur la partie externe qu'elles atteignent en s'incurvant en avant et en se réunissant avec les côtes du côté opposé de manière à former un angle plus ou moins aigu, et en s'affaiblissant quelquefois.

Ce genre est voisin du précédent et les lignes de suture ne peuvent servir à les distinguer.

Génotype : *Wähneroceras Rahana* WÄHNER.

Wähneroceras extracostatum WÄHNER sp.

Pl. XXXIII, fig. 2, 2 *a*.

WÄHNER (**39**, p. 2, pl. I, fig. 1-2, *Aegoceras extracostatum*).

Zone II. AR. Art-sur-Meurthe, Cercueil.

Wähneroceras curviornatum WÄHNER sp.

WÄHNER (**39**, p. 3, pl. 3, fig. 2-4, *Aegoceras curviornatum*).
JOLY (**20**, p. 287, *Psiloceras curviornatum*).

Zone II. R. Art-sur-Meurthe.

Wähneroceras haploptychum WÄHNER sp.

WÄHNER (**39**, p. 4, pl. 4, fig. 1-4, *Aegoceras haploptychum*).
JOLY (**20**, p. 288, *Psiloceras haploptychum*).

Zone II. AR. Art-sur-Meurthe.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Wähneroceras anisophyllum WÄHNER sp.

Pl. XXXII. fig. 6, 6 *a*.

WÄHNER (**39**, p. 7, pl. 4, fig. 6, pl. 5, fig. 7, pl. 6, fig. 1-3, *Aegoceras anisophyllum*).
JOLY (**20**, p. 286, *Psiloceras anisophyllum*).

Zone II. AR. Brin, Haraucourt.

Wähneroceras circacostatum WÄHNER sp.

Pl. XXXI, fig. 6, 6 *a*.

WÄHNER (**39**, p. 11, pl. 2, fig. 3, pl. 3, fig. 5, *Aegoceras circacostatum*).
JOLY (**20**, p. 286, *Psiloceras circacostatum*).

Zone II. R. Art-sur-Meurthe.

Wähneroceras Rahana WÄHNER sp.

Pl. XXXIII, fig. 3, 3 *a*.

WÄHNER (**39**, p. 14, pl. 9, fig. 1-4, *Aegoceras, Rahana*).
JOLY (**20**, p. 290, *Psiloceras Rahana*).

Zone II. C. Brin, Art-sur-Meurthe, Haraucourt, Ville-en-Vermois, Ceintrey, Bayon.

Wähneroceras Frigga WÄHNER sp.

Pl. XXXII, fig. 5, 5 *a*.

WÄHNER (**39**, p. 15, pl. 11, fig. 1-4, *Aegoceras Frigga*).
JOLY (**20**, p. 287, *Psiloceras Frigga*).

Zone II. C. Abaucourt, Art-sur-Meurthe, Cercueil, Lupcourt, Velle-sur-Moselle, Vic-sur-Seille.

Wähneroceras polystreptum WÄHNER sp.

Pl. XXXI, fig. 4.

WÄHNER (**39**, p. 17, pl. 10, fig. 1, *Aegoceras polystreptum*).
JOLY (**20**, p. 290, *Psiloceras polystreptum*).

Zone II. C. Brin, Art-sur-Meurthe à Haraucourt, Xeuilley, Bayon, Vic-sur-Seille.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Wähneroceras loxoptychum WAHNER sp.

Pl. XXXII, fig. 4, 4 *a*.

WÄHNER (**39**, p. 18, pl. 10, fig. 2, *Aegoceras loxoptychum*).
JOLY (**20**, p. 289, *Psiloceras loxoptychum*).

Zone II. AC. Brin, Art-sur-Meurthe, Bayon.

Wähneroceras subangulare OPPEL sp.

Pl. XXXIII, fig. 4, 4 *a*.

OPPEL (**26**, p. 130, *Am. subangularis*).
QUENSTEDT (**30**, p. 32, pl. 2, fig. 10-11, *Am. angulatus psilonoti*).
POMPECKJ (**29**, p. 69, *Psiloceras subangulare*).
JOLY (**20**, p. 291, *Psiloceras subangulare*).

Zone II. C. Brin, Art-sur-Meurthe, Varangéville, Haraucourt, Cercueil.

Wähneroceras calcimontanum WÄHNER sp.

WÄHNER (**39**, p. 21, pl. 12, fig. 1-2, *Aegoceras calcimontanum*).

Zone II. RR. Diarville.

Wähneroceras Berchta WÄHNER sp.

WÄHNER (**39**, p. 29, pl. 11, fig. 6-7, *Aegoceras Berchta*).

Zone II. RR. Brin.

Wähneroceras Prometheum REYNÈS sp.

REYNÈS (**31**, pl. 2, fig. 16-18, *Am. Prometheus*).

Zone II. RR. Vic-sur-Seille (Moselle).

FAMILLE DES *ARIETIDÆ* ZITTEL, 1900.

Genre *Coroniceras* HYATT, 1868 (17).

Diagnose. — Coquille discoïdale, épaisse, à très large ombilic, à section quadrangulaire, à flancs plats ou légèrement convexes. Côtes simples, fortes, droites, quelquefois inclinées vers l'avant, plus ou moins espacées, portant habituellement à leur extrémité des tubercules à partir desquels elles s'infléchissent fortement vers l'avant. Forte carène bordée de 2 sillons latéraux larges et profonds.

Les espèces de ce genre atteignent souvent de très grandes

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tailles. Dans les vieux exemplaires, les flancs peuvent devenir plus ou moins convergents, tandis que les tubercules et les sillons s'atténuent.

Génotype : *Coroniceras bisulcatum* Bruguière.

Coroniceras bisulcatum Bruguière sp.

Bruguière. Encyclopédie méthodique, t. I, p. 39, pl. 13, 1789.
Sowerby (**35**, p. 468, pl. 454, *Am. multicostatus*).
D'Orbigny (**27**, p. 187, pl. 43, *Am. bisulcatus*).
Reynès (**31**, pl. 24, fig. 10-28, pl. 25, fig. 1-2, *Am. multicostatus*).
Schmidt (**34**, p. 13, pl. I, fig. 4-7, pl. 2, fig. 1-2, *Arietites bisulcatus*).

Zone III (assises *a*). C. Tous les gisements.

Coroniceras Bucklandi Sowerby sp.

Sowerby (**35**, p. 181, pl. 130, *Am. Bucklandi*).
Wright (**40**, p. 269, pl. I, fig. 1-3, *Am. Bucklandi*).
Reynès (**31**, pl. 20, fig. 1-3, *Am. Bucklandi*).
Schmidt (**34**, p. 9, pl. I, fig. 2-3, *Arietites Bucklandi*).

Zone III (assises *a*). AC. Nomeny, Lanfroicourt, Xeuilley, Neuviller-sur-Moselle.

Quelques auteurs, en particulier d'Orbigny, ont fait entrer les 2 espèces précédentes en synonymie ; elles sont cependant bien différentes. Dans *Coroniceras Bucklandi*, la coquille est plus robuste et plus épaisse, les côtes moins serrées et plus larges, les flancs plus convexes et la partie ventrale plus arrondie que dans *Cor. bisulcatum*.

Coroniceras coronaries Quenstedt sp.

Quenstedt (**30**, p. 120, pl. 16, *Am. coronaries*).
Reynès (**31**, pl. 10, fig. 1-13, pl. 11, fig. 1, *Am. coronaries*).

Zone III (assises *a*). AR. Brin, Etreval.

Coroniceras rotiforme Sowerby sp.

Sowerby (**35**, p. 467, pl. 453, *Am. rotiformis*).
D'Orbigny (**27**, p. 293, pl. 89, fig. 1-3, *Am. rotiformis*).
Reynès (**31**, pl. 8, fig. 1-7, *Am. rotiformis*).

Zone III (assises *a*). C. Nomeny, Brin, Richardménil, Xeuilley, Ceintrey.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Coroniceras rotator Reynès sp.

Reynès (**31**, pl. 9, fig. 1-9, *Am. rotator*).

Zone III (assises *a*). AC. Nomeny, Brin, Ceintrey.

Plusieurs auteurs font entrer en synonymie *Cor. rotiforme* et *Cor. rotator*. Ces 2 espèces sont en effet voisines, mais cependant distinctes. Dans *Cor. rotator*, les côtes sont moins serrées, plus épaisses, plus saillantes et terminées par des tubercules plus gros que dans *Cor. rotiforme*.

Coroniceras Cœsar Reynès sp.

Reynès (**31**, pl. 18, fig. 1-3, *Am. Cœsar*).

Zone III (assises *a*). C. Nomeny, Brin, Saint-Phlin, Cercueil, Xeuilley, Ceintrey.

Coroniceras Rouvillei Reynès sp.

Reynès (31, pl. 18, fig. 4-7, *Am. Rouvillei*).

Zone III (assises *a*). C. Nomeny, Brin, Art-sur-Meurthe, Haraucourt, Xeuilley.

Cette espèce semble devoir entrer en synonymie avec *Ammonites Caprotinus* d'Orbigny (**27**, pl. 84, fig. 1-2).

Cor. Cœsar, voisin de *Cor. Rouvillei*, est plus robuste dans toutes ses parties, sa section est carrée au lieu d'être rectangulaire comme dans *Cor. Rouvillei*.

Ces 2 espèces ont les côtes épaisses, courbes et inclinées vers l'avant, se terminant par un léger tubercule, ce qui les distingue nettement de *Vermiceras Conybeari* Sowerby, qui a les côtes droites, moins épaisses et non tuberculées à l'extrémité.

Coroniceras Gmündense Oppel sp.

Oppel, Die Juraformation, p. 80, n° 18, 1856.
Dumortier (**12**, II, p. 24, pl. 5, fig. 3-5, pl. 7, fig. 1-2, *Am. Gmündensis*).
Reynès (**31**, pl. 16, fig. 1-7, *Am. Gmündensis*).
Fiege (**13**, p. 79, pl. 5, fig. 11-12, *Arietites Gmündensis*).

Zone III (assises *a*). AR. Nomeny, Serres.

Coroniceras trigonatum Hyatt.

Hyatt (**19**, p. 182, pl. 6, fig. 3, pl. 7, fig. 1).

Zone III (assises *a*). R. Eply.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cette espèce est voisine de *Cor. Gmündense* ; elle a la coquille plus mince, les côtes plus épaisses et plus espacées.

Coroniceras Vercingetorix Reynès sp.

Reynès (**31**, pl. 20, fig. 8, pl. 26, fig. 1-4, *Am. Vercingetorix*).

Zone IV. AR. Art-sur-Meurthe, Haraucourt.

Coroniceras Schloenbachi Reynès sp.

Reynès (**31**, pl. 13, fig. 11-16, *Am. Schloenbachi*).
Fiege (**13**, pl. 7, fig. 20-21, *Arietites Schloenbachi*).

Zone III (assises *a*). AR. Moncel-sur-Seille, Han.

Assez voisine de *Cor. rotiforme*, a les côtes moins épaisses et plus serrées, les tubercules de l'extrémité des côtes moins proéminents.

Coroniceras sinemuriense d'Orbigny, sp.

d'Orbigny (**27**, p. 303, pl. 95, fig. 1-3, *Am. sinemuriensis*).
Reynès (**31**, pl. 28, fig. 10-18, *Am. sinemuriensis*).
Quenstedt (**30**, p. 83, pl. 11, fig. 18-20, *Am. sinemuriensis*).

Zone III (assises *a*). R. Art-sur-Meurthe, Xeuilley.

Coroniceras Aussoniense Reynès sp.

Reynès (**31**, pl. 9, fig. 13-16, *Am. Aussoniensis*).

Zone III (assises *a*). RR. Ville-en-Vermois.

Coroniceras lyra Hyatt.

Hyatt (**19**, p. 179, pl. 4, fig. 1-17, pl. 5, fig. 1-3).

Zone III (assises *b*). AC. Mailly, Lenoncourt, Saint-Firmin.

Genre *Arnioceras* Hyatt, 1868 (17).

Diagnose. — Coquille discoïdale, peu épaisse, largement ombiliquée. Côtes droites, simples, non tuberculées, avec une forte inflexion sur la région externe. Une carène et deux sillons plus ou moins prononcés. Les espèces de ce genre n'atteignent généralement pas de très grandes tailles.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Génotype : *Arnioceras semicostatum* YOUNG et BIRD.

Arnioceras Kridion HEHL sp. (in ZIETEN).

ZIETEN. Pétrifications du Wustenberg, 1830, p. 14, pl. 3, fig. 2.
D'ORBIGNY (**27**, p. 205, pl. 51, fig. 1-6, *Am. Kridion*).
QUENSTEDT (**30**, p. 77, pl. 11, fig. 6, *Am. Kridion*).

Zone III (assises *a*). AC. Brin, Diarville (assises *b*). AC. Art-sur-Meurthe, Richardménil.

Arnioceras semicostatum YOUNG et BIRD sp.

YOUNG et BIRD, Geol. Surv. Yorkshire Coat, 1828, 2e édition, p. 257, pl. 2, fig. 10, *Am. semicostatus*.
HYATT (**19**, p. 165, pl. 2, fig. 10-16).
FIEGE (**13**, p. 82, pl. 6, fig. 14-17, *Arietite semicostatus*).

Zone III. AC (assises *a*). Xeuilley, Darville (assises *b*). Ludres, Richardménil.

Arnioceras geometricum OPPEL sp.

OPPEL. Die Juraformation, 1858, p. 79, n° 16, *Am. geometricus*.
SCHLOENBACH (**33**, p 155, fig. 3, *Am. geometricus*).
REYNÈS (**31**, pl. 15, fig. 20-21, *Am. geometricus*).

Zone III. AC (assises *a*). Chenicourt, Haraucourt (assises *b*). Brin.

Arnioceras Hartmanni OPPEL sp.

OPPEL. Die Juraformation, p. 79, 1858, *Am. Hartmanni*.
HYATT (**19**, p. 167, pl. 2, fig. 17-18, pl. 3, fig. 1, 1 *a*).

Zone III (assises *a*). AC. Haraucourt, Richardménil, Xeuilley.

Arnioceras miserabile QUENSTEDT sp.

QUENSTEDT (**30**, pl. 13, fig. 27-30, *Am. miserabilis*).
HYATT (**19**, p. 162, pl. 2, fig. 4-7).

Zone III (assises *a*). AC. Gerardcourt (Ville-en-Vermois), Xeuilley, Diarville.

Arnioceras tardecrescens VON HAUER sp.

VON HAUER (**16**, p. 20, pl. 3, fig. 10-12, *Am. tardecrescens*).
DUMORTIER (**12**, II, p. 170, pl. 31, fig. 3-5, *Am. tardecrescens*).
REYNÈS (**31**, pl. 13, fig. 6-10, *Am. tardecrescens*).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Zone III (assises *a*). RR. Manoncourt-en-Vermois.

Cette Ammonite remonte jusque dans le calcaire ocreux (Lotharingien) où elle est commune.

Arnioceras ceras Giebel (in v. Hauer) sp.

V. Hauer (**16**, p. 25, pl. 6, fig. 4-6, *Am. ceras*).
Hyatt (**19**, p. 169, pl. 2, fig. 20).

Zone IV. AR. Mauvais-Lieu (près Richardménil).

Arnioceras ceratitoides Quenstedt sp.

Quenstedt (**30**, p. 100, pl. 13, fig. 8-11, 23, *Am. ceratitoides*).
Fucini. Cephalopodi liassici del monte di Cetona, Pal. Italia, vol. VIII, 1902, p. 165, pl. 14, fig. 13, pl. 15.
Schmidt (**34**, p. 31, *Arietites ceratitoides*).

Zone IV. AC. Ressaincourt, Letricourt, Mailly, Bosserville, Haraucourt.

Arnioceras falcaries Quenstedt sp.

Quenstedt (**30**, p. 103, pl. 13, fig. 12-17, *Am. falcaries*).
Schmidt (**34**, p. 30, pl. 6, fig. 1-14, *Arietites falcaries*).

Zone IV. AC. Art-sur-Meurthe, Bosserville, Haraucourt, Ville-en-Vermois.

Genre *Vermiceras* Hyatt, 1874 (**18**).

Diagnose. — Coquille discoïdale, peu épaisse, très évolute; section des tours adultes voisins de l'ovale. Côtes simples, légèrement arquées, serrées, ayant leur plus grande hauteur au milieu des flancs et ne présentant pas de tubercules externes. Carène faible, ordinairement bordée de sillons latéraux plus ou moins prononcés.

Génotype : *Vermiceras Conybeari* Sowerby.

Vermiceras Conybeari Sowerby sp.

Sowerby (**35**, p. 162, pl. 131, *Am. Conybeari*).
D'Orbigny (**27**, p. 202, pl. 50, *Am. Conybeari*; p. 196, pl. 36, *Am. Bonnardi*).
V. Hauer (**16**, p. 16, pl. 2, fig. 1-6, *Am. Conybeari*).
Reynès (**31**, pl. 12, fig. 1-8, *Am. Conybeari*).

Zone III (assises *a*). C. Nomeny, Brin, Mailly, Art-sur-Meurthe, Serres, Cercueil, Neuviller.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Vermiceras spiratissimum Quenstedt sp.

Quenstedt (**30**, p. 91, pl. 12, fig. 7-11, *Am. spiratissimus*).
Hyatt (**19**, p. 156, pl. I, fig. 17-18).

Zone III (assises *a*). AC. Nomeny, Brin (assises *b*). Lenoncourt.

Vermiceras ophioides d'Orbigny sp.

D'Orbigny (**27**, p. 241, pl. 64, fig. 3-5, *Am. ophioides*).
Reynès (**31**, pl. 16, fig. 8-10, *Am. ophioides*).
Hyatt (**19**, p. 160, pl. I, fig. 21-23).

Zone III (assises *a*). R. Brin.

Vermiceras Carusense d'Orbigny.

D'Orbigny (**27**, p. 284, pl. 84, fig. 3-6, *Am. carusensis*).
Reynès (**31**, pl. 49, fig. 38-42, *Am. carusensis*).
Hyatt (**19**, p. 142, pl. I, fig. 16).

Zone III (assises *a*). R. Lupcourt.

Genre *Asteroceras* Hyatt, 1868 (**17**).

Diagnose. — Coquille discoïdale, à ombilic moyen ou grand, généralement peu épaisse. Côtes simples, s'infléchissant progressivement vers l'avant. Partie ventrale arrondie, munie d'une carène et de deux sillons latéraux peu profonds.

Génotype : *Asteroceras obtusum* Sowerby.

Asteroceras obtusum Sowerby sp.

Sowerby (**35**, p. 219, pl. 167, *Am. obtusus*).
D'Orbigny (**27**, p. 191, pl. 44, *Am. obtusus*).
Reynès (**31**, pl. 35, 35 *bis*, 36, fig. 7-8, *Am. obtusus*).

Zone IV. RR. Tomblaine.

Cette espèce est très commune dans le calcaire ocreux dont elle caractérise la zone inférieure (**15**, p. 608).

Asteroceras crassicostatum nov. sp. Gérard et Gardet.

Pl. XXXIII, fig. 1, 1 a.

Dimensions : Diamètre 108 mm.
Hauteur 36
Épaisseur 30
Ombilic 45

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Description. — Coquille discoïdale, comprimée, largement ombiliquée. Spire formée de tours un peu plus hauts qu'épais; flancs légèrement convexes. Le dernier tour comprend 30 côtes simples, très épaisses, séparées par des intervalles à peu près aussi larges qu'elles-mêmes; elles sont légèrement falciformes et inclinées vers l'avant; elles se terminent à la partie ventrale en s'épaississant.

Elles partent pour la plupart de l'ombilic, mais un certain nombre d'entre elles (1 sur 3 ou 4) naissent seulement vers le tiers inférieur des flancs.

La partie ventrale est arrondie; elle présente une carène assez large, obtuse, bordée par deux sillons très nets et peu profonds.

Ombilic large, dont les parois se raccordent par un arrondi avec les flancs.

Rapports et différences. — Très distincte, cette espèce se rapproche un peu de *Asteroceras varians* Fucini (Cephalopodi liassici del monte di Cetona, Paleontographia Italia, vol. 9, pl. 20, fig. 1, 5, 1903), mais elle a la coquille plus évolute que celle de cette dernière espèce, les côtes plus épaisses et plus espacées, la carène et les sillons ventraux moins prononçés.

Zone IV. RR. Ressaincourt, près Raucourt.

Genre *Alsatites* Haug, 1894.

(Les Ammonites du Permien et du Trias remarquables par leur classification, *B. S. G. F.*, 3e série, t. XXII, 1894, p. 441, note 2.)

Diagnose. — Coquille discoïdale, à enroulement excessivement lent. Côtes simples, serrées, incurvées vers l'avant, non tuberculées. Les échantillons adultes sont munis d'une large carène, peu proéminente, quelquefois accompagnée de 2 indices de sillons.

Dans les jeunes échantillons, non encore munis de carène, les côtes passent sur la partie ventrale sans interruption, dans les échantillons adultes, elles s'interrompent au passage de la carène.

Génotype : *Alsatites liasicus* d'Orbigny sp.

Alsatites liasicus d'Orbigny sp.

D'Orbigny (**27**, p. 199, pl. 48, *Am. liasicus*).
Reynès (**31**, pl. 6, fig. 9-12, *Am. liasicus*).
Wähner (**39**, p. 150, pl. 39, fig. 1-5, *Arietites liasicus*).

Zone II. C. Nomeny, Brin, Art-sur-Meurthe, Saint-Phlin, Haraucourt; Cercueil, Xeuilley.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Alsatites subliasicus REYNÈS sp.

REYNÈS (**31**, pl. 6, fig. 1-8, *Am. subliasicus*).

Zone II. AR. Sornéville, Xeuilley.

Cette espèce diffère de la précédente par l'affaiblissement de la carène et l'absence de sillons.

Alsatites laqueus QUENSTEDT sp.

QUENSTEDT (**30**, p. 18, pl. 1, fig. 14, *Am. laqueus*).
REYNÈS (**31**, pl. 1, fig. 27, *Am. laqueus*).

Zone II. AR. Brin, Vic-sur-Seille.

Alsatites sublaqueus WÄHNER.

WÄHNER (**39**, p. 41, pl. 15, fig. 1, pl. 16, fig. 10, pl. 30, fig. 4, *Psiloceras sublaqueum*).

Zone II. R. Art-sur-Meurthe.

Alsatites laqueolus SCHLOENBACH sp.

SCHLOENBACH (**33**, p. 151, pl. 26, fig. 1, *Am. laqueolus*).
REYNÈS (**31**, pl. 7, fig. 3-4, non 1-2, *Am. laqueolus*).

Zone II. AR. Art-sur-Meurthe, Haraucourt.

Alsatites centauroides SAVI et MENEGHINI (CANAVARI) sp.

CANAVARI (**6**, p. 52, pl. 5, fig. 16, 17, *Aegoceras centauroides*).
WÄHNER (**39**, p. 175, pl. 43, fig. 9, *Arietites centauroides*).

Zone II. R. Diarville, de petite taille et pyritisé.

Alsatites Coregonensis SOWERBY (CANAVARI) sp.

CANAVARI (**6**, p. 51, pl. 5, fig. 12-15, *Aegoceras Coregonense*).
WÄHNER (**39**, p. 168, pl. 40, 41, 42, pl. 43, fig. 1-6, *Arietites Coregonensis*).

Zone II. RR. Cercueil.

Alsatites gonioptychus WÄHNER sp.

WÄHNER (**39**, p. 102, pl. 27, fig. 5, *Psiloceras gonioptychum*).
JOLY (**20**, p. 287, *Psiloceras gonioptychum*).

Zone II. R. Haraucourt.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Genre *Caloceras* Hyatt, 1870 (18).

Diagnose. — Coquille très aplatie, à très large ombilic. Côtes simples, droites, épaisses, espacées, ne se continuant pas sur la partie ventrale qui est lisse et arrondie.

Génotype : *Caloceras Johnstoni* Sowerby.

Caloceras Johnstoni Sowerby sp.

Sowerby (**35**, p. 464, pl. 449, fig. 1, *Am. Johnstoni*).
D'Orbigny (**27**, p. 212, pl. 53, *Am. Torus*).
Wähner (**39**, p. 45, pl. 16, fig. 6, *Aegoceras Johnstoni*).

Zone II. C. Tous les gisements.

Caloceras calliphylloides Pompeckj sp.

Pompeckj (**29**, p. 64, pl. 5, fig. 3, *Psiloceras calliphylloides*).
Joly (**20**, p. 286, *Psiloceras calliphylloides*).

Zone II. R. Saint-Nicolas, Bayon.

Caloceras distinctum Pompeckj sp.

Pompeckj (**29**, p. 26, *Psiloceras distinctum*).
Quenstedt (**30**, pl. 1, fig. 20, *Am. Johnstoni* pars).

Zone II. R. Tantonville.

Caloceras hadroptychum Wähner sp.

Wähner (**39**, p. 47, pl. 18, fig. 1-3, *Aegoceras hadroptychum*).

Zone II. RR. Maixe.

Caloceras Naumanni Neumayr sp.

Neumayr (**24**, p. 28, pl. 4, fig. 1, *Ammonites Naumanni*).

Zone II. RR. Ville-en-Vermois.

Caloceras Listeri Sowerby (Canavari).

Canavari (**6**, p. 52, pl. 7, fig. 12, *Aegoceras Listeri*).
Wähner (**39**, p. 105, pl. 27, fig. 13-14, *Arietites Listeri*).

Zone II. AR. Richardménil, Diarville ; échantillons pyritisés et de petite taille, de même que ceux de l'espèce suivante.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Caloceras Cocchii MENEGHINI (CANAVARI).

CANAVARI (**6**, p. 50, pl. 5, fig. 2, *Aegoceras Cocchii*).

Zone II. R. Diarville.

FAMILLE DES *OXYNOTIDAE* ZITTEL, 1900.

Genre *Agassiceras* HYATT, 1874 (**18**).

Diagnose. — Coquille discoïdale, aplatie, à ombilic moyen, terminée en biseau sur la partie ventrale et munie d'une quille tranchante. Côtes droites, simples (rarement dichotomes), épaisses, très espacées, se terminant par une partie saillante en arrivant à la partie ventrale.

Génotype : *Agassiceras Scipionianum* D'ORBIGNY.

Agassiceras Scipionianum D'ORBIGNY sp.

D'ORBIGNY (**27**, p. 207, pl. 51, fig. 7, 8, *Am. Scipionianus*).
DUMORTIER (**12**, II, p. 33, pl. 8, fig. 1, 2, pl, 9, fig. 1, *Am. Scipionianus*.
REYNÈS (**31**, pl. 28, fig. 1-9, *Am. Scipionianus*).

Zone III (assises *a*). AC. Abaucourt, Jarville, Art-sur-Meurthe, Haraucourt, Xeuilley.

FAMILLE DES *DACTYLIOIDAE* ZITTEL, 1900.

Genre *Deroceras* HYATT, 1868 (**17**).

Diagnose. — Tours arrondis, à section presque circulaire. Ombilic large. Flancs ornés de côtes qui, toutes ou en partie, se terminent près de la partie externe par un fort tubercule et de là passent simplement sur la partie ventrale sur laquelle elles ne s'interrompent pas.

Génotype *Deroceras Ziphus* ZIETEN.

Deroceras Ziphus ZIETEN sp.

Pl. XXXII, fig. 1, 1 *a*.

ZIETEN. Die Versteinerungen Würtembergs, 1830, p. 6, pl. 5, fig. 2 *a-c*, *Am. Ziphus*.
REYNÈS (**31**, pl. 39, fig. 1-2, pl. 40, fig. 1-17, *Am. Ziphus*).
QUENSTEDT (**30**, p. 161, pl. 21, fig. 15, 18, 19, *Am. Ziphus*).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Zone IV. AC. Ressaincourt, Bosserville, Essey-les-Nancy, Mauvais-Lieu (Richardménil), Xeuilley.

On rencontre parfois cette espèce en très gros échantillons.

Deroceras Dudressieri D'ORBIGNY sp.

Pl. XXXII, fig. 2, 2 a.

D'ORBIGNY (**27**, p. 325, pl. 103, *Am. Dudressieri*).
QUENSTEDT (**30**, p. 195, pl. 23, fig. 19, *Am. Dudressieri*).

Zone IV. C. Mailly, Letricourt, Saulxures, Mauvais-Lieu (Richardménil), Ville-en-Vermois.

D'Orbigny place cette espèce à Nancy dans le Lias supérieur ; c'est évidemment une erreur. Dans sa Paléontologie universelle (Prodrome), il la fait entrer en synonymie avec *Am. capricornu* SCHLOTH., dont elle est cependant bien différente. Quenstedt (30) la conserve au contraire, avec raison, comme espèce distincte.

Dans leur jeune âge, *Deroceras Ziphus* et *Der. Drudressieri* sont presque semblables, mais les échantillons adultes bien différents. *Der. Drudressieri* a alors la coquille épaisse, à section surbaissée, les côtes larges et espacées, terminées par une forte pointe. Dans *Der. Ziphus*, la coquille est plus mince, les côtes plus serrées, les épines moins proéminentes. Les fig. 1 et 2 de la planche XXXII font bien ressortir les différences.

FAMILLE DES *LIPAROCERATIDAE* ZITTEL, 1900.

Genre *Microceras* HYATT, 1868 (17).

Diagnose. — Coquille discoïdale, aplatie, largement ombiliquée. Côtes droites, simples, épaisses, passant sur le côté externe sans s'interrompre et en s'aplatissant.

Génotype : *Microceras planicosta* SOWERBY.

Microceras bifer QUENSTEDT sp.

QUENSTEDT (**30**, p. 169, pl. 22, fig. 7-27, *Am. bifer*).
REYNÈS (**31**, pl. 49, fig. 8-20, *Am. bifer*).
GEYER. Ueber die liasischen Cephalopoden, *Abhl. der K. K. geol. Reichsanstalt*, 1886, p. 260, pl. 3, fig. 18-19, *Aegoceras bifer*.

Zone IV. AC. Mailly, Ville-en-Vermois, Xeuilley.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Microceras planicosta Sowerby sp.

Sowerby (**35**, p. 421, pl. 73, pl. 406, fig, 5-7, *Am. planicosta*).
Dumortier (**12**, II, p. 166, pl. 25, fig. 1-3, *Am. planicosta*).
Reynès (**31**, pl. 34, fig. 25-29, *Am. planicosta*).

Zone IV. C. Mailly, Chenicourt, Bosserville, Mauvais-Lieu (Richardménil), Ville-en-Vermois, Xeuilley.

En Lorraine, il importe de bien différencier *Microceras planicosta* Sowerby de *M. capricornu* Schlotheim (Petref., 1820, p. 71, pl. I, fig. 5), qui lui ressemble beaucoup et qui se trouve dans la zone à *Deroceras armatum*, du Pliensbachen. Plusieurs auteurs les ont donnés comme synonymes, en particulier d'Orbigny, Zieten, Quenstedt, Bleicher. Par contre, Dumortier (12, II, p. 166) avait déjà signalé, en la regrettant, la confusion des 2 espèces.

Si l'on compare *Microceras planicosta* avec *M. capricornu* de même taille, on s'aperçoit que les tours de la dernière sont plus hauts, plus comprimés et moins nombreux. *Microceras capricornu* arrive d'ailleurs à une taille beaucoup plus grande que *M. planicosta*, dont les échantillons ne dépassent guère 30 mm., tandis qu'il n'est pas rare de rencontrer des *M. capricornu* de 100 mm. de diamètre et plus.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

TABLE

Pages.

I. Liste des ouvrages consultés 529

II. Introduction 531

III. Stratigraphie 532
A. — Considérations générales 532
1° Hettangien 532
Zone I (à *Ps. planorbis*) 532
Zone II (à *Schl. angulata*) 533
2° Sinémurien 536
Zone III (à *Cor. bisulcatum* et *Arn. semicostatum*) 536
Zone IV (à *Der. Dudressieri* et *Micr. planicosta*). 539
3° Fossiles Hettangiens et Sinémuriens autres que les Ammonites 542
B. — Coupes types et principaux gisements fossilifères .. 547
1° Série calcaire (Zones I, II, III) 549
Grande carrière de Xeuilley 549
a. Contact Rhétien-Hettangien 549
b. Les grandes exploitations 550
Autres coupes de la série calcaire 553
a. Brin-sur-Seille 553
b. Diverses 555
2° Série marneuse (Zone IV) 557
C. — Comparaison avec les régions voisines 559
D. — La mer du Lias inférieur et sa faune 559

IV. Paléontologie (Ammonites) 561
Famille des *Psiloceratidae* 562
Genre *Psiloceras* 562
Famille des *Angulatidae* 562
Genre *Schlotheimia* 562
Genre *Wähneroceras* 565
Famille des *Arietidae* 567
Genre *Coroniceras* 567
Genre *Arnioceras* 570
Genre *Vermiceras* 572
Genre *Asteroceras* 573
Genre *Alsatites* 574
Genre *Caloceras* 576
Famille des *Oxynotidae* 577
Genre *Agassiceras* 577
Famille des *Dactylioidae* 577
Genre *Deroceras* 577
Famille des *Liparoceratidae* 578
Genre *Microceras* 578

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DES PLANCHES XXXI, XXXII, XXXIII.

Planche XXXI.

Tous les échantillons, sur cette planche et les suivantes, sont représentés en grandeur naturelle.

Fig. 1. — *Psiloceras planorbis* Sowerby, de Bosserville, p. 562.
Fig. 2, 2 *a*. — *Schlotheimia Donar* Wähner, de Flavigny, p. 563.
Fig. 3, 3 *a*. — *Schlotheimia scolioptycha* Wähner, de Richardménil, p. 564.
Fig. 4. — *Wähneroceras polystreptum* Wähner, de Bayon, p. 566.
Fig. 5, 5 *a*. — *Schlotheimia striatissima* Quenstedt, de Haraucourt, p. 564.
Fig. 6, 6 *a*. — *Wähneroceras circacostatum* Wähner, de Cercueil, p. 566.
Fig. 7, 7 *a*. — *Schlotheimia trapezoidalis* Sowerby, de Diarville, p. 564.

Planche XXXII.

Fig. 1, 1 *a*. — *Deroceras Ziphus* Zieten, de Richardménil (Mauvais-Lieu), p. 577.
Fig. 2, 2 *a*. — *Deroceras Dudressieri* d'Orb., de Richardménil (Mauvais-Lieu), p. 578.
Fig. 3. — *Schlotheimia angulata* Schloth., var. *montana* Wähner, de Saint-Phlin, p. 563.
Fig. 4, 4 *a*. — *Wähneroceras loxoptychum* Wähner, de Brin-sur-Seille, p. 567.
Fig. 5, 5 *a*. — *Wähneroceras Frigga* Wähner, de Velle-sur-Moselle, p. 566.
Fig. 6, 6 *a*. — *Wähneroceras anisophyllum* Wähner, de Brin-sur-Seille, p. 566.

Planche XXXIII.

Fig. 1, 1 *a*. — *Asteroceras crassicostatum* nov. sp., de Ressaincourt, p. 573.
Fig. 2, 2 *a*. — *Wähneroceras extracostatum* Wähner, de Cercueil, p. 565.
Fig. 3, 3 *a*. — *Wähneroceras Rahana* Wähner, de Haraucourt, p. 566.
Fig. 4, 4 *a*. — *Wähneroceras subangulare* Oppel, de Varangéville, p. 567.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur des empreintes de *Frenelopsis* du Cénomanien provenant du forage de Monts-sur-Guesnes (Vienne)

par **G. Lecointre** et **A. Carpentier** [1].

Planche XXXIV.

La transgression cénomanienne a été marquée dans le Sud-Ouest du Bassin de Paris par le dépôt des sables marins dits « Sables de Vierzon ». Ceux-ci se chargent à leur partie supérieure de lentilles de grès, calcaire ou argile pour passer plus ou moins progressivement aux « Marnes à Ostracées » dont l'épaisseur varie de 15 à 30 mètres. Il semble néanmoins que les cours d'eau qui se jetaient dans le golfe tourangeau aient parfois dérangé cette classique ordonnance. Ainsi peut-on expliquer l'abondance de galets parfois gros comme des œufs que l'on trouve vers le tiers supérieur de l'étage un peu au Nord-Ouest de Marcilly-sur-Maulne. Ces galets consistent surtout en quartz et quartzites de couleur claire d'origine évidemment angevine.

Par contre, en approchant du Poitou, à partir de l'axe anticlinal Bourgueil-Ligueil, les apports continentaux sont de nature argileuse, et ce faciès envahit parfois la quasi totalité de l'étage (forages du Ruchard, de la Celle Saint-Avant, de Bournan) (I.-et-L.). Dans le forage de Monts-sur-Guesnes (Vienne), un de ces passages argileux, intercalé dans les sables glauconieux de la base, est régulièrement feuilleté et contient en abondance des débris végétaux dont plusieurs sont bien reconnaissables comme appartenant au genre *Frenelopsis*.

Voici la coupe des terrains traversés par ce forage :

1. Note présentée à la séance du 13 juin 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Forage de Monts-sur-Guesnes (Vienne).

Foreurs : Veuve Hérault et Montavon, 1937-1938.

Cote au sol : + 146 mètres.

N°	Nature de la couche	Épaisseur	Profondeur de base	Observation
1.	Terre végétale	0 m. 40	0 m. 40	
2.	Craie micacée très tendre (un éch. d'*Inoceramus labiatus* à 5 m.).	17 m.	17 m. 40	Turonien
3.	Calcaire crayeux, veines de marne.	5 m. 10	22 m. 50	
4.	Craie marneuse blanchâtre tendre.	1 m. 70	24 m. 20	
5.	Craie fissurée avec veines de marne blanche	5 m. 10	29 m. 30	
6.	Craie marneuse grisâtre..... aquifère.	9 m. 10	38 m. 40	
7.	Marne bleue plastique	5 m. 40	43 m. 80	Cénomanien
8.	Banc à Ostracées (*O. columba media*, *O. vesiculosa*)	0 m. 85	44 m. 65	
9.	Grès vert grisâtre très dur	1 m. 10	45 m. 75	
10.	Sable argileux vert très fin	0 m. 60	46 m. 35	
11.	Grès vert	0 m. 20	46 m. 55	
12.	Marne bleue plastique alternant avec marne dure compacte dont une couche plus forte de 51 à 51 m. 35	16 m. 70	63 m. 25	
13.	Rocher bleu veiné d'aragonite	0 m. 80	64 m. 05	
14.	Marnes bleues fossilifères (*Ostrea conica*, *Ostrea diluviana* juv., *Ostrea* sp.)	3 m. 45	67 m. 50	
15.	Sable argileux vert	5 m. 10	72 m. 60	Niveau aquifère artésien — Cénomanien
16.	Grès vert	2 m. 05	74 m. 65	
17.	Marne bleue feuilletée à empreintes végétales (*Frenelopsis*)	4 m. 95	79 m. 60	
18.	Grès vert alternant avec couches de sable vert	3 m. 10	82 m. 70	
19.	Sable argileux dont un passage de sable vert à plaquettes	2 m. 45	85 m. 15	

Niveau statique : à 62 m. de profondeur.

Dépression en pompage : 4 m. 62 pour un débit de 10 m³/heure.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

II. **Description des débris végétaux.** Pl. XXXIV.

On observe deci delà dans la roche de menus fragments de cuticules appartenant à des Conifères, quelques spores de fougères et par places des ramuscules étroits (largeur 1,5 mm.), densément rapprochés, transformés en lames aplaties, charbonneuses et pyriteuses qui se détachent et se brisent facilement. Ces rameaux grêles sont articulés : la flèche (fig. 1) désigne une ramification qui s'effectue sous un angle aigu et quelques entre-nœuds dont la longueur varie de 3 à 5 millimètres.

La plante à laquelle appartiennent ces rameaux peut être attribuée au genre *Frenelopsis* de Schenk [1] : elle se rapproche assez bien de certaines formes à rameaux grêles du *Frenelopsis Hoheneggeri* (Ettingsh.), figurées par Schenk dans son étude de la flore du Barrémien de Wernsdorf (Nord des Carpathes [2]).

L'examen des cuticules confirme cette attribution : les sto-

E-E' limite de l'ostiole externe.
P prolongements papilliformes.
S cellules stomatiques.

mates, disposés en rangées longitudinales plus ou moins régulières (fig. 2 et 3), possèdent une ostiole externe polygonale (fig. texte) délimitée par quelques cellules épidermiques (d'ordinaire 4, parfois 5, rarement 6) ; à un niveau un peu inférieur à ce cadre, quelques projections (de 4 à 6) papilliformes, forment un petit dôme et sont juxtaposées de façon à laisser entre elles une fente en croix ou en étoile (fig. 3 et 4). C'est R. Zeiller qui, le premier, attira l'attention sur les *stomates en étoile* des *Frenelopsis*, en particulier du *Fr. Hoheneggeri*, dont il étudia et figura les cuticules vues de face et en coupe transversale [3] ; les spécimens décrits par ce savant proviennent du *Turonien* de Bagnols (Gard). Les coupes transversales figurées par Zeiller sont tout à fait comparables à celles que je donne ici (fig. 6 et 7) et à celles qui ont été reproduites récemment [4]. Voici l'interprétation proposée

1. Schenk. Die fossilen Pflanzen der Wernsdorfer Schichten in den Nordkarpathen. *Palæontographica*, Bd. XIX, S. 13, 1869.
2. Id., *ibid.*, pl. VI, 3 et 4.
3. R. Zeiller. Cuticules fossiles. *Ann. Sc. nat. 6e sér. Bot.*, t. XIII, p. 231-37, pl. XI, 1882.
4. *Ann. Musée Hist. nat., Marseille*, t. XXVIII, Mém. IV, pl. II, 6 et 7, 1937. Le lecteur trouvera dans ce mémoire la bibliographie sur les *Frenelopsis*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

(traduite d'ailleurs par la figure dans le texte) : le cadre polygonal (ostiole externe) est formé par quelques cellules épidermiques qui l'entourent immédiatement ; autant de cellules annexes (que Zeiller considérait comme des cellules stomatiques) envoient vers le haut dans la chambre sus-stomatique, des projections papilliformes de leur membrane et sous le dôme formé par ces projections, délimitant entre elles la fente en étoile ou en croix, se trouvent les deux cellules stomatiques, profondes et souvent difficiles à voir.

Comparaisons. L'étude comparée des cuticules démontre que l'espèce en question n'offre pas les protubérances spiniformes remarquées sur une espèce américaine, le *Fr. ramosissima* Fontaine [1] et qu'elle se distingue aussi du *Fr. bohemica* par l'absence de ces sortes de poils unicellulaires que M. Nemejc [2] a observés en certains points sur les cuticules de cette espèce du *Cénomanien* de Tchécoslovaquie.

Conclusions

1. On peut rapporter au genre *Frenelopsis* de Schenk et rapprocher du *Fr. Hoheneggeri* Ettingsh. sp. les débris charbonneux de plantes découverts par M. Lecointre dans le *Cénomanien* de Monts-sur-Guesnes (Vienne).

2. Ce genre, essentiellement crétacique, est reconnu en France dans le Barrémien du Pays de Bray (Oise), dans le Cénomanien de la Vienne, le Turonien de Bagnols (Gard), le Campanien de la Sainte-Baume en Provence.

3. Ce Conifère, à caractères xérophiles accusés, formait sans doute une zone de végétation dense en bordure des rivages marins.

1. Cf. Berry in *Maryland Geol. Surv.*, p. 423. Baltimore, 1911.

2. Cf. Nemejc. On the identity of *Sclerophyllum alatum* Feistm. and *Frenelopsis bohemica* Vel. *Zvlastni Otisk ze Shorniku Statniho geologigkéko Ustavu Ceskoslovenské Republiky*. Svazek VI. S. 141. T. II, 3. Prague, 1926.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXXIV

Fig. 1. — Ramuscules de *Frenelopsis*, la flèche indique une ramification.
Fig. 2. — Cuticule montrant la disposition des stomates, gr. 77/1.
Fig. 3. — La même, quelques stomates, gr. 393/1.
Fig. 4. — *Id.* Un stomate, papilles et fente en étoile, gr. 608/1.
Fig. 5. — Coupe transversale à cuticule plissée, gr. 315/1.
Fig. 6 et 7. — *Id.* Stomates, gr. 315/1.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sur un gisement de plantes du Jurassique supérieur, situé près de Ghar Rouban (Frontière algéro-marocaine)

par **A. Carpentier** et **G. Lucas** [1].

Planches XXXV et XXXVI.

I. Position stratigraphique et géographique

par G. Lucas.

Le Jurassique supérieur de la région de Ghar Rouban est constitué par trois termes principaux : argiles grises à banc gréseux, grès tendres, calcaires cristallins et dolomitiques. Des fossiles ont permis de dater ces différents termes.

a) Argiles grises à bancs gréseux, 50 à 250 m. : des niveaux de grès calcaires ont fourni de nombreux gisements d'Ammonites calloviennes ; plusieurs sont connus depuis longtemps, par exemple celui situé sous le Ras Asfour [2]. Un gisement isolé, différent des précédents, et situé à 15 km. à l'Est de Ghar Rouban, dans des bancs calcareux et ferrugineux, m'a fourni *Perisphinctes indogermanus* Waagen, *Sowerbyceras tortisulcatum* d'Orb., *Phylloceras* cf. *tatricum* Pusch. Ce gisement est donc d'âge argovien ; et les argiles se continuent encore plus haut, sur quelques dizaine de mètres.

b) Grès tendres, clairs, en gros bancs puissants, parfois séparés par des délits d'argile. Dans la région de Sidi Djabeur el Meiboul et de Touisit (6 km. SW et 14 km. SSW de Ghar Rouban), ces grès débutent dès le Callovien ; ils ont donc commencé à se déposer beaucoup plus tôt à l'Ouest qu'à l'Est, puisqu'à l'Est ils sont post-argoviens ; cependant, leur épaisseur est bien plus faible à l'Ouest (300 m. au plus) qu'à l'Est, où ils atteignent 5 et 600 m. On y rencontre deux niveaux principaux d'intercalations calcaires. L'une, mal représentée aux environs immédiats de Ghar Rouban, située au tiers inférieur des grès,

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.

2. L. Gentil, P. Lemoine. Sur les gisements calloviens de la frontière marocaine. *CR. Ac. Sc.*, 1904, t. 139, p. 376, et *A.F.A.S.*, Grenoble, 1904, p. 141.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

est rauracienne ; elle a été signalée près de Marnia [1], et se retrouve dans les monts du Kef. L'autre, connue dans toute la région, est située à 15 ou 20 m. au-dessous du contact des grès et des calcaires supérieurs. Elle est formée de calcaires argileux plus ou moins durs, parfois à fausses oolithes, ou de marnes calcaires ; on y retrouve : *Ceromya excentrica* Voltz, *Isocardia striata* d'Orb., *Mytilus perplicatus* Etallon, *M. jurensis* Mérian, *Arcomytilus* cf. *subpectinatus* d'Orb., *Lima Monsbeliardensis* Contejean, *Harpagodes oceani* Brong., *Terebratula subsella* Leymerie, *T. Cotteaui* Douv., *T. bicanaliculata* Schl., faune banale, composée de fossiles de faciès, que l'on peut cependant rapporter sans risque d'erreur au sommet du Séquanien ou au Kimeridgien.

Entre les bancs de grès, aux environs de cette intercalation supérieure et surtout au-dessus d'elle, on rencontre des argiles très fines, à passées gréseuses et à minces couches de lignites. C'est dans un de ces niveaux argileux, au fond de la vallée de Déglen (4 km. 500 ESE de Ghar Rouban) et à quelques décimètres au-dessus de la vasque que forme le confluent de deux oueds (Chabet Dekhche et Chabet Mountlout), que j'ai trouvé la florule que M. A. Carpentier a bien voulu se charger d'étudier. Le gisement est du reste perdu, car les bancs situés au-dessus, et qui formaient une corniche de 1 m. 50 à 2 m. de porte à faux, sont maintenant éboulés : il est inutile de penser à récolter, ici, de nouveau matériel. Ce gisement est sans doute à rapprocher, par sa position stratigraphique, des grès à plantes signalés dans les Beni Snassen par M. P. Fallot [2].

c) Plus haut commence la puissante série calcaire qui forme les belles falaises de Déglen et du Khemis. A Ghar Rouban, elles contiennent près de leur base (30 m. au-dessus du gisement à plantes) : *Isocardia* sp., *Mytilus subequiplicatus* Gold., *M. perplicatus* Etallon, *Astarte* cf. *supracorallina* d'Orb., *Chenopus* (*Quadrinervus*) *anatipes* Buvignier. Très peu plus haut, des dolomies contiennent : *Arcomytilus subpectinatus* Sow., *Pinna* aff. *suprajurense* d'Orb., *Trigonia* sp., *Terebratula subsella* Leymerie, *T. bicanaliculata* Schl., *T. Cotteaui* Douv., *Hemicidaris* (*Gymnocidaris*) *diademata* Agass., *Echinopygus jurensis* Marcou, *Pseudodiadema* sp., *Echinobrissus* sp. ; les Oursins, ici, indiquent le Kimeridgien ; on est donc près de la base de cet

1. J. Dareste. La région d'Oujda, Paléontologie, *Mém. Serv. Mines Maroc*, 1930, p. 81-87.

2. P. Fallot. Essai sur la géologie du Rif Septentrional, *Mém. Serv. Mines Maroc*, n° 40, p. 381, note infrapaginale.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

étage. La série se poursuit ainsi jusqu'au Portlandien, caractérisé par la présence de *Clytopygus Haimei* Wright et *Spirocyclina Choffati* Mun.-Ch., var. *infravalanginiensis* Choffat.

Tout ceci permet de situer avec précision le gisement des plantes qui sont étudiées ci-après : elles appartiennent, sans aucun doute possible, à la base du Kimeridgien.

II. Description de la flore

par A. Carpentier.

1. **Equisetites** sp. Pl. XXXV, 1 et 2.

Quelques fragments d'une Prêle, dont le diamètre mesure environ 25 ou 30 millimètres ; un entrenœud a une hauteur de 28 mm. ; une gaine particllement visible (fig. 1) compte 14 dents pour une largeur de 13 mm. ; ces dents acérées sont nettement et longuement séparées par des angles aigus, comme celles de l'*Equisetites columnare* Brongniart [1] ; l'axe est un peu renflé sous les dents.

2. **Fougères**.

A. Genre *Coniopteris* Brongn.

A ce genre se rapportent quelques pinnules fertiles qui ressemblent à celles du *C. hymenophylloïdes* Brongniart sp.

Coniopteris sp. A (Pl. XXXVI, fig. 1 et fig. 2, à droite).

Penne portant quelques pinnules fertiles dont la mieux conservée comprend sept lobes fertiles, très courts, s'élargissant en une indusie cupuliforme ; les lobes (fig. 1) ne paraissent pas tous fertiles, ils sont linéaires, obtus, ramifiés par places, ressemblant assez à ceux de la penne stérile figurée pl. XXXVI, 7. Ces fragments de pennes fertiles rappellent ceux que M. Seward [2] a attribués au *Coniopteris quinqueloba* Phillips sp. et que M. Sze dans un travail plus récent comprend dans la synonymie d'une espèce nouvelle, le *C. tatungensis* [3]. Les spores (pl. XXXVI, 3

1. *Cf.* de Saporta. *Paléontologie française*, 2e *Sér. Végétaux.* Plantes jurassiques, t. I, p. 252, pl. XXX, 5, 1873. — A. C. Seward. *Catalogue Mesozoic plants British Museum.* The Jurassic Flora, I, p. 62, fig. 4, 1900.

2. Seward, *loc, cit.*, I, p. 114, fig. 15.

3. Sze, H. C. Beiträge zur Mesozoischen Flora von China, *Palæontologia Sinica*, Ser. A., vol. IV, fasc. 1, p. 10, 1933.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

et 4), recueillies à l'emplacement même des indusies, sont tétraédriques, à angles arrondis, à lignes triradiées largement ouvertes ; elles ont la même forme que celles du *Coniopteris hymenophylloides* signalées par M. Thomas dans la flore jurassique de Kamenka [1] ou que les spores du *Coniopteris* sp. figurées par M. Sze [2] ; elles sont toutefois plus petites, mesurant de 29 à 35 μ, celles du Kamenka et du Shansi ayant un diamètre de 40 μ ; mais il faut tenir compte de l'état de conservation des spores.

Coniopteris sp. B (Pl. XXXVI, fig. 2, à gauche).

Une pinnule à lobes courts, à indusie plus large, mais de même type. Spores de même forme, de taille moindre (26-29 μ) ; les lignes triradiées sont fermées et se prolongent jusqu'aux bords. Je souligne ce fait parce que M. Sze comparant les spores des *Coniopteris* et du *Cladophlebis* (*Eboracia*) *lobifolia* (Phillips) ne notait, comme caractère différenciel, que la plus grande longueur des lignes triradiées chez ce dernier [3].

B. **Frondes stériles.**

a) Fig. 7. Pl. XXXVI. *Sphenopteris* délicat à lobes linéaires, élargis dans leur portion distale, peut-être fertiles par places. A comparer à certaines formes du *Stachypteris minuta* de Saporta [4].

b) *Sphenopteris* aff. *Sph. murrayana* Brongn. [5]. L'espèce de Brongniart a été en partie rattachée au *Sph. hymenophylloïdes* Br. par M. Seward [6]. Les pinnules des spécimens décrits dans cette note (Pl. XXXV, 3-5) diffèrent de celles du *Sph. hymenophylloides* par les lobes obtus, subarrondis.

c) *Sphenopteris* aff. *Sph. quinqueloba* Phillips [7]. On peut suivre sur la planche XXXVI (fig. 8-13) tous les passages de pennes à pinnules à cinq lobes à des pennes portant des pinnules trilobées, puis à deux et un lobe.

1. H. Hamshaw Thomas. The Jurassic flora of Kamenka... *Mém. du Comité géologique*. N.S., Livr. 71, p. 62, pl. VIII, 7-10. 1911. — On the spores of some Jurassic ferns. *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, vol. XVI, pt. IV, p. 385, pl. III, 5-6, 1911.

2. *Id.* Jurassic plants from Shensi. *Mem. National Research Institute of Geology. Academia Sinica*. N° 13, p. 80, pl, XI, 18, 19, 1933.

3. *Id. ibid.*, p. 80, pl. XI, 20-22.

4. De Saporta, *loc. cit.*, p. 390 ; pl. 51, fig. 1.

5. Brongniart. Histoire des Végétaux fossiles, p. 358, pl. CXXVI, fig. 1, 2, 4, 1828.

6. Seward, *loc. cit.*, p. 102.

7. Philipps, J. Illustrations of the geology of Yorkshire, p. 215, 1875.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Somme toute, on constate tous les passages entre les pennes rapprochées du *Sph. murrayana* Brongn. et celles qui sont décrites sous les termes *Sph.* aff. *quinqueloba* Phill. ; de plus on saisit la transition entre pennes stériles et fertiles. Il s'agit de portions de frondes d'une même fougère à classer dans le genre *Coniopteris* Brongn. (Cyathéacées), près du *Sph.* (*Coniopteris*) *hymenophylloides* Brongn. sp. Certaines pennes comprennent des folioles à cinq ou trois lobes, mais leur rachis sont moins grêles que ceux du *Sphenopteris quinqueloba* Phill. [1], et leurs pinnules se terminent par un lobe relativement plus long et plus aigu ; les spores, qui paraissent bien conservées, sont de même type, mais un peu moins grandes, que celles du *Coniopteris hymenophylloides*. On peut désigner cette fougère sous le nom de *Sphenopteris* (*Coniopteris*) aff. *murrayana* Brongn.

3. Cf. ***Thinnfeldia*** sp. Pl. XXXV, 8.

Ce fragment de penne rappelle la lobulation et le type de nervation de la plante filicoïde dénommée *Th. incisa* par de Saporta [2], mais ne peut être déterminé définitivement. L'examen des cuticules démontre l'existence de papilles épaissies et de cellules à parois non sinueuses, entre les nervules épaisses (trachéides du type scalariforme).

Conclusions.

1. La florule de Ghar Rouban comprend des fragments de Prêle, une plante filicoïde à comparer à certain *Thinnfeldia* et des Fougères.

2. On souligne la présence du genre *Coniopteris* Brongn. Les *Sphenopteris* (*Coniopteris*) décrits sont voisins du *Sph.* (*Coniopteris*) *hymenophylloides* Brongn. sp. et du *Sph. quinqueloba* Phillips. Le *Sph. hymenophylloides* est connu dans les divers gisements mésojurassiques d'Angleterre, du Sud de la Russie, du Caucase, de Chine, etc.

1. Cf. Phillips, *loc. cit.*, p. 215, fig. 34.
2. De Saporta. Plantes jurassiques, t. I, p. 348, pl 41, fig. 3-4, pl. 42, 1-3, 1873, t. IV, p. 393, pl. 281, fig. 1 et pl. 292, fig. 1, 1891.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DES PLANCHES XXXV ET XXXVI

Planche XXXV.

Fig. 1 et 2. — *Equisetites* sp. Nœuds et gaines ; × 3,3 et 1,8.
Fig. 3-5. — *Sphenopteris* aff. *murrayana* Br. Pennes à pinnules à lobes obtus, nervation nette (fig. 4 et 5) ; × 2,2 ; 2,7 ; 3,5.
Fig. 6. — *Sphenopteris* aff. *quinqueloba* Phill. Portion supérieure de fronde, rachis épais ; × 3,5.
Fig. 7. — *Id.* Pinnules à cinq lobes ; × 3,5.
Fig. 8. — Cf. *Thinnfeldia* sp. Sommet de penne à pinnules lobées ; × 3,5.

Planche XXXVI.

Fig. 1 et 2 (à droite). — *Coniopteris* f. A. Pinnules fertiles et stériles ; × 2,7 et 4.
Fig. 2 (à gauche). — *Coniopteris* f. B. Une pinnule.
Fig. 3 et 4. — Spores de *Coniopteris* A. × 937.
Fig. 5 et 6. — Spores de *Coniopteris* B. × 545 et 937.
Fig. 7. — *Sphenopteris* aff. *minuta* Sap. Pinnules à lobes linéaires ; × 3,5.
Fig. 8. — *Sphenopteris* aff. *quinqueloba* Phill. Extrémité de fronde : pinnules à cinq lobes obtus à la base, puis à trois lobes ; × 2,7.
Fig. 9. — *Id.* Passage de pinnules à cinq et à trois lobes ; × 1,2.
Fig. 10. — *Id.* Une penne du fragment précédent ; × 4.
Fig. 11. — *Id.* Pinnules à trois et à deux lobes (nervation simple) ; × 2,7.
Fig. 12 et 13. — *Id.* Lobes épais, région distale élargie ; × 3,1 et 2,7.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Corrélations entre le Carbonifère moyen de la Russie et celui de l'Europe Occidentale

par **G. Delépine** [1]

Il m'a été possible, à l'occasion du 17e Congrès International de Géologie, de visiter, au Sud de Moscou, les gisements classiques du Moscovien, de mettre au point, par comparaison, la détermination de Brachiopodes provenant du Carbonifère des Asturies, et d'apprendre ce que l'on sait aujourd'hui de la répartition stratigraphique des Fusulinides dans le Carbonifère moyen de Russie. Ces divers éléments s'ajoutant à d'autres qui ont été résumés dans une publication antérieure [2] permettent d'apporter ici une contribution à l'étude des corrélations entre le Carbonifère moyen de la Russie et celui de l'Europe Occidentale.

La difficulté pour établir le parallélisme entre ces deux régions tient à ce que le Carbonifère moyen est représenté en Russie, le bassin du Donetz excepté, par des formations presque exclusivement marines avec Fusulinides, tandis qu'en Europe Occidentale, la partie la plus importante de cette formation a un faciès houiller continental ; même dans les intercalations marines, les Fusulinides n'y ont jamais été rencontrées. Dans le Carbonifère des Asturies, les deux faciès sont présents en même temps : calcaires marins à Fusulines et formation houillère. Cette région peut donc servir de terme de comparaison entre Est et Ouest de l'Europe.

Au Sud de Moscou, le Moscovien est divisé, de la base au sommet, en quatre séries : Vereyen, Kashirien, Podolskien et Myatschkovien. La première série contient : *Staffella antiqua* Schellw., la seconde des *Profusulinella* et *Fusulina minima* Durk. ; dans les deux dernières apparaissent successivement et se trouvent ensemble au sommet : *Fusulinella Bocki* Möll. ; *Staffella sphaeroidea* Ehrb. et *Fusulina cylindrica* Fisch. Au sommet du Myatschkovien apparaissent les *Wedekindellina*, puis, à l'Ouralien, le genre *Triticites*.

En Asturies, le Carbonifère a été divisé par M. Barrois en quatre assises qui sont, à partir de la base : les griottes, le

1. Note présentée à la séance du 4 avril 1938.

2. Delépine. Le Carbonifère du Sud de la France et du Nord-Ouest de l'Espagne (Asturies). *C. R. du 2e Congrès de Stratigraphie Carbonifère*. Heerlen, 1935 (1937), p. 139-158.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

calcaire des cañons, l'assise de Lena et l'assise de Sama [1]. Dans des Notes antérieures, j'ai montré qu'il existe, entre les griottes et les formations d'âge dévonien ou silurien sur lesquels ils reposent, une lacune de sédimentation importante, les griottes représentant seulement le Viséen le plus élevé [2].

A la partie supérieure du Calcaire des cañons, *Fusulina Bocki* Möller [3] est partout présente, en abondance : j'ai pu repérer les horizons qui renferment ces Fusulines depuis Rivadesella jusqu'à Arenas de Cabrales, et récemment, plus loin à l'Est, près la Hermida (province de Santander) et au Sud de Riaño en Léon.

Dans l'assise de Lena, M. Barrois a découvert un niveau à *Staffella sphaeroidea* Ehrenb., qu'il a suivi en une série de points [4]. J'ai trouvé la même espèce à un niveau plus élevé de cette assise, dans les couches marines intercalées entre les veines de houille dites *las generalas* exploitées à Lieres. *Staffella sphaeroidea* y est associée avec *Fusulina cylindrica* Fischer, déjà découverte par de Verneuil à l'Ouest du Bassin des Asturies, près Pola de Lena [5]. A Lieres, *F. cylindrica* fourmille à la surface de l'un des bancs de calcaire marin dans la zone des *generalas*.

Ces bancs calcaires contiennent en outre une faune riche en Lamellibranches et en Brachiopodes. Parmi ceux-ci : *Spirifer* (*Choristites*) *mosquensis* Fisch., *Neospirifer tegulatus* Trd., *Neospirifer densicostatus* Yvan., *Brachythyris strangwaisi* Vern. Toutes ces espèces, dans le bassin de Moscou, sont propres aux séries de Podolsk et de Myatschkovo. On peut en conclure que par sa faune de Brachiopodes et de Fusulines, l'assise de Lena est, dans sa partie inférieure, l'équivalent de la série de Podolsk, et dans sa partie supérieure, l'équivalent d'une partie tout au moins de la série de Myatschkovo.

Il resterait à déterminer si l'assise de Sama correspond dans sa totalité, ou pour une part seulement, à la partie supérieure de l'assise de Myatschkovo. Des Fusulines ont été découvertes à deux niveaux différents dans l'assise de Sama, par Madariaga, mais ces Fusulines n'ont pas encore été étudiées [6].

1. Barrois. Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. *Mém. Soc. Géol. du Nord*, t. II, 1882.

2. Voir *CR. Acad. Sc.*, t. 187, 1928, p. 239 et *ibid.*, t. 195, 1932, p. 1401.

3. M. Gübler a bien voulu réexaminer les Fusulines que j'ai trouvées en Asturies, tant dans ces calcaires que plus haut, dans les couches marines du Houiller ; ses notes à ce sujet seront publiées en même temps que la description de la faune du Carbonifère des Asturies.

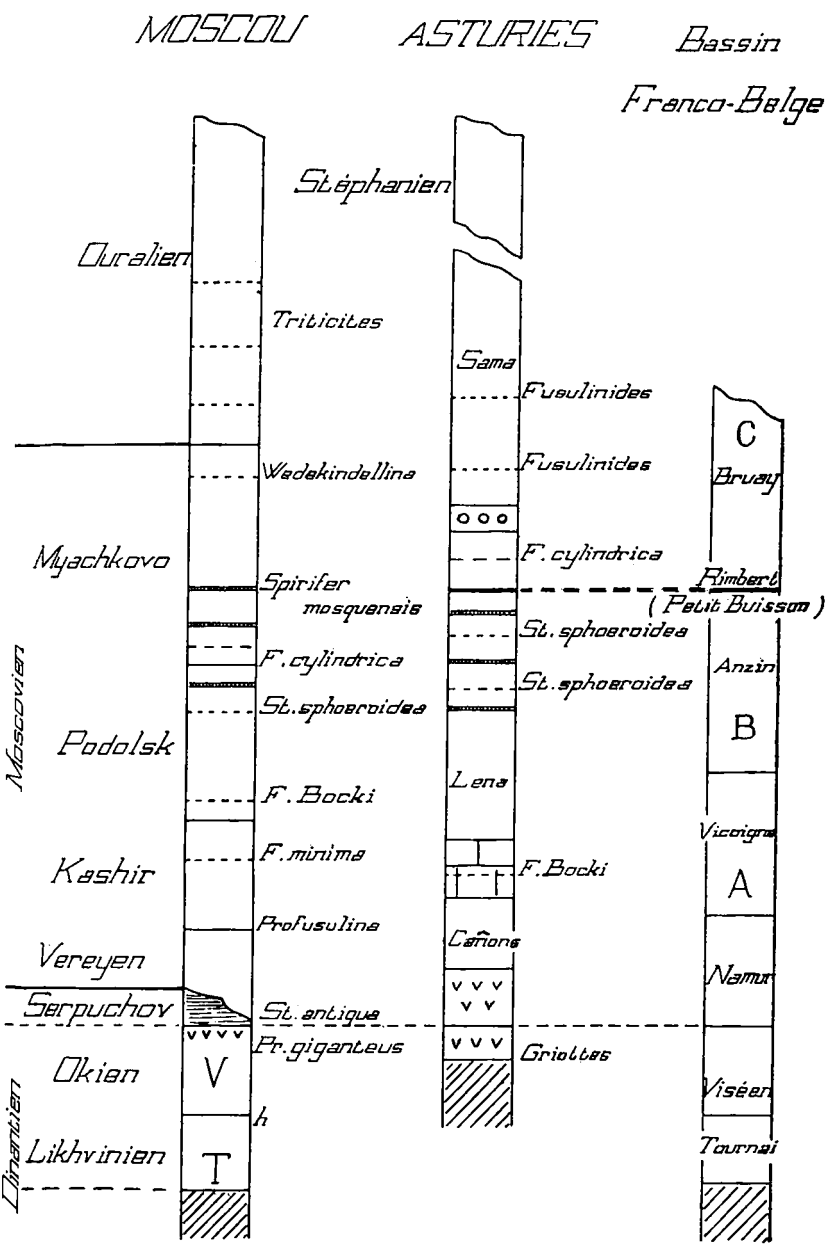
4. Barrois. *Op. cit.*, p. 297.

5. Verneuil *in* Barrois. *Op. cit.*, p. 298.

6. *Revista industrial*, XVII, 1932, n° 375, p. 150 et 179. L'auteur a appelé ces Fusulines : *F. cylindrica*, mais seulement d'après leur forme générale extérieure.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Tableau comparatif des formations carbonifères du Bassin de Moscou, des Asturies et du Bassin franco-belge.



Les hachures obliques figurent les terrains antécarbonifères.

Les lignes en pointillé marquent les horizons à Fusulines. Les traits doubles réunis par des traits verticaux indiquent les niveaux à *Spirifer mosquensis* ; le gros trait plein, les niveaux à *Anthracoceras* en Asturies et dans le Bassin franco-belge.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les faunes marines intercalées entre les premières veines de houille exploitées à Lieres contiennent aussi, avec les Fusulinides et les Spiriférides, les Céphalopodes suivants : *Homoceratoides Kitchini* BISAT, *Anthracoceras* aff. *cambriense* BISAT, *Metacoceras costatum* HIND.

Ce sont des espèces propres aux niveaux marins les plus élevés connus dans le Westphalien en Angleterre, et qui sont représentés par le niveau marin désigné sous le nom de Rimbert dans le Nord de la France, sous le nom de Petit-Buisson en Belgique et en Limbourg Hollandais, niveau d'Aegir en Allemagne ; le niveau Rimbert se trouve entre l'assise d'Anzin et celle de Bruay [1].

Tous ces éléments permettent d'établir entre le Westphalien du Nord-Ouest de l'Europe, les formations marines et houillères des Asturies et le Moscovien de la Russie centrale, les corrélations suivantes :

1° Le niveau Rimbert et Petit-Buisson a ses équivalents en Asturies dans la partie élevée de l'assise de Lena, au niveau des faisceaux houillers exploités à Lieres sous le nom de *las generalas*.

2° Comparés avec le Moscovien, les niveaux marins de cette partie de l'assise de Lena correspondent par leur faune à des formations qui sont à la partie supérieure de l'assise de Podolsk et à la partie inférieure de celle de Myatschkovo.

3° L'horizon marin de Petit-Buisson et Rimbert correspond donc très approximativement à ces mêmes niveaux du Moscovien. L'on peut ajouter que l'assise de Bruay, faciès continental, a comme équivalent marin, au moins en partie, l'assise de Myatschkovo.

Resterait à déterminer si l'assise de la Houve, si bien représentée dans la Sarre [2] est aussi un équivalent du Moscovien élevé (et de la partie supérieure de l'Assise de Sama en Asturies), ou bien si elle correspond déjà à quelque niveau de l'Ouralien à *Triticites*.

Reste aussi à déterminer quelles sont, en Russie, les formations équivalentes au Westphalien inférieur, dit *Namurien*, de l'Europe Occidentale.

Dans le Bassin de Moscou, au sommet de la série d'Oka, *Pro-*

1. BISAT. *Sum. Progr. Geol. Survey* 1929, part 3, 1930, p. 75-89. — G. DELÉPINE. Goniatites et Nautiloïdes du Niveau de Petit-Buisson à Heerlen (Hollande). *A. S. G. N.*, LXV, 1937, p. 7-28.

2. PRUVOST. Bassin Houiller de la Sarre et de la Lorraine. 1934. III, Description géologique.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ductus giganteus MARTIN marque la limite supérieure du Dinantien, comme dans l'Ouest de l'Europe. Les *couches de Serpuchov* seraient une formation de transition, peut-être un équivalent de la base du Namurien : on y a trouvé un *Cravenoceras*. *Productus edelburgensis* PHILL. et *Productus latissimus* SOW. s'y trouvent encore, de même qu'ils existent en Écosse à des niveaux correspondants, et qui sont plus élevés que ceux qui contiennent *Productus giganteus* MARTIN.

Il y a, au Sud de Moscou, un brusque changement de régime, avec traces d'érosion, au-dessus des couches de Serpuchov.

La base de Vereyen est formée de sables rouges à stratification entrecroisée, d'argiles schistoïdes grises, rouges et vertes. Des Fusulinides (*Profusulinella*) et *Choristites* y apparaissent dans quelques bancs calcaires, premiers éléments de la faune moscovienne. Il n'est pas possible d'indiquer avec précision quels sont les équivalents du Vereyen et du Kashirien du Bassin de Moscou dans le Houiller de l'Europe occidentale.

Mais, dans le Donetz, il y a une importante série de formations entre le Dinantien supérieur à *Productus giganteus* et les formations du Carbonifère moyen à faciès houiller westphalien et avec faune marine moscovienne. Il y a donc là, entre le Dinantien et ce Westphalien, des couches qui sont l'équivalent du Namurien du NW de l'Europe. Le fait a été reconnu depuis longtemps par les géologues russes. Mais le problème qui subsiste, aujourd'hui encore, est d'établir le parallélisme entre les subdivisions adoptées de part et d'autre, et à plus forte raison entre les zones ou horizons successifs.

De ceux-ci, un tableau détaillé a été publié à l'occasion du XVIIe Congrès Géologique international [1].

En Donetz comme dans le Bassin franco-belge, *Productus giganteus* MARTIN, espèce nettement caractérisée et à extension verticale très limitée, fournit un repère sûr pour tracer la limite supérieure du Dinantien. Plus haut, à des niveaux qui par leur flore correspondent à notre Namurien, maintes espèces de Brachiopodes du Viséen subsistent encore ; toutefois, dans le groupe de *Gigantella*, seuls *Productus latissimus* SOW. et *Productus edelburgensis* PHILL. se maintiennent au Namurien inférieur, comme en Écosse et dans le Nord de l'Angleterre. Les Goniatites sont très rares dans ces formations du Donetz. A la base de la zone de Beshevo qui, stratigraphiquement, se trouve dans la moitié inférieure des couches attribuées au Namurien [2], les auteurs

1. Livret-Guide. « The Southern Excursion Donetz coal Basin », 1937, p. 20-21.
2. Guide. Excursion du Donetz, 1937, p. 14.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

citent côte à côte dans leurs listes : *Homoceras diadema* Beyr. et « *Eumorphoceras* » *reticulatum* Phill. Il y a là un horizon qui pourrait donc servir de point de repère pour établir une corrélation plus détaillée entre le Namurien du Donetz et celui d'Europe occidentale. Mais ces Goniatites n'ayant pas été figurées, il n'est pas possible, jusqu'à présent, de dire à laquelle des zones à Goniatites de notre Namurien correspond exactement le calcaire de Beshevo (c.1n.b.) des auteurs russes.

Divers gisements de l'Oural ont fourni des faunes namuriennes riches en Goniatites. Quand ces gisements encore épars auront été rattachés à des séries stratigraphiques déjà étudiées en Oural et dans le Donetz, on pourra alors seulement établir d'après des éléments certains, les corrélations entre le Namurien d'Europe occidentale et les couches que les géologues russes classent au sommet de leur Carbonifère inférieur.

Seulement, il peut résulter pour ces comparaisons, une certaine confusion du fait que, récemment, des géologues en U.R.S.S., dans leurs tableaux des divisions du Carbonifère du Donetz, ont englobé sous le nom de Dinantien, à la fois le Tournaisien, le Viséen *et le Namurien*[1] ; il y a là une erreur manifeste dans l'emploi du terme Dinantien.

La différence entre les deux classifications, celle des Bassins Carbonifères de Russie et celle usitée en Europe occidentale, est rendue plus exactement comme suit :

Russie		Europe occidentale	
Carbonifère supérieur : Ouralien		Stéphanien : Carbonifère supérieur.	
Carbonifère moyen : Moscovien		Westphalien s. str.	Carbonifère moyen
Carbonifère inférieur	Namurien	Namurien	
	Dinantien	Dinantien : Carbonifère inférieur.	

1. Guide. Excursion du Donetz, 1937, p. 20, 21. — M. D. Zalessky a fait la même confusion dans une de ses publications récentes : « Sur une division des terrains carbonifère et permien du Bassin du Donetz ». *Publ. Lab. de Paléontologie Moscou*, vol. II-III, 1937, p. 113, et tableau, p. 250.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Transport et sédimentation dans l'estuaire et a l'embouchure de la Gironde

caractères pétrographiques des formations fluviatiles, saumatres, littorales, et néritiques

par **L. Glangeaud**[1].

Sommaire

I. Hydraulique de la Gironde.
II. Le rôle des phénomènes dynamiques dans la différenciation des sédiments.
1° Le triage granulométrique.
A) Triage par mise en mouvement.
B) Triage dans le transport. Échanges tourbillonnaires.
C) Triage au moment du dépôt, pour un sédiment se déplaçant par traction et pour un sédiment transporté en suspension.
D) Dépôt mixte par phénomènes de turbulence et de traction.
2° Rôle de la floculation.
III. Transports solides par la Gironde.
1° Transports par traction (partie fluviatile, estuaire, zone littorale).
2° Transports tourbillonnaires.
3° Origine géologique des dépôts.
IV. Définition des faciès fluviatiles, cotidaux et littoraux.
1° Faciès globaux (fleuve, estuaire, zones littorale et néritique).
2° Les courbes granulométriques.
Conclusions. — Bibliographie.

L'observation rigoureuse des phénomènes actuels est à la base des interprétations géologiques, pétrographiques et géographiques, et aussi des études techniques appliquées.

C'est ainsi que pour les roches sédimentaires marines, M. Cayeux en utilisant, dès 1894, les données de l'Océanographie, a obtenu de remarquables résultats ; mais jusqu'à ces dernières années, les connaissances que nous possédions sur l'érosion, le transport et la sédimentation dans les régions continentales, fluviatiles et côtières, étaient assez imprécises.

Les possibilités offertes par l'estuaire de la Gironde et les côtes gasconnes m'ont amené à étudier la formation des sédiments en partant des matières en mouvement, et en les suivant au cours de leurs vicissitudes à travers l'estuaire et le long des côtes. Je n'aurais pu entreprendre ces recherches qui exigent des moyens importants, si M. Fischer, directeur du Port autonome de Bordeaux, ne m'avait accordé l'appui de ses services,

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

et ses conseils bienveillants. Je lui en suis très vivement reconnaissant, ainsi qu'à ses collaborateurs, et notamment MM. les ingénieurs des Ponts et Chaussées Aubriot, Cottard et Grange. Je remercie aussi le Service Hydrographique de la Marine qui, sous la direction de M. Volmat et des capitaines Chivaud et Morrazini, a bien voulu me faire exécuter des prélèvements de fond sur toute la région entre la Gironde et le Nord de l'île de Ré, la Caisse des Recherches qui m'a accordé une aide technique pour le travail matériel et MM. Pinet, Lanoire et Bondon du Port autonome, qui ont dirigé les délicats travaux de prélèvement dans la Gironde. M. Paul Lemoine a bien voulu me faire communiquer des sédiments dragués par l'office des Pêches maritimes sous la direction de MM. Le Danois et Belloc.

MM. J. Bourcart, Pierre Urbain et A. Rivière, ont montré, dans ces dernières années, l'intérêt non seulement pétrographique, mais aussi géologique, des méthodes quantitatives et physico-chimiques appliquées aux roches sédimentaires. Ils m'ont aimablement encouragé dans cette tentative qui est faite dans le même esprit.

Je ne saurais oublier aussi que cette étude a été entreprise à l'instigation de M. l'inspecteur général des Ponts et Chaussées, Lévêque, ancien directeur du Port autonome, qui a publié un livre précieux sur l'estuaire de la Gironde.

Méthodes d'étude. Nous avons décrit ailleurs les techniques précises utilisées pour nos recherches. Nous préciserons seulement que les courbes granulométriques exécutées par Mme Bonnichon depuis 1936, ont été faites en employant successivement pour un même échantillon trois méthodes. Les parties fines et les colloïdes sont séparés par sédimentation. Dans certains cas (*courbe standard avec colloïde total*), on procède à une peptisation préalable avec électrodialyse. Les particules entre 20 μ et 500 μ ont été séparées par des méthodes de lévigation. Seuls, les sables au-dessus de 500 μ sont tamisés, après les opérations précédentes. En effet, nos sédiments étant riches en parties argileuses et colloïdales, un *tamisage du sédiment complet*, sans sédimentation ni peptisation préalable, *donne des résultats qui ne sont pas comparables.* Toutes les fractions sont mesurées au micromètre oculaire.

Pour l'interprétation des courbes d'argiles sableuses, nous effectuons, en outre, un deuxième type de courbe. Pour celui-ci nous sédimentons préalablement, sans peptisation dans l'eau même où s'est formé le dépôt. Les colloïdes floculés ne sont pas remis en suspension. On a une *courbe avec colloïde exprimé* ou *courbe naturelle.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Nous avons laissé volontairement dans cette note, les phénomènes chimiques qui jouent un rôle faible dans les dépôts détritiques non consolidés. Les méthodes et les notions théoriques et expérimentales nécessaires pour ce genre de recherches sont décrites dans une note actuellement à l'impression, accompagnée d'une bibliographie détaillée [14].

I. HYDRAULIQUE DE LA GIRONDE.

Si l'on applique le criterium de Reynolds au cas de la Garonne, en face de Bordeaux, le calcul montre que la vitesse limite au-dessus de laquelle apparaissent les phénomènes de turbulence, est de 0,03 cm./sec. Le courant sera donc pratiquement toujours turbulent dans la Garonne et l'estuaire de la Gironde. C'est, ainsi que l'ont montré différents auteurs, le cas normal pour les fleuves et rivières. Dans la Gironde, les mouvements transversaux qui caractérisent cette turbulence sont d'une grande complexité.

Dans les chenaux rectilignes et symétriques, il se produit, ainsi qu'il a été démontré expérimentalement et par observations dans la nature, une ou plusieurs *spirales de circulation transversales* par rapport au courant de surface. Dans les parties courbes, s'ajoute le phénomène bien connu des méandres.

En plus de ces circulations à grande échelle, la turbulence se manifeste en dehors de tout obstacle par de petits tourbillons verticaux se déplaçant avec le courant (eddies). Ce sont ces *petits tourbillons* qui, dans la Gironde, jouent un rôle très important pour le transport des matières en suspension de l'amont vers l'aval, tandis que les *grandes circulations* transverses jouent surtout un rôle dans le transport latéral d'une rive à l'autre.

Dans ces courants turbulents, les vitesses instantanées de l'eau sont obliques par rapport aux parois et varient d'une façon plus ou moins désordonnée autour d'un chiffre moyen. Ces pulsations ou fluctuations s'accompagnent en même temps [13] de variations dans la teneur des troubles en suspension (par ex. en face de Bordeaux de 1 gr. 07 à 1,57 à 3 m. 10 du fond en quelques secondes).

A ces mouvements déjà extrêmement complexes de l'eau dans l'estuaire, se superposent les réactions dues aux phénomènes des marées et que l'on trouvera décrits dans le livre de M. Lévêque. En effet, dans l'entonnoir que constitue la Gironde, la marée s'engouffre et remonte en quatre heures environ, la distance qui sépare « la Passe Ouest » de Bordeaux sur 115 kilomètres.

Au cours de ce mouvement, la masse d'eau salée remonte assez en avant dans l'estuaire, car la teneur en sel par litre, en face de Blaye, atteint 11 gr. à 53 km. de l'embouchure pour des marées de 105 (1/3 environ de la salure normale de l'eau de mer). Au moment des crues, l'eau douce refoule par contre l'eau salée jusqu'au voisinage de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

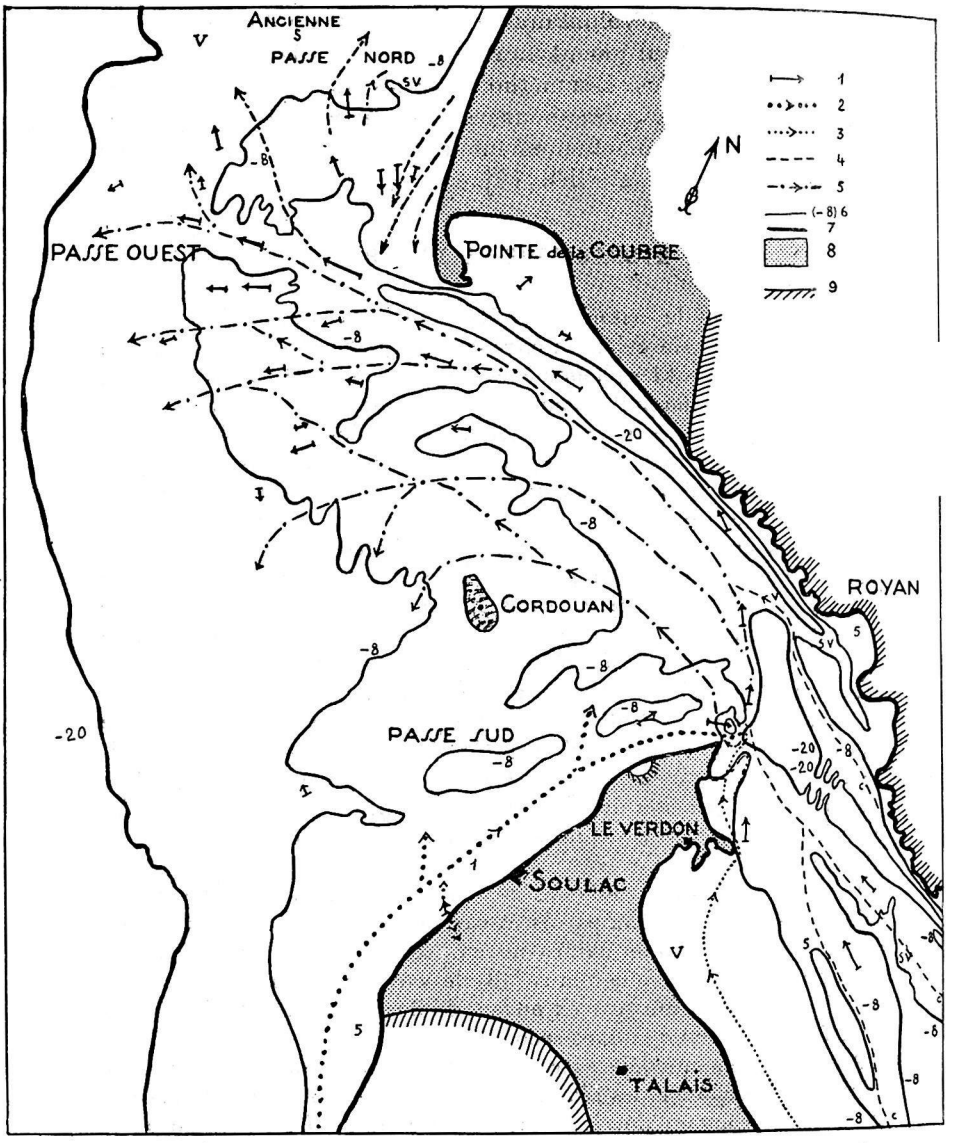


FIG. 1. — Mouvement et nature des sédiments à l'embouchure de la Gironde. Échelle 1/250.000e.

1 : Résultante des roses de courants au cours d'une marée, d'après les mesures du Port autonome (M. Lévêque). — 2 : Sables marins à éléments éoliens et graviers venant du Sud le long de la côte des Landes. — 3 : Une des trajectoires d'éléments argileux et colloïdaux venant de la Gironde. — 4 : Trajectoires d'éléments sableux fluviatiles amenés par traction sur le fond de la Gironde. — 5 : Sédiments mixtes provenant de 2, 3 et 4 et entraînés vers l'embouchure par l'action résultante des marées et des courants. — 6 : Isobathes de (— 8) et (— 20). 7 et 8 : Côte formée au cours du Quaternaire principalement par les apports d'âge flandrien et actuel. — 9 : Limite schématique des terrains anté-flandriens.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

l'embouchure. La courbe isohyaline de 11 gr. de sel en B. M. se trouve alors au voisinage de Talais, à 7 km. de l'embouchure (marée de 60).

On conçoit que, *dans le détail*, en plus de ces mouvements généraux, il existe toute une série de phénomènes locaux dus à la disposition topographique, et à l'*interférence* de l'écoulement de la rivière et des phénomènes de marées. Néanmoins, *dans l'ensemble*, les masses d'eau déplacées peuvent être considérées comme animées, en moyenne, d'une oscillation alternative au cours de chaque journée, avec, au moment des crues, une chasse d'eau plus violente, amenant les particules en suspension au delà de l'embouchure où elles sont entraînées par les courants côtiers.

Il existe donc en chaque point de l'estuaire des variations de vitesse dont la période est de quelques secondes pour les pulsations, de quelques heures pour la marée, de l'ordre du mois pour les crues et les grandes marées. C'est pourquoi cette zone soumise au balancement des marées peut être qualifiée de *zone d'indétermination dynamique*.

II. LE ROLE DES PHÉNOMÈNES DYNAMIQUES DANS LA DIFFÉRENCIATION DES SÉDIMENTS

Comme l'ont montré les études de nombreux auteurs indiquées dans une autre note [14], les particules du lit peuvent être déplacées d'une part, par *traction* sur le fond (roulement, rotation et saltation), d'autre part, *en suspension* par l'effet des courants tourbillonnaires.

Les trois phases, *érosion*, *transport et sédimentation* ne coïncident pas toujours exactement avec les trois phases concernant la cinématique du grain et qui sont *la mise en mouvement*, *le déplacement et l'arrêt*. En effet, en un point où il existe un mouvement des grains de l'amont vers l'aval, il peut y avoir érosion ou sédimentation suivant que l'apport des éléments venant de l'amont sera supérieur ou inférieur à celui des éléments venant de l'aval.

Si la quantité des éléments apportés est égale à celle entraînée, il y a transport équilibré sans érosion ni sédimentation. Nous disons simplement qu'il y a transport. On voit donc que *ces phénomènes globaux qui intéressent le géologue et le géographe ne sont pas seulement des phénomènes dynamiques, mais aussi statistiques*.

On peut envisager les phénomènes de déplacement des grains à deux échelles différentes. Nous étudierons seulement la dynamique et la cinématique des grains pour préciser les influences agissant sur le triage granulométrique. Nous ne pourrons abor-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

der ici l'étude du phénomène global (transport total) et son résultat géologique (épaisseur des couches déposées). Il est étudié ailleurs.

1° Le triage granulométrique.

A chacun des trois stades de l'évolution d'un sédiment (érosion, transport et sédimentation), il se produit un triage suivant les grosseurs. Ce triage granulométrique dépend d'autre part, pour chaque stade, des caractères du sédiment et des mouvements de l'eau et du mode de transport (traction ou suspension).

Le courant exerce une force sur les particules du fond. Cette force peut donc être décomposée en deux composantes, l'une parallèle à la paroi, l'autre perpendiculaire. Même dans le cas d'un courant laminaire, cette force n'est pas parallèle aux parois. La composante normale à la paroi est d'autant plus importante que le courant est plus turbulent ; elle est de plus, variable avec le temps.

La composante parallèle provoquera le roulement ou la rotation du grain. L'autre tendra à le soulever, et lui fera décrire de petits sauts (saltation) ou le maintiendra en suspension dans le courant pendant un temps plus ou moins long (phénomènes tourbillonnaires).

A. **Triage par mise en mouvement.**

Au moment de la mise en mouvement des sédiments, les phénomènes dynamiques très complexes produisent un premier triage qui dépend de la forme, de la grosseur et de la densité des grains, de la cohérence et des paramètres granulométriques du sédiment érodé. Ayant étudié en détail l'érosion dans une autre publication [14], nous ne citerons ici que quelques cas.

Au point de vue de la grosseur dans le cas d'un *sédiment monodispersé* (une seule grosseur de grains), la résistance à l'érosion des matériaux fins ou colloïdaux, compris entre 1 et 100 μ, peut être aussi grande ou plus grande que celle des sables de 200 μ à 2 mm., ainsi que l'a montré Hjulstrom [17], à la suite de Fortier, Scobey, Schafernak, etc.

Lavage de sédiments mixtes. Dans le cas d'un sédiment *mixte polydispersé*, on a constaté expérimentalement, qu'à faible vitesse, les grains assez gros formant relief au-dessus du sédiment, sont entraînés les premiers. La partie entraînée a ainsi un *diamètre moyen* supérieur à celui du sédiment. C'est l'inverse pour des vitesses assez grandes.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

De plus, pour un grain déterminé, la vitesse d'entraînement nécessaire pour maintenir son roulement est toujours très inférieure à celle nécessaire pour le mettre en mouvement. Il faut par exemple 1.35 m/sec. pour mettre en mouvement des grains pesant 3 gr. et 0.92 m/sec. pour les maintenir en mouvement.

Dans le *sédiment incomplètement lavé* la partie restante peut présenter un ou plusieurs maxima, suivant la proportion relative des éléments primitifs, et des éléments entraînés.

Dans le cas où le lavage a fini par entraîner toutes les parties fines et argileuses du sédiment, on aura une courbe granulométrique très aiguë à un maximum (fig. 3), nettement limitée du côté des petites et des grandes dimensions (courbe en clocher). J'ai observé ce type pour certains sables bordant les îles de la Gironde (E_3, fig. 6), où l'on peut suivre graduellement les résultats du lavage à partir des sables vaseux plus complets au point de vue granulométrique (E_4) et sur les sables du Platin de Grave (L_2, L_4, fig. 3).

Sphéricité. La force appliquée au grain aura tendance, soit à le faire rouler, soit à le soulever, suivant la forme qu'il présente et le degré de turbulence du courant. C'est ainsi que pour une grosseur déterminée dans un courant turbulent, les grains sphériques ou cylindriques pourront être déplacés par roulement, tandis que les lamelles micacées pourront être soulevées.

Pour une vitesse donnée, l'épaisseur de la lame d'eau augmente la force du roulement. Par contre, la force qui soulève la particule (saltation et suspension) diminue avec la profondeur d'après Havelock. D'autre part, pour des grains de même grosseur et de même densité, la vitesse de chute dépendra de la forme des grains.

Dans un matériel formé de grains sensiblement de même grosseur et de densité voisine, *un triage sera donc opéré en fonction de l'aplatissement ou de la sphéricité des grains suivant la vitesse des courants et la profondeur.* Ainsi peuvent s'expliquer des enrichissements en mica que nous avons constatés en face de la pointe de Grave, à 25 m. de profondeur.

Cohésion. Au point de vue de *la cohésion*, les dépôts qui ont eu le temps de se cimenter plus ou moins, seront plus difficilement remis en mouvement. Dans le cas de la Gironde, j'ai montré notamment [12] en accord avec M. Lévêque [18], que les sédiments du *Flandrien* qui, au voisinage de Saint-Christoly étaient déjà fortement cimentés, jouaient ainsi le rôle d'un fond rigide non affouillable.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

B. **Triage dans le transport.**

Une fois le sédiment mis en mouvement, on connaît assez mal, d'une façon quantitative, les phénomènes dynamiques de détail agissant aussi bien sur la traction que sur la suspension. Pour ce qui est du phénomène de transport par suspension, on a pu appliquer au phénomène global les méthodes déjà utilisées pour les échanges de chaleur et de matières en météorologie. Elles ont été mises au point pour la météorologie et au point de vue théorique, par G. I. Taylor, Wilhem Schmidt, Richardson, etc... et appliquées aux rivières par Hjulstrom [17] et Leighley.

L'échange tourbillonnaire. Dans le cas de l'écoulement turbulent, les courants ascendants entraînent verticalement des matières qui redescendent ensuite par l'effet des courants descendants et de la pesanteur. Ce phénomène s'appelle le phénomène d'échange. Mais, pendant leurs oscillations verticales, les matières sont entraînées par le mouvement horizontal de la masse d'eau, aussi subissent-elles en outre un *entraînement horizontal.*

On a considéré 3 cas possibles pour un fleuve sans limite à fond régulier :

1) Il se produit un transport *sans érosion ni sédimentation.* Dans ce cas, il y a équilibre entre la quantité de matières passant dans les deux sens à travers une tranche horizontale. Dans l'ensemble, dans une portion de la rivière et dans un temps assez long, il doit passer à travers une surface horizontale, une quantité de matières égale de haut en bas et de bas en haut. Dans ce cas on a un *équilibre échange-pesanteur.*

2) En un point donné, la quantité des matières entraînées par les tourbillons est supérieure à celle qui se dépose. Il y a *érosion tourbillonnaire.*

3) Si la quantité de matières qui se dépose est supérieure à celle qui est entraînée par les tourbillons, il y a *sédimentation tourbillonnaire.*

Dans le cas d'un *équilibre provisoirement stable en un point*, l'intensité des échanges peut être défini par le coefficient d'échange A (austausch) donné par la formule

$$M = A \frac{dm}{dz} \quad (1)$$

dans laquelle M = la quantité de matières transportées par unité de temps et de surface, m = pourcentage de matières par unité de masse (turbidité), z = la hauteur.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Par un calcul décrit ailleurs, on obtient pour la répartition suivant la verticale d'une particule de grosseur déterminée, la formule simplifiée suivante :

$$m_z = m_0 \, e^{-\frac{c}{A} z} \quad (2),$$

m_z étant la quantité de grains d'une grosseur déterminée à la hauteur z et m_0 la quantité de ces mêmes grains à la hauteur z_0 et c leur vitesse de chute.

On voit donc que la quantité des matières transportées à une hauteur déterminée du courant dépendra, de la concentration en matières près du fond, de la vitesse de chute pour chaque grosseur de grain (fonction de sa grosseur et de sa forme et de la viscosité de l'eau) et enfin du coefficient d'échange A (fig. 2).

Ce dernier, pour une rivière de vitesse et de débit déterminés, varie d'un point à l'autre de la section transversale. Dans le cas de l'estuaire, la répartition de la turbulence et du coefficient A est très complexe, surtout en B. M. et P. M.

Il y aura donc ici encore *triage granulométrique au cours du transport*, et ce triage se produira non seulement de l'amont vers l'aval, mais encore latéralement dans une section déterminée de la rivière.

C. **Triage au moment du dépôt.**

a. Dépôt de sédiments se déplaçant par traction. — Supposons que dans une zone où le transport se produit par traction, la vitesse aille en diminuant graduellement. Chaque fois que la vitesse descendra au-dessous du chiffre suffisant pour permettre à un grain de grosseur donnée de se déplacer, ce grain s'arrêtera. Les autres devraient normalement continuer à rouler et le triage serait alors parfait. Il n'en est rien aux faibles vitesses, car la vitesse limite nécessaire pour déplacer un grain de sable fin sur un fond de galet est supérieure à celle nécessaire pour le mouvoir sur un fond de sable fin.

Les grains plus fins que ceux arrêtés normalement par la diminution de vitesse, auront tendance à s'intercaler entre les premiers, en formant ainsi une espèce de ciment. Le dépôt sera donc polydispersé. Le maximum de la courbe granulométrique sera placé du côté des plus grosses dimensions, il sera brusquement limité du côté des tailles plus élevées. On aura *donc une courbe plus ou moins dissymétrique avec un maximum.* Ainsi que nous le verrons plus loin, un tel type de courbe s'observe

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

surtout dans les zones fluviatiles ou marines qui offrent des courants réguliers.

c. Dépôts de troubles transportés par un courant tourbillonnaire. — Nous avons vu comment se faisait la répartition verticale des troubles dans un courant turbulent. Supposons que, pour une cause quelconque, diminution de vitesse, élargissement du chenal, etc... la turbulence diminue (diminution du coefficient A), les courbes de répartition granulométriques en fonction de la profondeur vont alors être modifiées (fig. 2).

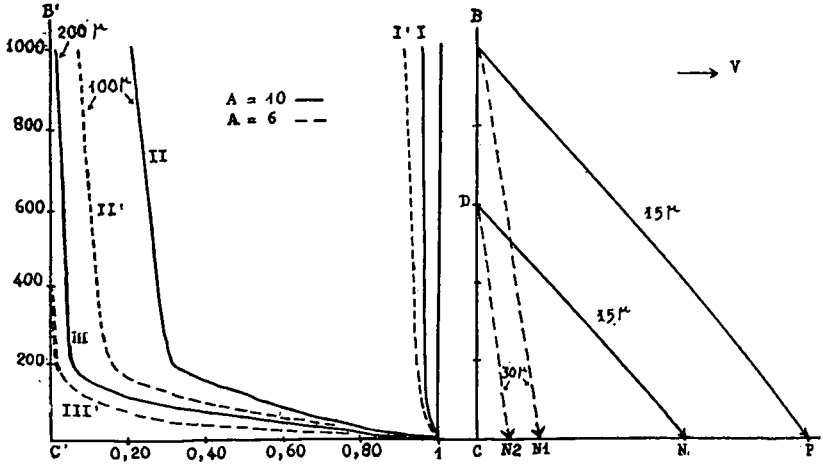


Fig. 2. — A gauche : répartition granulométrique calculée de grains de 25 μ (I et I'), 100 μ (II et D') et 200 μ (III et III') pour des coefficients A = 10 (I, II et III) A = 6 (I', II', III'). En ordonnée, les profondeurs en centimètres ; en abscisse le pourcentage en partant de 1 °/₀ sur le fond.

A droite : Trajectoires des particules se déposant quand le coefficient de turbulence diminue (voir explication dans le texte).

Une partie des troubles en suspension auront ainsi tendance à se déposer.

Considérons une section de la rivière B' C' pour laquelle les coefficients d'échange A sont supposés constants sur toute la section, et soit B C la deuxième section voisine pour laquelle le coefficient d'échange est A-dA.

La modification des répartitions granulométriques affectera d'abord beaucoup plus les gros éléments que les éléments fins. D'autre part, considérons des particules placées en B, particules fines situées près de la surface et ayant un rayon r, sa vitesse de chute c sera de la forme $c = Kr^2$, K = constante.

Une telle particule, partant de la surface pour atteindre le

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

fond, mettra un temps $\frac{H}{c}$ si H est l'épaisseur de l'eau. Elle aura ainsi parcouru horizontalement une distance $\overline{CP} = \mathcal{L}$ tel que

$$\mathcal{L} = \frac{V.H}{c}$$

si V est la vitesse horizontale du courant.

Les autres particules de grosseur $r_1 > r$ ou $c_1 > c$ et qui seraient appelées à se déposer arriveraient au fond en N_1, tel que $\overline{cN_1} = \frac{V.H}{c_1} < \mathcal{L}$. Si la répartition verticale théorique des particules dans un courant de turbulence donnée est connue, on ne sait pas encore de quelle manière elle se modifie quand A change. On peut supposer que toutes les particules d'un rayon déterminé se trouvant sur une même verticale, participent dans une même proportion au dépôt.

Dans ce cas, la répartition sur le fond à partir de C, pour les particules de rayon r_1, présenterait une certaine similitude avec la répartition suivant une verticale. Or, ainsi que le montrent les courbes (fig. 2), les particules les plus grosses sont abondantes surtout près du fond, tandis que les particules limoneuses extrêmement fines sont réparties à peu près uniformément.

Les particules de rayon r_2 de dimensions assez grosses ne montent qu'à une hauteur h. Si leur vitesse de chute relative est c_2, toutes celles qui devront être déposées le seront avant le point N_2 tel que : $\overline{CN_2} = \frac{h_1}{c_2}$.

A partir de ce point jusqu'en P, seules se déposeront les particules d'un rayon plus petit que r_2.

Il se produira ainsi un triage analogue à celui observé dans le cas du transport par traction ; mais, ici, la courbe sera plus allongée du côté des petites dimensions que dans le cas précédent. Elle *sera limitée moins brusquement du côté des éléments les plus gros*. S'il n'y a pas de phénomènes de traction, la courbe granulométrique du *sédiment devra présenter des analogies avec la répartition granulométrique verticale du trouble* entre la surface et la profondeur h_2. Pour un courant de vitesse déterminée on aura une plus grande proportion d'éléments fins dans les courbes de dépôts tourbillonnaires que dans celles d'éléments transportés par « traction ». En outre, la *décroissance du côté des petites dimensions se fait d'une façon plus régulière* dans le dépôt tourbillonnaire.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

c. Cas de vases fines dans les zones peu turbulentes. — Gripenberg [15] a étudié théoriquement pour les dépôts de matières en suspension, un cas beaucoup plus simple, mais rarement réalisé pour les zones fluviales ou côtières, c'est celui où toutes les particules de rayon r sont également distribuées sur une verticale et où toutes les particules en suspension se déposent simultanément.

Dans ce cas, il démontre que la courbe de distribution en un point N des sédiments est de la forme $F(r) = \frac{K}{h} f(r) r^2 dr$.

Pour que le cas se réalise, il faut que les particules en suspension soient toutes extrêmement fines, ce qui amène une distribution sensiblement égale sur une ligne verticale, et que, d'autre part, la turbulence tombe rapidement à zéro pour permettre le dépôt des particules comme dans le cas d'une eau non animée de mouvements verticaux.

Si $f(r)$ est constante, ce qui peut être le cas pour des dépôts très fins, la courbe de distribution obtenue serait alors une parabole limitée au rayon $r = \sqrt{\frac{V.H.}{K.L.}}$.

Nous avons observé à Talais et Saint-Seurin, dans les dépôts vaseux d'anses calmes (eaux-mortes), et ne recevant que peu d'apports sableux, des courbes assez analogues, ce qui peut facilement être expliqué. En effet, ces troubles correspondant à la tranche supérieure de la rivière sont assez fins. En outre, l'arrêt et le renversement des courants au moment de la pleine mer et de la basse mer, peut brusquement réduire à zéro le coefficient tourbillonnaire. Les conditions de Gripenberg seraient ici réalisées.

Ces vases fines de rivage laissées à découvert immédiatement après leur dépôt par la marée descendante, se colmatent plus ou moins jusqu'à la marée suivante. D'après les principes indiqués précédemment, la remise en mouvement d'un tel sédiment exige des vitesses beaucoup plus grandes que celles nécessaires à son transport. *Ces vases fines resteront donc dans la région où elles se sont déposées.*

D. Dépôts mixtes par phénomènes de turbulence et de traction.

Dans la nature, le transport par turbulence n'est jamais isolé de celui produit par traction. Aussi les sédiments les plus fréquents sont les sédiments mixtes, provenant d'une part de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dépôts par traction, et d'autre part, de dépôts par suspension. Or, les courbes granulométriques de chacune de ces catégories ne peuvent coïncider. Dans le cas le plus simple, où chacune des courbes isolées ne présente qu'un maximum, *le sédiment mixte offrira deux maxima* (S et T) (F_1 F_2, fig. 3). Telle est l'explication qui me paraît devoir être retenue pour une partie des dépôts à deux maxima dans lesquels le premier maximum est inférieur à 120 μ.

Les dépôts à un maximum montrent (fig. 3), par contre, un type de sédiments d'origine dynamique assez homogène (traction ou suspension) indiquant un courant régulier en intensité et direction (courbe dissymétrique) ou des phénomènes d'indétermination (courbe en cloche) (voir plus loin) ou un lavage (courbe en clocher).

D'autres courbes à deux maxima sont dues au mélange de dépôts formés à des vitesses différentes. Quand il y a des éléments colloïdaux, le premier maximum, inférieur à 2 μ, dans « les courbes standards » peut être produit par la peptisation des colloïdes floculés. Il met ceux-ci en évidence (E_1, E_2, fig. 8).

2° Rôle de la floculation.

Dans les estuaires, il est classique de faire jouer un rôle important à l'action floculente des éléments chimiques de l'eau salée, sur les troubles colloïdaux apportés par l'eau douce. Pour la portion de dimension inférieure à 1 μ (pseudocolloïdal) M. Kastler, en examinant à la lumière diffuse, au moyen du montage de Krishnan, a pu me préciser que l'on avait là un pourcentage élevé d'éléments anisotropes lamelleux (micas ?, argiles ?).

Les phénomènes de floculation provoquent la formation de particules dépassant plusieurs dizaines de μ par l'agglomération de ces micelles de dimension inférieure à 1 μ. L'accroissement de grosseur augmente la vitesse de chute. Dans une *eau immobile* ou dans une *éprouvette* le sédiment ainsi floculé aura tendance à tomber au fond et à se sédimenter.

Comme l'eau s'écoule ici avec une assez grande vitesse, les particules floculées pourront rester en suspension, comme les éléments fins ayant la même vitesse de chute, grâce aux phénomènes tourbillonnaires.

Nous avons commencé quelques recherches qualitatives à ce sujet. Des troubles de la Garonne sont mélangés avec l'eau de mer, de façon à obtenir une teneur en sel de 7 gr. par litre, ce qui est réalisé normalement dans l'estuaire pour la région de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

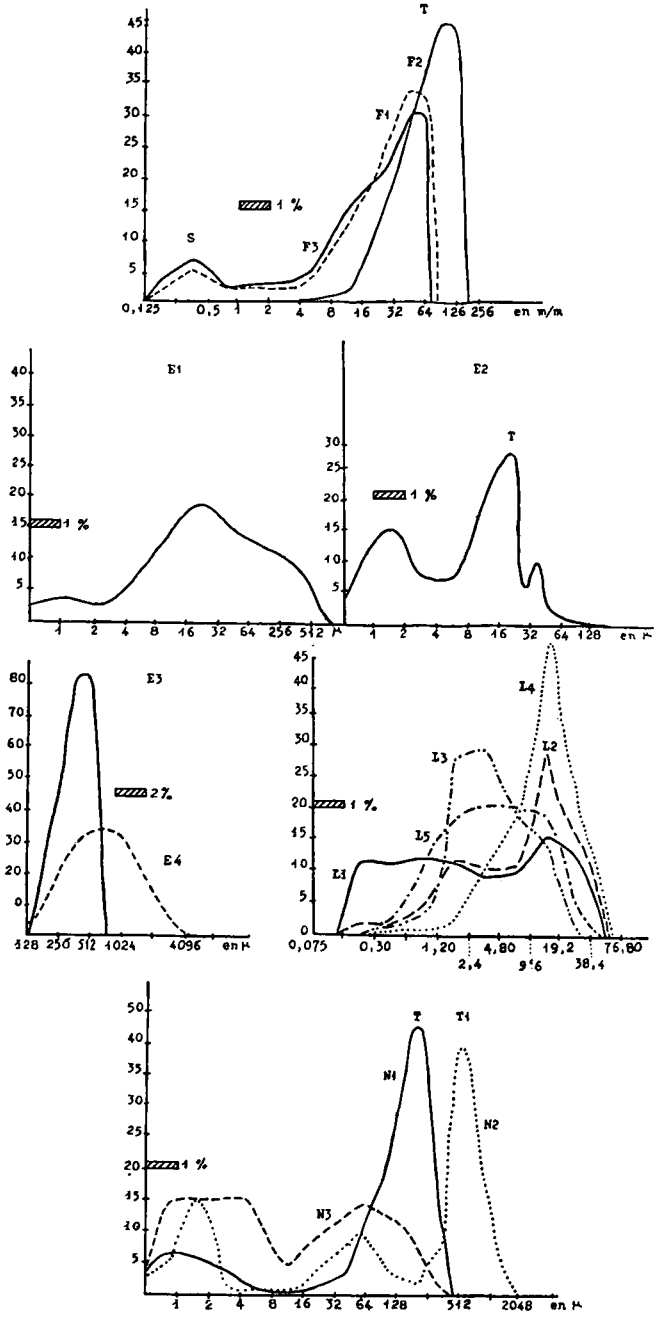


FIG. 3. — Quelques courbes granulométriques de la *marge continentale* entre Cadillac et l'isobathe (— 500), sur 200 km.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Pauillac. Il se produit alors des floculats et des agrégats qui tombent avec la vitesse de 4 mm. à 1 cm. à la minute. Ces floculats sont donc l'équivalent de grains de 7 à 12 μ de dimension d'après la formule de Stokes.

Pour cette dimension, les courbes de répartition granulométrique (fig. 2) obtenues par le calcul à partir d'un coefficient tourbillonnaire A = 20, ce qui est faible et $p = 8$, montrent que cette floculation diminue seulement la concentration des

---

Suite de la légende de la figure 3.

En abscisse, les grosseurs (échelle logarithmique de base 2). Les abscisses sont *en μ pour les courbes E et N, en millimètres pour les courbes F et L.*

En ordonnée, les pourcentages entre 2 divisions de l'échelle des abscisses. La surface hachurée (1 °/₀) représente 1 °/₀ du pourcentage du sédiment.

F : *Garonne à dominante fluviatile, entre Langon et Bordeaux* (48 km.). — F^1 : Passe de Toulenne, près Langon (46 km. en amont de Bordeaux). — F^2 : Passe de Paillet (rive droite) (24 km. en amont de Bordeaux). — F^3 : Ilot d'Arsins en face de Bègles (2 km. en amont de Bordeaux).

E : *Estuaire de Bordeaux à la Pointe de Grave* (96 km.). — E^1 : vases du chenal de Saint-Christoly, déposées en 1937 à la cote (— 5). — E_2 : vases déposées sur la côte du Médoc, à Trompeloup, à 4 m. 50 au-dessous des P. M. (cote + 1, au-dessus B. M.) (échantillon recueilli par M. Genevois). — E_3 : banc amont de l'Ile Verte (sables lavés dans une zone de courants). — E_4 : banc aval de l'Ile Verte dans une zone soumise à de nombreuses fluctuations.

L : *Bordure littorale* (8 km.) soumise à l'influence des marées (prélèvements du Port autonome, septembre 1936). — L^1 : en face d'Amélie-les-Bains, à 1 km. au large (— 8 m.) — L_2, L_3, L_4, L_5 : prélèvements pris sur un profil passant par le monument des Américains de la Pointe de Grave et à mi-distance entre les bouées 10 et 12. — L_2 : à 2 km. 500 du rivage (profondeur — 8 m.). — L_3 : à 1.500 m. (profondeur — 8 m.). — L_4 : à 1.000 m. (profondeur — 6 m.). — L_5 : à 500 m. du rivage (+ 1 m. 20 au-dessus des plus basses mers) (— 4 m. 10 au-dessous du zéro du nivellement général).

L_1 : correspond au stock graveleux ancien situé au large du Médoc. — L_2, L_3, L_4, L_5 constituent les produits de triage de ce stock par les courants du plateau de Cordouan.

L_3 et L_5 : sont dans des zones où les courants n'offrent pas de résultante efficace nette et sont soumis aux vagues et au balancement des marées. — L_2 et L_4 : sont dans des zones offrant des courants rapides et réguliers.

N : *Bordure néritique jusqu'à l'isobathe — 500* (60 à 200 km.). — N_1 : prélèvement du s/s « Dubourdieu », n° 111, station à 8 km. à l'Ouest de la pointe de la Coubre (profondeur 17 m.). — N_2 : prélèvements du s/s « Président Théodore-Tissier », station 429. S. W. Pointe Penmarch par 115 m. profondeur. — N_3 : prélèvements du s/s « Président Théodore-Tissier », station 526. Fosse du Cap Breton (43°34'-1°42'2") par 475 m. de profondeur.

Toutes les courbes de la fig. 3 sont des *courbes standards*, établies après peptisation. Pour les courbes F_1, F_2, F_3, les « *courbes naturelles* sans peptisation » diffèrent peu ou pas des courbes standards. Pour la courbe E_1, le premier maximum à gauche n'existe pas dans la courbe naturelle ; il est confondu avec le maximum principal. Ce premier maximum correspond au produit de floculation séparé par peptisation. La courbe naturelle est ici une courbe symétrique analogue à E_4. Dans la courbe E_2, le premier maximum à gauche est confondu avec le maximum principal dans la courbe naturelle.

Dans les courbes N_1, N_2, N_3, N_4, il existe deux maxima dans les courbes naturelles comme dans les courbes standards.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

matières près de la surface et l'augmente près du fond. *Il n'y a pas nécessairement dépôt de toute la partie floculée.* La plus grande partie du trouble floculé par l'eau de mer coutinue donc à rester en suspension par suite des phénomènes tourbillonnaires. D'autre part, ainsi que je l'ai constaté, grâce à la méthode optique de MM. Daure et Kastler, il reste au bout de huit jours une quantité appréciable optiquement de troubles non floculés dans une cuve où l'on a ajouté de l'eau de mer à l'eau trouble de la Garonne. M. Pierre Urbain [22] avait déjà montré le même phénomène pour des argiles. Ainsi, les troubles formés d'éléments colloïdaux en suspension peuvent être entraînés vers le large, à *l'état floculé ou non floculé.*

Ce sont ces éléments fins qui émigrent, d'une part au Nord de la côte entre le rivage et les Iles d'Oléron et de Ré, et d'autre part, au large au delà de l'isobathe de 50 mètres. La partie fine peut donc, soit se déposer près du rivage suivant le mécanisme décrit à la page précédente, soit émigrer jusqu'au voisinage de l'isobathe (— 100) en formant le grand banc de vase bien connu des navigateurs.

III. TRANSPORTS SOLIDES

1° Traction sur le fond.

a. Garonne fluviale jusqu'a Bordeaux (Zone F). — Entre Langon et Bordeaux, les prélèvements continus, effectués par les marchands de graviers depuis plus de vingt ans [1] et différentes observations locales permettent de définir le caractère granulométrique des matériaux se déplaçant actuellement sur le fond. Dans cette partie de la rivière, où les méandres sont assez nombreux, on constate d'une façon constante, la répartition latérale suivante : dans la partie convexe du méandre où se forme le banc de sable, les bancs de graviers et de sable ont des galets ne dépassant pas 5 cm.

Dans la partie concave du méandre, où se trouve la passe de navigation, l'eau est plus profonde, les courants sont plus rapides, les graviers sont plus grossiers, les galets plus nombreux, et la grosseur maximum des galets actuellement déplacés *peut atteindre 14 cm.* à Paillet, à 23 km. de Bordeaux. Le maximum de grosseur se trouve généralement sur le bord amont des seuils entre deux mouilles.

1. M. Benazet, directeur de l'O.T.M., a bien voulu me fournir de nombreux et précieux documents à ce sujet, je l'en remercie vivement.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'accord est assez net entre les valeurs calculées et observées des grosseurs maxima des galets, pour la partie fluviatile jusqu'à Quinsac. A partir de Quinsac, la grosseur maximum transportée est inférieure à celle calculée d'après la vitesse de fond. Cette différence devient encore plus nette dans la partie de l'estuaire où les sédiments transportés sont bien au-dessous du maximum calculé.

La grosseur maximum et la grosseur moyenne diminuent brusquement à quelques km. en amont de Bordeaux. L'estuaire, malgré ses courants rapides, se comporte à ce point de vue comme un lac qui recevrait un fleuve.

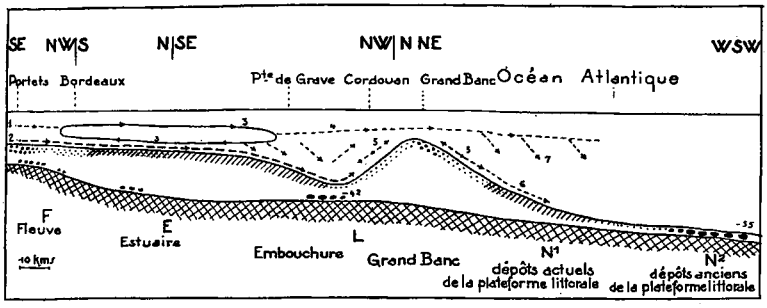


FIG. 4. — Mouvement des matières en suspension et des matières sur le fond entre Portets et l'isobathe (— 55) (200 km. environ). 1, 3 et 4 : trajectoires des particules en suspension. — 3 représente le circuit des particules du bouchon vaseux oscillant au cours d'une marée, 2, 5 et 6, le mouvement des grains roulant sur le fond actuel.

Les différents figurés correspondent à la nature des éléments actuellement en mouvement dans l'axe du chenal et sur le Grand Banc. Les *gros points* = galets. — *Petits points* = sables et graviers. — *Points et hachures* = sables avec un peu d'éléments vaseux. — *Hachures* = éléments vaseux dominants. Le *quadrillé*, en bas de la figure, représente le fond avant le remblaiement quaternaire. Les *gros points* sur ce fond figurent les dépôts à galets actuellement connus de la base de ce remblaiement et ceux de la plate-forme littorale qui paraissent en constituer le prolongement.

Cela peut s'expliquer de différentes manières, par l'action des phénomènes de marée et leurs interférences, par l'augmentation de la vase sur le fond, diminution de la vitesse près du fond, de la pente, etc... Le problème est à l'étude.

b. ACTION DU FLOT ET DU JUSANT DANS L'ESTUAIRE (Zone E). — Pour une marée de 90 et de basses eaux (0 m. 60) à La Réole, le courant de flot atteint à Bordeaux une vitesse maximum (2,20 m/s) supérieure au maximum du courant de jusant (2 m/s). Néanmoins, comme le premier dure moins longtemps, le jusant produit un déplacement des particules vers l'aval plus considé-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

rable que celui produit par le flot vers l'amont (*résultante efficace*). Pour des crues atteignant 6 m. 50 à La Réole, le courant de flot disparaît presque complètement à Bordeaux.

Entre le Bec d'Ambès et l'embouchure, la vitesse maximum est généralement de 1 à 1,50 m/s pour les courants de flot et de jusant. La résultante efficace au point de vue des mouvements sur le fond diminue. Cette résultante paraît devenir nulle avant l'embouchure. Dans certaines parties, ancienne passe de Saintonge, le courant de flot était, d'après Manen et Hautreux [16], prédominant sur celui de jusant (passe de flot).

Dans ce cas, les particules sableuses de plus de 3 mm. roulant sur le fond seraient arrêtées et s'accumuleraient dans la partie amont (dépôt de transport par traction). Ceci permettrait probablement d'expliquer la formation des bancs riches en sable fin de la région de Pauillac et en amont de celle-ci ainsi que le comblement de l'ancienne passe de Saintonge. Toutefois, le nombre de nos prélèvements est encore insuffisant pour qu'on puisse être affirmatif à ce sujet.

Les lois des méandres de Fargue continuent à jouer, mais d'une façon atténuée dans l'estuaire entre Bordeaux et Pauillac. Le maximum de sable transporté par traction se trouverait sur le bord convexe des bancs et des seuils, du côté des chenaux. Ici aussi apparaissent des différences entre seuils et mouilles, mais moins nettes que dans la partie fluviatile.

c. A L'EMBOUCHURE ZONE LITTORALE. (Zone L). — Dans la fosse et le chenal, situés en face de la Pointe de Grave, d'après M. Lévêque, le maximum de courant en jusant atteint 2,29 m/sec. et celui de flot de 1,2 m/sec. Au moment de la grande marée de mars 1935, la vitesse en jusant a atteint 2 m. 72 sec. ce qui d'après les calculs donne pour un fond de 20 m. une vitesse de fond de 2,23 m/sec. pouvant déplacer des galets de 29 cm. de côté.

A l'Ouest de ce chenal et de la Pointe de Grave, entre Montalivet, Soulac, le phare de Cordouan et le Grand Banc qui s'étend depuis Cordouan jusqu'au phare de la Coubre, le transport par roulement se produit sous l'action combinée des courants de marée, des courants marins et des vagues. Des sables de plus de 0 mm. 5, des graviers de 2 à 5 mm. et par place des galets de plusieurs centimètres (platures de Cordouan et platures de Grave) progressent ainsi par des trajectoires plus ou moins complexes, généralement ayant un aspect en dent de scie. La dynamique de ces phénomènes littoraux a été étudiée au point de vue théorique par différents auteurs,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

notamment par Cornaglia et Thoulet. Localement, L.-A. Fabre (8) en 1903, M. Volmat (23) et plus récemment M. Lévêque (18), ont apporté des hypothèses intéressantes sur l'action des courants et des marées dans cette région. La *résultante efficace* des différentes actions hydrodynamiques sur la côte du Médoc, amène dans l'ensemble un *déplacement du sud au nord* de la masse des sables jusqu'à la pointe de la Négade. Ce transport vers le Nord doit se produire *depuis l'embouchure de l'Adour*, car j'ai observé jusqu'à Lacanau des scories de hauts fourneaux venant des usines du Boucau (Bayonne). Ceci est d'ailleurs conforme aux cartes de courant de Renaud. (Service Hydrographique de la Marine.)

A partir de l'Amélie, les sables subissent des déplacements complexes qui sont schématisés sur la figure 1, d'après les observations hydrographiques publiées par M. Lévêque et l'étude du déplacement des bancs. Une partie des sables s'échappe de l'éventail de courant, existant sur la partie nord du plateau de Cordouan, pour progresser vers le Nord, avec un retour en arrière à la Pointe de la Coubre, dû à un vortex local. Le « Grand Banc » qui est alimenté par l'apport du Sud a progressé vers le Nord et a occupé l'*emplacement d'un large chenal qui atteignait 25 m. de profondeur en 1677* (fig. 1 et 8). Les sables des Landes progressant vers le Nord et les sables du large se dirigeant vers la côte ont été en partie détournés par le haut fond de Cordouan et les îles d'Oléron et de Ré.

Les études pétrographiques confirment les données hydrographiques en permettant de préciser qu'une grande partie du matériel sableux transporté sur le plateau de Cordouan est fourni par le stock sableux, *marin et éolien*, qui occupe la côte gasconne entre 0 et 8 m. de profondeur. Quant aux galets et graviers, ils *proviennent de dépôts anciens* et notamment quaternaires, remis en mouvement.

d. Zone Néritique (zone N). — Sur une bordure s'étendant entre la côte et l'isobathe de — 15, il paraît y avoir d'importants déplacements du stock sableux ; par contre, au delà de cet isobathe, le déplacement par roulement des grains, de plus de 0 mm. 5, s'atténue rapidement. En effet, si l'on compare la répartition des bancs de sable et de graviers, telle qu'elle est donnée dans la carte de Thoulet en 1872, avec la carte encore inédite, que j'ai dressée d'après les dragages du s/s Dubourdieu en 1937 (120 prélèvements), on constate peu de modifications quant à la répartition des masses sableuses. *Seuls, les élémenls*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

fins au-dessous de 300 μ. et les éléments colloïdaux montrent une certaine mobilité dans cette zone, les autres éléments représentent un stock ancien d'âge quaternaire principalement.

2° Transports tourbillonnaires dans l'estuaire de la Gironde et a l'embouchure.

La répartition des matières en mouvement à l'état de suspension offre encore une plus grande complexité que le mouvement des matières par roulement. En effet, en plus des variations topographiques, suivant des profils perpendiculaire et parallèle

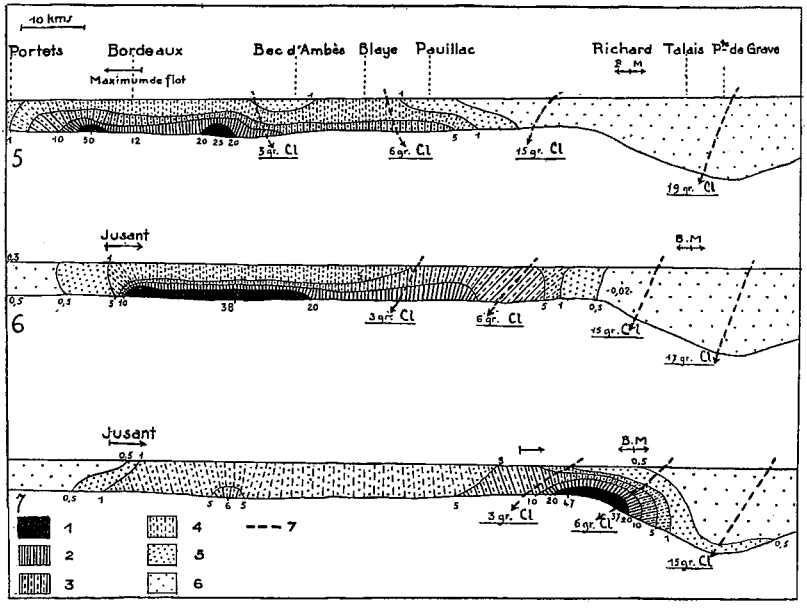


Fig. 5, 6 et 7. — Mouvement des troubles au cours d'une marée dans l'estuaire entre Bordeaux et la Pointe de Grave.

Les lignes de gros tirets correspondent aux *courbes isohyalines* avec 3, 6, 15 et 19 gr. de Cl. par litre.

Les figurés représentent les pourcentages de turbidité dans chaque zone. Cette turbidité a été déterminée par des prélèvements effectués par 50 stations fonctionnant simultanément entre Portets et la Pointe de Grave pendant toute une journée. Dans chaque station, les prélèvements avaient lieu toutes les demi-heures au fond et à la surface. Les courbes intermédiaires sont extrapolées. 1 : plus de 20 gr. de troubles par litre. — 2 : 10 à 20 gr. — 3 : de 5 à 10 gr. — 4 : de 1 à 5 gr. — 5 : de 0,5 à 1 gr. — 6 : moins de 0 gr. 5 par litre.

Fig. 5, le 27 septembre 1893, à 16 h. P. M. à l'embouchure. — *Fig. 6*, le 27 septembre 1893 à 12 h. 30, marée (105) ; basses eaux à la Réole ; B. M. à l'embouchure.

Fig. 7, le 12 octobre 1893, marée 94, hauteur d'eau 3 m. 40 à la Réole (petite crue) ; B. M. à l'embouchure.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

à la rivière, il y a en outre des variations verticales, en fonction de la profondeur, du temps [13] et de la composition chimique de l'eau.

Nous n'examinerons ici que les *variations longitudinales*. Dans la *partie fluviatile* de la Garonne, on constate qu'en dehors des périodes de crues, la quantité de matières en suspension est généralement assez faible. Ceci peut être dû au fait qu'il existe peu d'éléments fins sur le fond de la rivière, par suite, les phénomènes tourbillonnaires ne peuvent que difficilement s'alimenter en particules fines. Celles-ci arrivent du Tarn ou du Lot au moment des crues et ne s'arrêtent pas dans cette partie, elles passent en transit.

Par contre, entre Bordeaux et Pauillac (fig. 5), la quantité de matières en suspension, entre deux crues, augmente brusquement et atteint par place, des maximas dépassant 40 gr. au litre, près du fond (mesures de 1893). Il y a généralement deux maxima, séparés par une région moins riche en troubles. On constate ainsi ce fait paradoxal, qu'il y a beaucoup plus de troubles en suspension en aval de Bordeaux qu'il n'y en a en amont. Cette localisation peut s'expliquer en partie par la nature vaseuse du fond, et par la présence d'une zone de vitesse plus réduite (estuaire) entre deux zones de vitesses plus grandes (fleuve en amont de Bordeaux et embouchure). Il y a aussi la largeur de l'estuaire qui joue un rôle dans l'intensité des échanges tourbillonnaires. Une explication satisfaisante, en cours de vérification, est l'existence d'un décalage entre l'onde de jusant et l'onde de troubles.

Cette concentration dans l'estuaire est surtout nette en été où les apports de la Garonne et de la Dordogne sont très faibles, tandis qu'il existe une quantité considérable de matières en suspension entre Bordeaux et Pauillac. L'action de la température et des phénomènes bio-chimiques permettent d'expliquer l'accroissement saisonnier en troubles. Les stock de troubles en suspension dans l'estuaire au cours d'une marée, représentent environ le quart du *débit annuel* de troubles de la Garonne et de la Dordogne.

Je nommerai ce stock de troubles d'estuaire, le *bouchon-vaseux*. Ce bouchon oscille à chaque marée, remontant avec le flot et descendant avec le jusant. Le stock est maximum au moment des basses eaux de la Dordogne et de la Garonne. Par contre, au moment des grandes crues, l'eau douce refoule l'eau salée. Le stock des matières en suspension est alors chassé jusqu'à l'embouchure (fig. 5).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Une évacuation de moindre importance peut être produite par les grandes marées (coeff. 105) sans intervention de la crue.

Après une crue qui apporte des matières en suspension, il y a ainsi moins de troubles dans l'estuaire qu'avant la crue. *Les dépôts de troubles se font donc entre deux crues dans l'estuaire, et coïncident au contraire avec les crues au delà de l'embouchure.* Dans la partie fluviatile de la rivière, le dépôt de troubles peut se produire entre deux crues, dans les quelques points où les conditions tourbillonnaires sont favorables.

En arrivant à la Pointe de Grave, des phénomènes tourbillonnaires augmentent de nouveau d'intensité (fig. 1). Au contact même de la digue de la Pointe de Grave, il existe une fosse à parois très inclinées atteignant 30 m. de profondeur. Elle paraît, d'après l'aspect des tourbillons de surface, correspondre à un tourbillon à axe vertical de position à peu près fixe (rouleau). Les vitesses instantanées peuvent être ici assez grandes. On constate que des blocs de la jetée sont entraînés. Le creusement a dû atteindre, ici et dans le chenal, les couches flandriennes sous-jacentes. Les galets *contenus dans ces couches fossiles sont ainsi remis en mouvement et réincorporés dans les sédiments actuels.* Un ou deux rouleaux analogues mais de moindre importance, paraissent devoir exister à la partie est de la pointe du Bec d'Ambès et amèneraient la formation des bancs de la pointe du Bec.

Dans la *région du plateau de Cordouan* atteinte par les vagues (zone L), les phénomènes tourbillonnaires sont beaucoup plus complexes que dans le cas d'une rivière. Ils ne peuvent être analysés ici d'une façon simple. Les particules transportées en suspension peuvent devenir très grossières dans la région où les lames sont brisantes. Derrière l'écran des îles d'Oléron et de Ré, les matières fines peuvent par contre se déposer suivant le mécanisme décrit p. 610.

3° Origine géologique des dépôts.

En accord avec les travaux de MM. Chaput [1] et Dubois [5], j'ai montré [11] d'après des sondages récents que l'estuaire de la Gironde correspond à l'embouchure à *un ou plusieurs chenaux anté-flandriens.* Le fond de l'un d'eux dépasse la cote (— 40) à la pointe de Grave. Le fond de ce chenal était assez compliqué au point de vue topographique. Il existait notamment à l'embouchure des *îlots* ou *des buttes témoins* (Ile de Cordouan-Saint-Nicolas, Jau, etc.), séparés par des dépressions. Ce chenal pré-flandrien a

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

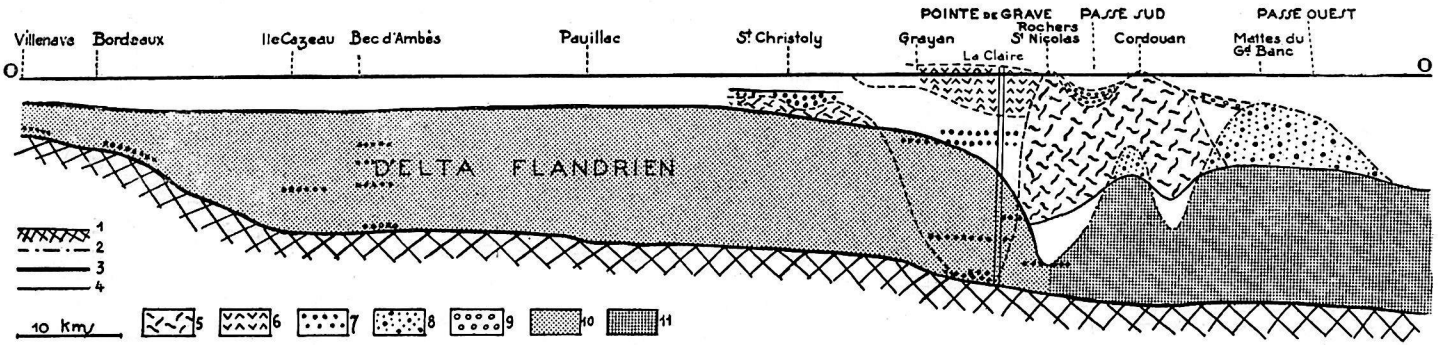


FIG. 8. — Coupe du fond de la Garonne, de la Gironde et de l'embouchure suivant l'axe du chenal et suivant l'Ile de Cordouan (14. km.) l = 1/714.000, h = 1/1.500.

1 : Fond rocheux anté-quaternaire. — 2 et 3 : Profil *actuel* du fond du chenal, à l'embouchure (2) et dans la Gironde (3). — 4 : Profil du chenal à l'embouchure, *en 1675*. — 5 : Projection de l'ancienne côte anté-flandrienne (îlot de Cordouan et haut-fond de Saint-Christoly), sur le plan du chenal actuel. — 6 : remblaiement éolien récent (Pointe de Grave). — 7 : Niveaux de galets intercalés dans la série de remblaiement post-thyrrhénienne. Sur le haut-fond de Saint-Christoly, les galets appartiennent à un cordon littoral marin du Flandrien. En face de la Claire, la ligne de tirets limitant les figurés 5, 6 et 7 représente le profil du haut-fond de Saint-Christoly et de l'îlot de Cordouan. Entre les deux apparaît la dépression anti-flandrienne de la Pointe de Grave, séparant le Médoc de l'îlot de Cordouan. — 8 : *Remblaiement* par déplacement des *bancs sableux marins, de 1675 à nos jours*. Le *creusement* entre ces mêmes dates correspond au blanc séparant les lignes 2 et 4. — 9 : Galets actuellement en mouvement sur les platures de Cordouan. — 10 : Série de remblaiement à éléments surtout *fluviatiles* (Garonne, Dordogne). — 11 : Série de remblaiement, d'origine *mixte*, à éléments éoliens, marins et fluviatiles (voir fig. 1).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

été ensuite remblayé, jusqu'à l'époque actuelle par des sédiments qui, en soudant, sur le bord ouest les différentes buttes ont formé la Pointe de Grave. Dans la partie médiane, le remblaiement laisse au-dessous de la cote zéro, un chenal de navigation. On a ainsi un *énorme delta fluviatile immergé* depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'en amont de Bordeaux sur 96 km. de long (fig. 4). Sous Bordeaux, il atteint 18 m. d'épaisseur (M. Balland) et encore 10 m. à Villenave d'Ornon (Mme Malvesin-Fabre). On peut évaluer son volume à $13\text{-}10^9$ m^3, ce qui pour les dépôts sablo-vaseux actuels de la Garonne et Dordogne ($55\text{-}10^4$ m^3 par an) donnerait *une durée de 23.600 ans environ pour le remblaiement.*

Le remblaiement flandrien qui offre des couches à galets et des niveaux marins que j'ai décrits par ailleurs [11] se termine par les dépôts actuels étudiés dans cette note. On doit en outre noter, depuis Saint-Christoly jusqu'à l'isobathe —50, l'existence de *plusieurs lignes de rivages quaternaires et en partie flandriennes* se traduisant par des dépôts plus grossiers que ceux apportés actuellement

Sur un profil longitudinal de la rivière, de l'estuaire et de la région littorale (fig. 6) la grosseur des éléments actuels est maximum au moins dans deux régions, l'une en amont de Portets (galets de 14 cm.), à plus de 120 km. de l'embouchure, et l'autre au delà de l'embouchure, dans la région du plateau de Cordouan (galets de 12 cm.). En aval de chacune de ces régions, les grosseurs décroissent *dans l'ensemble* (faciès global) d'une façon plus ou moins régulière. Il y a toutefois une variation brusque de grosseur en passant dans l'estuaire à quelques km. en amont de Bordeaux.

Si l'on tient compte des dépôts de la fin du Flandrien qui sont sensiblement au niveau des dépôts actuels, et peu éloignés de ceux-ci au point de vue du temps géologique, il apparaît à *des altitudes voisines* entre Bordeaux et le plateau continental, plusieurs récurrences de faciès grossiers avec des graviers et des galets pouvant atteindre 5 à 6 centimètres.

La notion simple de la diminution régulière des grosseurs et de l'altitude des dépôts saumâtres et littoraux de l'amont vers l'aval est donc trop schématique et peut causer de graves erreurs d'interprétation. Il faut donc chercher, en l'absence de fossiles, d'autres caractères pour séparer les différents faciès de la bordure continentale. En effet, les débris coquilliers actuels sont généralement peu abondants dans toute la région que nous étudions, sur une bande de plus de 150 km.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

IV. DÉFINITION DES FACIÈS FLUVIATILES, COTIDAUX ET LITTORAUX. APPLICATION AU CAS DE LA GIRONDE ET DE LA COTE GASCONNE

D'après les données que nous venons d'exposer, on voit que les éléments formant un dépôt peuvent provenir, soit d'apport par roulement ou saltation, soit d'apport par suspension, et enfin, d'éléments floculés ou cristallisés. D'autre part, dans un dépôt en train de se former, on peut envisager deux catégories d'éléments : d'une part, des éléments *plus ou moins stabilisés* qui restent sur place et, d'autre part, des éléments *encore en mouvement*. Enfin, des dépôts d'âge différent peuvent se mélanger. On conçoit qu'en combinant les différents facteurs dynamiques, on puisse obtenir une *grande variété de dépôts* et de courbes granulométriques depuis la région de La Réole jusqu'à l'isobathe de —500 m.

Pour *définir un faciès pétrographique*, on peut employer plusieurs méthodes. On peut d'abord envisager les variations possibles, l'arrangement et le faciès moyen des différents types de dépôts dans une zone dynamique déterminée, par exemple le complexe nettement fluviatile entre La Réole et Langon, les dépôts d'estuaire et les dépôts côtiers de la zone de balancement des marées entre Bassens et la Pointe de Grave, et la Pointe de la Coubre (zone qui peut être appelée zone d'estuaire ou zone cotidale), les dépôts du plateau continental au-dessous de l'isobathe — 40. Dans chacune de ces *zones dynamiques*, il y a des dépôts variés, sableux, vaseux et caillouteux, mais l'arrangement de ces faciès de détail et les valeurs moyennes statistiques, se présentent de façon assez différente pour chaque zone. C'est ce mode d'arrangement qui correspond à ce que je nommerai le *faciès global*.

Ensuite, dans chaque faciès global, il peut y avoir, soit des caractères spécifiques locaux, comme la présence de grains éoliens au delà de l'embouchure et de la région côtière, ou des caractères minéralogiques (présence de glauconie ou minéraux lourds) ou des caractères pétrographiques tels que la sphéricité des grains, la présence de grains éoliens, et la forme des courbes granulométriques. Ces caractères de second ordre permettent parfois de définir les faciès.

1° Faciès globaux.

Pour définir les faciès globaux des sédiments, nous allons

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

préciser les caractères dynamiques globaux de chaque zone, en envisageant plus particulièrement le cas de la Gironde.

A) Partie fluviatile (zone F). — La partie fluviatile est caractérisée par la présence de courants de direction sensiblement constante, mais les vitesses, la profondeur et les débits sont variables. Les dépôts sont plus ou moins reliés au phénomène de crue.

Si entre La Réole et Bègles on taille à la drague dans un banc une excavation dont les dimensions sont supérieures à 3 ou 4 m. de largeur, 50 m. de long et 4 ou 5 m. de profondeur, on constate que dans une telle cavité il ne se produit que pas ou peu de dépôts entre deux crues. L'excavation est, par contre, *rapidement comblée en quelques jours au moment des crues*, surtout par des apports de traction. Pour des crues sensiblement de même importance, le sédiment neuf qui reforme le banc a la même composition granulométrique que celui enlevé par le dragage. L'existence de bancs de sable de nature différente en amont de cette dépression artificielle ne modifie pas le phénomène.

Donc, à chaque point de cette partie stabilisée de la rivière correspond ensuite actuellement une *constante dynamique de triage* qui se traduit par la constance granulométrique des dépôts au moment des crues. L'existence de cette *loi de constance granulométrique* pour une rivière stabilisée, est en accord notamment avec les faits observés par Schoklitsch et Ehrenberger sur le Danube.

Si, au lieu de tailler une grande excavation, on creuse à la benne un trou de 3 ou 4 m. de diamètre, on constate qu'il *se dépose* alors, dans ce trou, *entre deux crues*, des sédiments beaucoup plus fins (vase) que le banc initial. Il y a probablement un phénomène tourbillonnaire local. On voit donc que la loi de constance granulométrique ne joue pas entre deux crues et dans le cas d'une cavité de petite dimension.

Le premier maximum de courbes F peut aussi être attribué aux dépôts entre les crues et le deuxième aux dépôts de crues (hypothèse en cours de vérification).

Les crues sont souvent séparées par un temps assez long. Aussi, une *lentille de crue sera généralement nettement distincte* de la précédente avec dépôts fins intermédiaires, peu abondants et très irréguliers, se logeant dans les cavités des dépôts précédents. D'autre part, les lentilles de crues déposées dans des parties de la rivière ayant des caractères dynamiques différents (côtes concave ou convexe), auront aussi des caractères granulo-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

métriques différents. Ces derniers restent par contre assez constants sur toute la longueur de la même lentille. Dans ce faciès, les dépôts de transport par *traction sont nettement dominants avec peu ou pas d'apports tourbillonnaires et peu ou pas d'apport de floculation.* Une étude détaillée permet ainsi de reconnaître un tel type de « faciès global » fluviatile.

On constate en outre que la *grosseur moyenne* des sédiments calculés sur des tranches de 2 à 3 km, de long, diminue de façon assez régulière de La Réole vers Bordeaux, avec une diminution brusque à quelques km. de Bordeaux.

B) Zone de l'estuaire et zones côtières abritées soumises aux oscillations des marées (zone E) ou cotidale. — Dans la zone de l'estuaire, il se produit des phénomènes oscillatoires réguliers avec renversement dans la direction des courants deux fois par jour, ainsi que l'avait déjà fait remarquer M. P. Rivière [20]. Par suite, le fond est soumis alternativement deux fois par jour, soit à un phénomène de sédimentation, soit à un phénomène d'érosion. En outre, dans cette zone, les phénomènes de crues apportent des perturbations supplémentaires que j'ai indiquées précédemment. Par suite, en un point donné de l'estuaire et pour une journée, les conditions de dépôt devraient être indéterminées et soumises aux lois du hasard.

Cette indétermination journalière qui existe pour toute une tranche de l'estuaire ne se manifeste souvent pas pour des points donnés où les courants peuvent avoir une *résultante efficace* assez constante en grandeur, en direction, pendant plusieurs mois.

En ces points, le triage granulométrique sera assez régulier. On aura alors des courbes granulométriques indiquant, soit un dépôt, dans un courant assez constant, soit un sédiment lavé d'une façon plus ou moins régulière. Même dans ce cas déterminé, le dépôt variera d'une façon incohérente et sans limite nette, d'un point à l'autre de l'estuaire. Il y aura indétermination spaciale sans indétermination ponctuelle.

Dans le cas extrême, l'indétermination même en un point est complète ; *la répartition des grains obéit alors au calcul des probabilités et donne alors une des courbes pouvant être reliée à la courbe de Gauss.* Nous avons observé un tel type de courbe (E_1, E_4, L_4, fig. 3) en quelques points de l'estuaire.

D'autre part, les sédiments sableux et vaseux fins de l'estuaire étant fréquemment remis en suspension, n'offriront pas de couches nettement délimitées. En effet, ces dépôts se forment généralement avec des remises en mouvement quotidiennes pendant la période assez longue qui sépare deux crues. Ils ont aussi

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

fréquemment un aspect *granuleux mal orienté*, En outre les éléments floculés rares dans le fleuve apparaissent ici dans les « courbes standards » (E_1, E_2, fig. 3).

Les *grosseurs moyennes* calculées pour des tranches successives de l'estuaire paraissent assez constantes sur toute l'étendue de l'estuaire, entre Bassens et la région de Richard. La grosseur varie par contre latéralement dans chaque tranche suivant que l'on se trouve dans l'axe des chenaux, les seuils, les mouilles et les bancs latéraux.

C) Dépôts littoraux et néritiques (Zones L et N). — Dans la *zone soumise à l'action des vagues et de la marée* (zone L), le triage se fait entre deux crues suivant le principe des lignes neutres de Cornaglia, avec une diminution des grosseurs en allant vers le large. Il y a toutefois toute une série de phénomènes de détails qui rendent ces faciès littoraux assez complexes et irréguliers, par exemple sur le plateau de Cordouan et le Grand Banc (courbes L_1 à L_6, fig. 3) et fig. 1.

Au delà de l'isobathe (— *20*), dans les régions peu influencées par la marée (zone N), les apports se font avec une certaine lenteur entre deux périodes de crues, et donnent des sédiments riches en éléments sableux apportés par traction. Au moment des crues, un apport brusque de troubles donne des dépôts de caractère granulométrique différent. Dès que ceux-ci se sont sédimentés, le mécanisme habituel de triage et de transport par traction recommence à fonctionner. On observe ainsi une *alternance assez régulière de lits sableux et de lits argileux ou micacés.*

Ces derniers offrent souvent une *texture feuilletée* mieux orientée que les dépôts de l'estuaire. Ils sont riches en éléments floculés. En outre, chacune des couches alternantes est ici nettement distincte de celles situées au contact. Pour chaque strate, il y a une grande continuité spatiale, due à l'homogénéité de la sédimentation avant et après chaque crue. Toutefois, il y a parfois mélange des deux apports, soit dans la nature soit au moment de la prise d'échantillon (courbes à 2 maxima).

Ces caractères de la zone néritique peuvent parfois être troublés par l'existence de courants variables et le déplacement de bancs dus aux courants côtiers.

Les formations de la zone soumise aux oscillations des marées, présentent d'intéressantes analogies avec les *formations molassiques* (caractères d'indétermination, limites indistinctes et de dépôts mixtes). Au contraire, les alternances régulières de couches dans la zone néritique au delà de l'isobathe — 20 pourraient être rapprochées de celles du *faciès* « *flysch* ».

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2° Les courbes granulométriques.

Les courbes granulométriques reflètent souvent les phénomènes dynamiques s'exerçant dans la région où sont prélevés les échantillons, ainsi que MM. J. Bourcart [2], Gripenberg [15], Pratze, Prenant, A. Rivière [20], Trask, etc., l'avaient prévu, et que je viens de le préciser, théoriquement et pratiquement, pour des conditions bien déterminées au point de vue hydrodynamique.

Le texte est trop limité ici pour que je puisse décrire et interpréter en détail les nombreuses courbes qui ont été établies pour toute la région située entre La Réole et l'isobathe — 50. Mais nous pouvons dire que dans l'ensemble le *phénomène dynamique* reflété par une quelconque de ces courbes n'est *pas caractéristique d'un faciès donné* (fluviatile, estuaire, néritique). Il faut pour pouvoir les interpréter, envisager un *ensemble de courbes* (fig. 3) correspondant à un territoire assez étendu et tenir compte de tous les facteurs dynamiques, physiques et chimiques pouvant intervenir. L'existence de traits dominants et de séries évolutives, permettent alors de déterminer à quelle zone appartient le territoire étudié.

En outre, le calcul des *valeurs moyennes* par les méthodes statistiques donnent des résultats importants pour définir chacune de ces zones.

Si nous prenons, par exemple, des courbes à deux maxima (S et T, fig. 3), nous constatons qu'elles existent dans toutes les zones ; mais les maxima sont surtout bien distincts dans les zones marines au delà de l'isobathe — 30 dans les dépôts d'anses littorales et les bancs fluviatiles où se mélangent les dépôts tourbillonnaires et ceux par traction. Dans ces cas, les apports tourbillonnaires, ceux par traction et les apports d'argiles floculés sont faciles à reconnaître avec la méthode indiquée au début. MM. J. Bourcart [2], Prenant et A. Rivière [15] avaient signalé des types de courbes à deux maxima dus à des mélanges de stocks sableux d'origine et d'âge différents. Dans notre région, il apparaît aussi parfois des maxima supplémentaires, dus à l'existence de dépôts anciens, généralement plus grossiers (pl. 2, fig. 3), surtout d'âge flandrien et des maxima dus à la différence de vitesse de transport avant et après les crues.

Au contraire, dans les chenaux fluviatiles, ce sont les courbes avec un maximum dissymétrique très développé et les courbes de sédiments lavés qui dominent, avec surtout des éléments apportés par traction. Dans ces chenaux de l'estuaire, les

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

courbes sont plus symétriques et comprennent surtout des apports en suspension, avec plus ou moins de floculats. Pour pouvoir être interprétées, il est nécessaire que les courbes aient été faites avec des *méthodes exemptes d'erreurs* et que l'on puisse distinguer les maxima secondaires dus *à des sédiments d'âge différent* de ceux *dus au mode de transport* et de ceux dus à la peptisation des argiles floculées dans les « courbes standards ».

Faute de place, je ne peux définir ici les autres caractères pétrographiques et minéralogiques qui sont moins importants.

CONCLUSIONS

Les théories générales, basées sur les faits actuellement connus et très brièvement résumés dans cette note, doivent être considérés, actuellement, plutôt comme des hypothèses de travail que comme des résultats définitifs. L'étude de la « Pétrographie dynamique » ainsi ébauchée, exigera encore de nombreuses recherches dans des régions variées ; mais dès maintenant, il apparaît que les études quantitatives permettent de séparer au point de vue pétrographique les différentes zones de la marge continentale (zone fluviatile, d'estuaire, littorale, etc.).

Ces notions sont applicables à ce que j'ai appelé *faciès globaux* et non aux *faciès de détail* qui sont rarement caractéristiques pour une zone donnée. Pour reconnaître une de ces zones on doit étudier au point de vue pétrographique une surface assez grande de couches de même âge.

En effet, pour les dépôts de la marge continentale, en l'absence de fossiles et *en examinant seulement des affleurements isolés, il est facile de confondre un dépôt fluviatile avec un dépôt littoral situé à 100 km. de là.* De même, pour des raisons analogues, des couches rigoureusement contemporaines peuvent être attribuées à des niveaux différents.

On peut donc se demander si, dans bien des cas, il n'est pas indispensable, pour atteindre vraiment la précision désirable, dans des études de *stratigraphie fine*, portant sur des faciès continentaux ou néritiques, d'effectuer de nombreuses *analyses pétrographiques quantitatives.*

Note ajoutée après l'impression.

La remarquable vue d'ensemble que vient de faire paraître M. Bourcart, sur l'origine du Plateau continental et de ses dépôts, aborde des problèmes intéressant directement le Golfe de Gascogne, les Landes et la Gironde. M'étant limité aux phénomènes actuels et

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

à la Pétrographie sédimentaire, je n'ai pas voulu étudier dans cette note, très condensée, les questions stratigraphiques et tectoniques. Dans des publications ultérieures, je préciserai les interprétations concernant les dépôts pliocènes et quaternaires de cette région. J'en ai déjà esquissé les grandes lignes dans trois courtes notes. J'ai, dès maintenant, le plaisir de souligner que mes observations locales se rencontrent en beaucoup de points avec les intéressantes idées générales exprimées par M. Bourcart. Toutefois, il me paraît difficile de considérer le cordon littoral à sables *glauconieux* et galets, situé sur le Haut-fond de Saint-Christoly (à 26 km. à l'intérieur de la Gironde) et contenant toute une *faune marine* d'*espèces actuelles* du Golfe de Gascogne, comme un représentant de la régression monastirienne. Ce dépôt caractérise, à mon avis [12], la transgression flandrienne.

BIBLIOGRAPHIE RÉGIONALE SOMMAIRE

On trouvera pour les phénomènes généraux de transport et de sédimentation, une bibliographie abondante dans le numéro [14].

1. Chaput. — Recherches sur l'évolution des terrasses de l'Aquitaine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. LVI, p. 16-200, 1927, 4 pl.
2. J. Bourcart. — Sur la possibilité de déterminer l'origine d'un ensablement par l'étude des courbes de fréquence granulométriques. *C. R. Somm. S. Géol. Fr.*, Paris, 1937, f. 4-5, p. 49-50.
3. L. Berthois, J. Furnestin. — Étude des sédiments dragués par le « Président Théodore Tissier » (Plateau continental Celte-Manche et Mer du Nord. *CR. Ac. Sc.*, Paris, 1937, t. 204, n° 25 (24 juin 1937).

3 *bis*. J. Furnestin. — C.R. de Dragages géologiques de la 4e croisière du *Président Théodore Tissier*. *Rev. Trav. off. Perch. Mar.*, t. X., fasc. 2, 1937.

4. Dangeard. — Observations de Géologie sous-marine et d'Océanographie relatives à la Manche. *Annales Institut Océanographique*, nouv. série, t. VI, 1927.
5. Dubois. — Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France. Thèses Sciences, Lille, 1924, 356 p., 1 fig., IV pl., 1924.
6. — Un tableau de l'Europe Flandrienne. *Livre Jubilaire S. G. F.*, Paris, 1930, t. I, p. 263-277, 8 cartes.
7. M. Dutroit. — De Mutationibus orae fluviatilis et maritimae in Peninsula Medolorum et Garumnae fluminis ab antiquissimus temporibus ad hodiernus diem. Thèses Fac. Lettres, Bordeaux, 1896.
8. L.-A. Fabre. — La Magnétite pyrénéenne dans les sables grossiers. *Bull. Géogr. historique*, n° 1, p. 132-148, 2 fig. Paris, 1902.
9. A. Fabre. — Les dépôts alluviaux de la Gironde du Bec d'Ambès à l'embouchure. *P. V. Soc. Linn.*, Bordeaux, t. LXXXVIII, p. 98-104, 1936.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

10. A. Fabre. — Observations sur le littoral du Bas Médoc. *P. V. Soc. Linn.*, Bordeaux, t. LXXXVIII, p. 115-118, 1936.
11. Fargue. — Expériences relatives à l'action de l'eau courante sur fond de sable. *Annales Ponts et Chaussées*. Mém. et Documents, 7e série, 1894, p. 426-466, pl. 11 à 19.
12. L. Glangeaud. — Sur les dépôts marins du Flandrien dans l'estuaire de la Gironde. *P. V. Soc. Linn.*, Bordeaux, t. LXXXVII, p. 83-89, 3 avril 1935.
13. — Sur une méthode d'étude des troubles en suspension dans les estuaires et les fleuves. *C. R. Acad. Sciences*, Paris, t. 205, p. 1667, 30 mai 1938.
14. — Etudes quantitatives et expérimentales sur l'érosion et le transport par les eaux courantes. *Revue Géographie physique et Géologie dynamique*, Paris, 1938, 75 p., 15 fig., 1 pl.
15. S. Gripenberg. — A study of the sediments of the North Baltic and adjoining Seas. Havsforskning I. Skrift, Helsinki, 1934, n° 96, 231 p., 44 fig.
16. N. Hautreux. — De Bordeaux à la Mer. *Bull. Soc. de Géogr. Commerciale de Bordeaux*. 24e année, 1886, p. 43, 97-129, 161.
17. F. Hjulstrom. — Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the Rivers Fyris. *B. Geol. I. U. Upsala*, Upsala, 1935, v. XXV, p. 221-258, 50 fig., pl. VI-VIII.
18. Lévêque. — Bordeaux et l'estuaire Girondin, avec annexe sur les sondages hydrographiques par M. Fischer. 1 vol., 167 p., 96 fig., 3 pl., Bordeaux, Imprimerie Delmas, 1936.
19. M. W. Manen. — Étude sur le port de Bordeaux, ch. I. État de la partie maritime de la Garonne, sa navigabilité, Bordeaux, 1867, in-8°, 91 p.
20. A. Rivière. — Contribution à l'étude géologique des sédiments sableux. *A. I. Océa.*, Paris, 1937, t. XVII, f. 4, p. 213-240, 8 pl.
21. P. Urbain. — Introduction à l'étude pétrographique et géochimique des roches argileuses, 2 vol., 60 + 83 p. *Actualités Scientifiques et industrielles*, Hermann édit., Paris 1937.
22. — Texture microscopique des roches argileuses. *Bull. Soc. Géol. France*, 5e série, t. VII, p. 341-352, 1 fig., 2 pl., 1927.
23. Volmat. — Reconnaissance de l'estuaire de la Gironde. Recherches hydrographiques sur le régime des côtes. *Service hydrographique de la Marine*, 1930.
24. Welsch. — Notes géologiques sur les environs de Lesparre et de Blaye. *Bull. Serv. carte géol. France*, 1911, p. 431-454.
25. — Sur la présence de haches néolithiques dans l'argile à Scorbiculaires des marais maritimes de l'Ile d'Oléron, Charente-Inférieure. *C. R. Séance Soc. Géol. Fr.* du 2 mars 1914.
26. — Fixité de la Côte Atlantique du Centre-Ouest de la France. *Annales de Géographie* du 15 mai 1914.
27. — L'argile à Scorbiculaires des Marais maritimes du Centre-Ouest de la France. *B.S.G.F.*, 4e, XIX, p. 46-61, 2 fig.
28. — Le Marais Poitevin, étude de terrains modernes. *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 137, 68 p., 12 coupes et fig., 2 pl., cartes,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Sauroptérygiens du Jurassique du Calvados

par **A. Bigot** [1].

Planche XXXVII-XXXVII *bis*.

Murænosaurus (?) *Mazetieri* n. sp.

Le fragment de crâne qui va être décrit a été recueilli dans les argiles calloviennes à *Kepplerites gowerianus* [2] de la Tuilerie du Fresne d'Argences par M. Mazetier. Il fait partie de la collection donnée par ce géologue au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Caen (Pl. XXXVII fig. 1 et 2).

Le crâne, légèrement écrasé, est brisé au niveau du bord antérieur des orbites et sa partie postérieure manque.

Tel quel, ce fragment a la forme générale d'un triangle, dont l'extrémité antérieure des intermaxillaires forme le sommet arrondi. La base, correspondant à la ligne qui relie les orbites en avant, mesure 16 cm. La longueur du fragment, compte tenu de l'état de la partie antérieure des intermaxillaires, a environ 16 cm. Par suite de l'écrasement, le fragment, en arrière, n'a que 8 cm. de hauteur.

Les sutures des os ne sont pas toujours très apparentes ; leur trajet est parfois caché par un dépôt de pyrite. Cependant, on peut délimiter assez exactement les os sur les faces supérieure et inférieure du crâne. Les figures dans le texte indiquent la disposition des sutures et la forme des os qu'elles délimitent.

Face supérieure. — Elle est à peine bombée ; ce caractère a été à peine accentué par l'écrasement. La surface est lisse, légèrement chagrinée.

Par suite de la rupture en avant des orbites (*orb*), une partie seulement des frontaux (*fr*) a été conservée, en arrière de l'orifice externe des narines externes (*nar. e*). Celles-ci sont bordées du côté interne par des préfontaux (*fra*). Les maxillaires (*mx*) et les intermaxillaires (*imx*) forment la presque totalité de la surface supérieure en avant des orbites. Les maxillaires, triangulaires, forment en arrière le bord des orbites, qui est légèrement

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.

2. A. Bigot. Le Callovien du Fresne d'Argences (Calvados). *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 9e s., t. I, p. 45-52, Bull. mens., séance du 7 mars 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

surélevé ; en avant, ils sont éloignés de la ligne médiane par la partie postérieure des intermaxillaires. Ceux-ci sont très développés, séparés l'un de l'autre par une suture médiane ; chacun d'eux est arrondi en avant, rétréci en arrière.

Face palatine. — Elle est plane. Les os qui la forment sont assez dissymétriques et cette dissymétrie ne résulte pas du déplacement des os mais de leur forme.

La partie postérieure des deux bords de la face palatine est formée par les maxillaires (*mx*), qui sont incomplets en arrière. La région médiane est formée en arrière par un os plat, irrégulier, brisé en arrière ; par sa position et ses relations avec les os voisins, c'est le ptérygoïde (*pta*) ; il n'y a pas de cavité médiane ; à son extrémité antérieure, le ptérygoïde envoie latéralement deux prolongements qui bordent en arrière les narines internes (*nar. i*). Les *palatins* (*pta*) s'intercalent entre le ptérygoïde et les maxillaires. — Sur la ligne médiane, le vomer (*v*) prolonge en avant le ptérygoïde ; il est rétréci en avant, séparé en deux moitiés latérales par une suture linéaire bien accusée. Les maxillaires (*mx*) sont larges ; en avant, ils bordent les narines internes, qui sont allongées, ovalaires. Les intermaxillaires (*imx*) sont séparés en arrière par le vomer ; ils occupent presque toute la surface palatine en avant des maxillaires ; cette surface est cependant moins étendue que celle qu'ils occupent sur la surface supérieure.

Dentition. — Chaque intermaxillaire est creusé de 4 alvéoles ; deux de ces alvéoles sont creusées dans le bord antérieur arrondi des intermaxillaires. Les alvéoles s'enfoncent obliquement de haut en bas et d'avant en arrière ; celles du bord antérieur deviennent presque parallèles à la surface du museau. Les alvéoles des trois premières paires antérieures sont grandes et profondes ; celles de la quatrième paire sont plus petites.

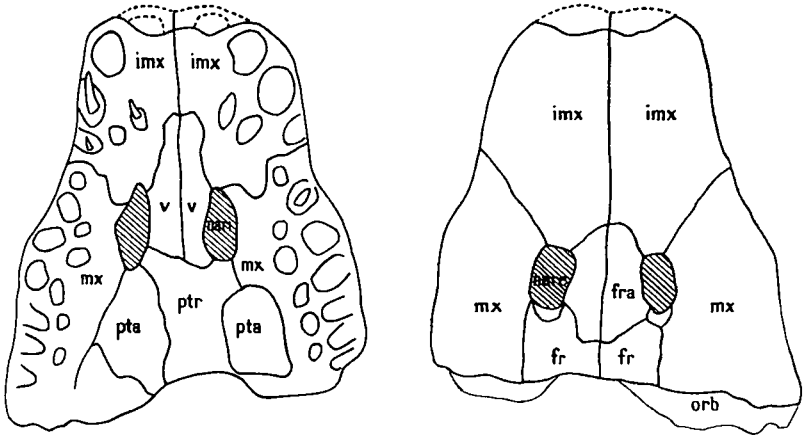
Sur la partie conservée des maxillaires on compte, du côté gauche, 10 alvéoles. Comme celles des intermaxillaires, elles sont obliques de haut en bas et de dehors en dedans ; les 3e et 4e alvéoles situées en arrière de la suture avec l'intermaxillaire sont plus grandes que les autres.

Ces alvéoles des dents fonctionnelles forment une rangée voisine du bord externe maxillaire. Elles sont doublées, du côté interne, par une rangée d'alvéoles plus petites, dans lesquelles se développeront les dents de remplacement. Cette rangée interne d'alvéoles est signalée par Andrews chez *Muraenosaurus* [1].

1. Andrews. A descriptive Catalogue of the marine Reptilia of the Oxford-Clay, part I, 1910, p. 37 et 90.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Quelques dents sont demeurées en place. Elles sont démesurément petites, relativement aux dimensions des alvéoles dans lesquelles elles sont logées. Leur couronne est un cône très effilé, un peu courbe, avec les côtes caractéristiques des dents des Plésiosauriens.



Murænosaurus (?) *Mazetieri*

fr, frontaux ; — *fra*, frontaux antérieurs ; *imx*, intermaxillaires ; — *mx*, maxillaires ; — *nar. e*, narines externes ; — *nar. i*, narines internes ; — *pta*, palatins ; — *ptr*, ptérygoïdes ; — *v*, vomer.

Observations. — Le crâne décrit appartient au groupe des Plésiosauriens à museau court, comme le *Plesiosaurus dolichodeirus*, espèce type du genre, et les *Murænosaurus*. Par la forme générale de son crâne, le Plésiosaurien d'Argences devait être très voisin des *Murænosaurus* et en particulier de *M. Leedsi*, de l'Oxfordien de Peterborough, décrit et figuré par Andrews[1].

J'ai soumis des photographies de ce crâne à M. Swinton, conservateur au British Museum, qui a bien voulu me donner les renseignements suivants :

« Je pense, sans aucun doute, que le crâne est du type *Murænosaurus*. Il ne peut se rapporter à aucune des espèces décrites par Andrews, mais les proportions générales et l'arrangement des os sont semblables. Les principales différences sont la largeur, la longueur et la forme arrondie de la région prémaxillaire, et la largeur correspondante de la région alvéolaire... Le crâne est probablement d'un genre nouveau pour la science, mais il se place très près de *Murænosaurus*. Ce n'est ni *Pirocleidus* ni *Tricleidus*. »

1. *Loc. cit.*, p. 85 et 88, fig. texte 46 et 48, pl. III, fig. 1 et 2.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Je ne suis pas assez compétent pour proposer la création d'un genre nouveau. Je range donc provisoirement ce crâne dans le genre *Murænosaurus* en dédiant l'espèce à M. Mazetier qui l'a trouvé.

C'est jusqu'ici, à ma connaissance, le seul fragment de crâne de Plésiosaurien trouvé dans le Jurassique du Calvados.

En même temps que le crâne qui vient d'être décrit, M. Mazetier a recueilli au Fresne d'Argences un bloc qui contient 3 vertèbres cervicales en série. Ces vertèbres sont malheureusement en partie brisées et engagées dans un calcaire marneux très dur. Le centre de la vertèbre antérieure de cette série se montre par sa face antérieure, qui est ovalaire, plus large (5,8 cm.) que haute (4,9 cm.) ; elle porte deux pleurapophyses, rapprochées de la face inférieure. Les faces latérales sont assez fortement excavées au-dessus des pleurapophyses. La face inférieure est assez plate, excavée cependant dans le sens de la longueur.

On peut comparer cette vertèbre à la vertèbre cervicale antérieure de *Cryptocleidus oxoniensis* (Phillips) figurée par Andrews (*loc. cit.*, p. 170, fig. C et D).

Pliosaurus.

Ce genre est représenté dans le Callovien d'Argences par deux fragments de *mandibule*.

Le plus important comprend la partie symphysée et l'origine de la branche gauche.

La face inférieure a une largeur d'environ 11 cm. au niveau de la symphyse. La partie symphysée a une longueur de 10,3 cm. ; elle se rétrécit graduellement, mais légèrement en avant, où elle se termine par une courbe conique. La surface est ponctuée de petites fossettes allongées. En avant de la symphyse, la surface inférieure est peu bombée, mais régulièrement convexe ; en arrière de la symphyse, elle prend une forme en double talus, incliné vers l'extérieur.

Les deux branches de la mandibule divergent sous un angle d'environ 20 degrés. A l'origine de ces deux branches divergentes s'intercale un fragment d'os allongé, canaliculé, qui est probablement l'extrémité antérieure d'un des *spléniaux*.

La face supérieure est presque entièrement cachée par une marne grise, très dure, et par divers os, parmi lesquels est venue s'égarer une petite phalange. Cette face ne montre que la surface dentaire du côté droit, avec 9 alvéoles ; 5 de ces alvéoles sont situées en avant de la symphyse ; ces alvéoles sont très

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

grandes et profondes; l'antérieure a 2,5 cm. de diamètre. Les alvéoles jusqu'à la 6e sont de dimensions analogues, puis le diamètre diminue jusqu'à la dernière alvéole visible qui est la 9e.

Sur un fragment de la branche droite du maxillaire, qui ne se raccorde pas exactement avec le fragment précédent, on compte 7 alvéoles, dont le diamètre va en décroissant vers l'arrière.

Il ne reste que des sections de quelques dents ; elles étaient volumineuses, implantées obliquement. La section de l'une d'elles a 2,3 cm. de diamètre.

D'après les dimensions des alvéoles, les dents antérieures ne devaient pas être plus petites que les suivantes. Suivant Andrews, les dents antérieures de *Pliosaurus ferox* (SAUVAGE) devaient être plus petites que les suivantes; il n'en serait pas ainsi chez le *Pliosaurus* d'Argences.

Je ne puis rapporter cette mandibule à une des espèces décrites du Jurassique. La portion symphysée est plus courte que celle du *Pliosaurus grandis* OWEN et surtout que celle de *Peloneustes*. Elle est aussi plus régulièrement atténuée en avant, non dilatée.

La mandibule des *Pliosaurus* est caractérisée d'après Andrews, par la présence de 7 alvéoles sur la partie symphysée; on n'en compte que 5 sur la mandibule d'Argences. Mais il y en a 10 sur la partie symphysée de la mandibule du Kimméridgien du Havre, figurée sous le nom de *Pliosaurus grandis* OWEN, par Paul Fischer[1] et sous le nom de *Polyptychodon Archiaci* par Eugène Deslonchamps[2].

Pliosaurus cf. *ferox* (SAUVAGE).

Liopleurodon ferox SAUVAGE. *Bull. Soc. Géol. France*, 3e s., t. I, p. 378.

La collection géologique de la ville de Villers-sur-Mer contient une énorme dent que j'ai déjà eu l'occasion de signaler[3]. Elle a été recueillie dans les éboulis au pied de la falaise oxfordienne à l'Ouest de Villers par M. Quéromain, secrétaire de la mairie de Villers (Pl. XXXVII *bis*, fig. 1).

Cette dent a une longueur totale de 15 cm., mais il manque probablement une partie de la racine et l'extrémité de la pointe est brisée. La longueur de la couronne est d'environ 10 cm.

La dent a sa plus grande largeur à l'extrémité inférieure de la

1. *Nouvelles Archives du Muséum*, Mémoires, t. V, pl. XV, fig. 4, 1869.
2. LENNIER Études géologiques et paléontologiques sur les falaises de l'embouchure de la Seine, 1863, Atlas, pl. V, fig. 1 et 2.
3. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 9e s., t. I, séance du 10 janvier 1938, p. 8.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

racine (6 cm.). Elle se rétrécit graduellement en prenant une forme arquée. A l'origine de la couronne le diamètre est de 4 cm.

La couronne a une section circulaire, avec tendance à prendre vers la pointe la forme triangulaire arrondie. Sa surface est parcourue par de petites crêtes longitudinales. Sur la face interne de la dent, les crêtes sont au nombre d'une dizaine, assez saillantes vers l'extrémité de la dent, mais leur relief s'atténue en approchant de la racine et elles ne se distinguent plus par leur relief des nombreuses petites côtes qui sont intercalées entre elles. La face externe de la dent est presque lisse, sans crêtes longitudinales, mais elle est chagrinée dans le voisinage de la racine. Les faces latérales sont parcourues par des crêtes longitudinales ; quelques-unes, plus saillantes, sont continues.

Cette dent fait connaître l'existence, dans l'Oxfordien du Calvados, d'un Pliosaure qui devait être gigantesque. Les dimensions de cette dent sont cependant inférieures à celles de la dent figurée par Owen sous le nom de *Pliosaurus grandis*[1], mais dont les caractères sont différents. Les alvéoles de la mandibule de *Pliosaurus grandis* figurée par Owen[2] ont 5 cm. de diamètre. Pour loger la racine de la dent de Villers, l'alvéole devait avoir un diamètre d'au moins 6 cm.

M. Louis Dangeard a recueilli dans le Callovien du Mesnil de Bavent la couronne d'une grande dent qui est très semblable à celle de l'Oxfordien de Villers qui vient d'être décrite. Elle est brisée au niveau de la base de la couronne et la pointe est aussi un peu brisée (Pl. XXXVII *bis*, fig. 2, 2 *a*).

La couronne a une longueur de 10 cm., comme celle de Villers. Elle est plus effilée que celle-ci, conique, un peu arquée. La section au niveau de la racine est un ovale dont le grand axe, dirigé de l'intérieur vers l'extérieur de la dent, a 3,5 cm. de diamètre, et l'axe transversal 2,7 cm. de diamètre. L'ovale n'est pas régulier, il est plus étroit du côté interne que du côté externe. La couronne est creusée d'une cavité ovalaire qui est allongée de dehors en dedans ; la paroi de cette cavité a une épaisseur d'environ 0,6 cm. au niveau de la racine.

La face convexe de la dent est couverte d'un émail lisse. Les autres faces sont parcourues par de petites crêtes, d'abord peu nombreuses vers la pointe, mais de plus en plus nombreuses en approchant de la racine ; tout à fait au bord de celle-ci, elles sont très nombreuses, fines, flexueuses, et donnent à la surface un aspect chagriné.

1. Monograph of the Reptilia of the Kimmeridge Clay, *Pal. Soc.*, 1861, pl. XII. La dent est représentée en grandeur naturelle ; elle a 30 cm. de longueur.
2. *Id.* Mon. III, pl. III.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DES PLANCHES XXXVII ET XXXVII *bis*.

Planche XXXVII.

Murænosaurus (?) Mazetieri n. sp.

Fig. 1. — Crâne vu par la face supérieure 1/2.
Fig. 2. — Le même, vu par la face palatine.

Argiles calloviennes à *Kepplerites gowerianus* du Fresne d'Argences. — Collection Mazetier, Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Caen.

Planche XXXVII *bis*.

Pliosaurus cf. ***ferox*** (Sauvage).

Fig. 1. — Dent de l'Oxfordien de Villers-sur-mer, Gr. n. — Réc. Quéromain, Collection de la Ville de Villers-sur-Mer.
Fig. 2. — Couronne provenant du Callovien du Mesnil de Bavent, face interne, Gr. n. — Réc. Louis Dangeard, Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Caen.
Fig. 3. — Face latérale de la même dent.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Gisement bathonien de Saint-Martin-des-Palières (Var)

par **H. Parent** et **J. Germain** [1].

Le Bathonien de la région NW. du département du Var renferme une faune très pauvre [2] ; il existe cependant de ce côté, à la partie inférieure de la formation, un riche gisement d'Ammonites situé dans le Chaînon des Palières, au SW du village de Saint-Martin ; il nous a été possible de recueillir plusieurs centaines d'exemplaires bien conservés d'Ammonites *appartenant à 30 types distincts*. Certaines espèces pullulent et ont permis de réunir jusqu'à 50 échantillons d'une même forme.

La zone fossilifère en question s'observe à l'W de la route de Saint-Maximin à Saint-Martin-des-Palières, au lieu dit « Les Gardis », sur le flanc E des collines 523 et 534.

Au bord de la route, auprès d'un Oratoire, des bancs de calcaires compacts, brunâtres, à silex noduleux, contiennent à leur partie inférieure *Harpoceras* (*Ludwigia*) *Murchisonæ* Sow., de l'Aalénien, et à leur partie supérieure d'abondantes *Terebratula ventricosa* Hartm., *T. Phillipsi* Morr., *Rhynchonella distracta* Waag., *R. Pallas* Ch. et Dew., de rares *R. gingensis* Waag., *R. Edwardsi* Ch. et Dew., *Ctenostreon pectiniforme* Schloth., du Bajocien. A noter l'absence de la zone à *Witchellia*.

Des marno-calcaires de couleur grise surmontent, en contrebas de la route, les calcaires brunâtres bajociens ; le pendage général des couches est SE-NW. La surface du banc de calcaire compact qui termine le Bajocien est irrégulière, légèrement creusée et les marno-calcaires pénètrent dans les petites cavités ainsi formées (Ravin au N de l'Oratoire).

Dès les premiers bancs calcaréo-marneux on rencontre des formes d'Ammonites bathoniennes : *Perisphinctes* (*Procerites*) *Schlœnbachi* de Gross., *Parkinsonia postera* Seeb, *P. Schlippei* Roll., et quelques mètres plus haut : *Lytoceras tripartitum* Rasp., *Morphoceras polymorphum* d'Orb.

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.

2. A. Lanquine. Le Lias et le Jurassique des Chaînes provençales, tome I. *Bull. Serv. Carte géol. de Fr.*, n° 173, t. XXXII.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Encore quelques mètres de marnes et on se trouve devant deux gros bancs calcaires à enduits ferrugineux, jaunâtres, très fossilifères, renfermant surtout de grandes Ammonites : immenses *Lytoceras*, grands *Perisphinctes*, *Phylloceras*, *Oppelia*. Au-dessus de ces bancs facilement repérables les fossiles sont très abondants sur deux mètres de hauteur, dans des marno-calcaires grisâtres se débitant en plaquettes ; ce sont surtout des Ammonites de plus petite taille : par ordre de fréquence : *Oppelia*, *Morphoceras*, *Lytoceras*, *Parkinsonia*, *Perisphinctes*, etc., d'assez nombreuses *Posidonomya alpina* Alb. Gras et quelques autres Lamellibranches, avec de rares Brachiopodes, au milieu d'innombrables *Cancellophycus*.

On peut suivre au flanc de la colline, sur plus de 500 mètres, l'ensemble fossilifère d'une épaisseur totale de 3 mètres.

Voici la liste des formes reconnues (déterminations de M. Louis Guillaume) :

Belemnopsis cf. *parallelus* Phil..... *abond.*
Nautilus ind. (deux formes différentes).....
Phylloceras viator d'Orb. (exemplaires de grande taille, en majorité)..... *abond.*
Phylloceras Puschi Oppel..... *abond.*
Phylloceras subobtusum Kudern..... *abond.*
Phylloceras sp. (forme lisse, sans constrictions)..... *abond.*
Phylloceras sp. (flancs comprimés, sans sillons, costulation très fine)..... *abond.*
Sphœroceras cf. *Ymir* Oppel (plusieurs échantillons de grande taille, forme globuleuse progressivement élargie ; même division des côtes par 3 que dans *Sphœroceras Ymir* Oppel du Bathonien moyen, mais côtes plus fines)..... *assez abond.*
Sphœroceras sp. (plusieurs exemplaires d'une grande forme, à côtes assez fines et serrées, fasciculées par 3 et 4, se rapproche de *Sphœroceras microstoma* d'Orb. du Bathonien supérieur, mais n'a pas ses côtes bifides ; dernier tour s'élargissant rapidement)..... *assez abond.*
Lytoceras tripartitum Raspail in d'Orb..... *très abond.*
Cadomites linguiferus d'Orb. emend. de Grossouvre. *Livre jub. S. G. de F.*, t. II, p. 373, pl. XL, fig. 10, (forme en tous points comparable à un échantillon de la collection L. Guillaume, en provenance de l'Oolithe ferrugineuse bajocienne de Sainte-Honorine) (Calvados). A Port-en-Bessin, *Cadomites linguiferus* est tout à fait à la base du Bathonien (banc A de M. L. Guillaume)[1]..... *très rare*

1. L. Guillaume. Couches de passage du Bajocien au Bathonien dans la région de Port-en-Bessin. *C.R. S. S.G.F.*, 20 juin 1927. p. 137.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cadomites sp., forme rappelant *C. pyritosus* Quenst, du Bajocien, comme section et costulation, mais côtes plus fortes et plus tranchantes, plus espacées, divisées par 2. *très rare*

Lissoceras oolithicum d'Orb. ..... *assez rare*

Parkinsonia postera Seebach, emend. de Gross. (du même banc A de Port-en-Bessin) ..... *rare*

Parkinsonia cf. *postera* Seebach (formes adultes et formes jeunes) ..... *abond.*

Parkinsonia Eimensis Behrendsen, mss. in Wermbter (espèce figurée par Buckman, T.A. pl. 768) et *Park.* cf. *Eimensis* Behr ..... *assez abond.*

Parkinsonia Schlippei Roll = *P. Parkinsoni* pp. Schlippe, non Sow ..... *rare*

Parkinsonia sp ..... *rare*

Cosmoceras (*Garantia*) *bathonica* M. Liss ..... *très rare*

Morphoceras polymorphum d'Orb. (et variétés) ..... *très abond.*

Morphoceras (*Ebrayiceras*) *Vaschaldi* Reynès sp. (plusieurs spécimens de grande taille) (Même forme que celle du banc C de Port-en-Bessin) ..... *abond.*

Morphoceras (*Ebrayiceras*) *pseudo-anceps* Ebray cf. Douvillé et Buckman (Bancs A. et B. de Port-en-Bessin) ... *assez abond.*

Perisphinctes (*Procerites*) *zigzag* d'Orb. (2 échantillons très typiques, un autre est une variété à tours minces) (Banc B. de Port-en-Bessin) ..... *rare*

Perisphinctes (*Procerites*) *Schlœnbachi* de Gross = *Per. procerus* Schl non Seeb ..... *rare*

Perisphinctes pseudoprocerus Buckman ..... *rare*

Perisphinctes arbustigerus M. Liss. non d'Orb ..... *rare*

Perisphinctes ind. (nombreux spécimens à section des tours invisible) ..... *très abond.*

Oppelia fusca Quenst. (forme type, dont deux très beaux exemplaires) et nombreuses variétés, souvent de grande taille ..... *très abond.*

Oppelia sp. ? (probablement cas tératologique d'*O. fusca*). *très rare*

Oppelia sp ..... *très rare*

Strigoceras sp. cf. *Truellei* d'Orb., forme voisine de *Strigoceras Truellei*, du Bajocien supérieur ..... *très rare*

Œcotraustes subfuscus Waagen (Banc C de Port-en-Bessin) ..... *assez rare*

Hecticoceras primœvum de Grossouvre ..... *assez abond.*

Terebratula globata ? Sow (ex. aplatis) ..... *rare*

Aulacothyris sp. : deux plis très accentués, commissure frontale divisée en deux lobes séparés par une profonde sinuosité ..... *assez abond.*

Rhynchonella Voultensis ..... *assez abond.*

Pleurotomaria ind ..... *rare*

Posidonomya alpina Alb. Gras (souvent de grande taille) *abond.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Hinnites velatus Morr. et Lyc..... *très rare*
Entolium valauryense Lanquine (fréquemment de très petite taille)..... *abond.*
Plagiostoma ovalis Sow..... *très rare*
Goniomya angulifera Sow..... *très rare*
Pholadomya bucardium Ag..... *très rare*

A la lecture de cette liste de fossiles, il apparaît aussitôt que le gisement de Saint-Martin-des-Palières appartient, non seulement au terrain Bathonien inférieur, par la présence et l'abondance de : *Oppelia fusca*, *Morphoceras polymorphum*, *Lytoceras tripartitum*, (plus de 50 spécimens de chacune de ces Ammonites ont été récoltés), de : *Morphoceras Vaschaldi*, *Œcotraustes subfuscus*, *Parkinsonia Schlippei*, *Hecticoceras primœvum*, mais il contient également des espèces qui caractérisent *la base* du Bathonien inférieur en Normandie (Bessin) et en Angleterre (Dorset) : *Procerites zigzag*, *Parkinsonia postera*, *Morphoceras pseudo-anceps*, avec des formes peu évoluées du Bajocien, comme *Cadomites linguiferus*, *Strigoceras* cf. *Truellei*, *Phylloceras viator*, *Lissoceras oolithicum*.

Le gisement de Saint-Martin-des-Palières doit donc être classé *à la base* du Bathonien inférieur.

Au-dessus des lits fossilifères, la faune, beaucoup plus pauvre, est toujours semblable dans les mêmes couches marno-calcaires. On peut évaluer à cent mètres leur épaisseur totale, à partir du Bajocien ; elles font place ensuite à environ cinquante mètres de *marnes* de couleur gris foncé, se débitant en plaquettes ; les fossiles continuent à être rares, sauf à la partie moyenne des marnes, où nous avons trouvé :

Œcotraustes subfuscus Waagen
Oppelia fusca Quenstedt
Cadomites Arbenzi Hans Thalmann, *Ecl. géol. Helv.*, 1925, t. 19, p. 205.
Hecticoceras decipiens de Grossouvre.
(Ammonites du Bathonien inférieur.)

Enfin l'ensemble marneux est couronné par une nouvelle série marno-calcaire de même couleur foncée, épaisse d'une centaine de mètres, extrêmement pauvre en organismes ; vers le milieu un banc calcaire nous a livré :

Oppelia aspidoides Oppel
Phylloceras biarcuatum Munier-Chalmas
Hecticoceras retrocostatum de Grossouvre
Perisphinctes sabineanus Oppel

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

c'est-à-dire des Ammonites du Bathonien supérieur d'Aix et de Saint-Maixent, avec :

Semipecten abjectus PHILLIPS.

De nombreuses espèces étaient inconnues dans le terrain Bathonien de Provence, parmi les Ammonites énumérées plus haut ; citons : *Cadomites linguiferus*, *Cadomites Arbenzi*, *Parkinsonia postera*, *Parkinsonia Schlippei*, *Parkinsonia Eimensis*, *Garantia bathonica*, *Morphoceras Vaschaldi*, *Morphoceras pseudo-anceps*, *Perisphinctes arbustigerus*, *Perisphinctes pseudoprocerus*, *Perisphinctes sabineanus*. Un fragment de *Procerites zigzag* avait été signalé dans le Var méridional avec l'indication : gangue marneuse [1].

Certaines espèces n'étaient connues en Provence que dans la série marno-schisteuse des environs d'Aix, comme *Phylloceras viator*, *Phylloceras biarcuatum*, *Hecticoceras retrocostatum* (Aix et Septèmes), *Hecticoceras decipiens*, *Hecticoceras primœvum*.

Les Céphalopodes constituent dans le gisement de Saint-Martin-des-Palières la presque totalité des restes organiques conservés ; les *Phylloceras*, les *Morphoceras*, les *Oppelia*, les *Lytoceras* dominent. *La formation bathonienne toute entière prend ici un faciès nettement bathyal*, établissant le passage latéral du Bathonien marno-calcaire et calcaire du Var méridional au Bathonien marno-schisteux des environs d'Aix.

Si le Bathonien inférieur conserve à Saint-Martin-des-Palières les caractères lithologiques bien connus de la région méridionale du Var : couches marno-calcaires pauvres en fossiles, exceptionnellement très fossilifères en ce point, le Bathonien supérieur subit de ce côté une profonde modification. Le faciès néritique avec lequel il se présente dans l'ensemble du département (calcaires zoogènes, encrinitiques et oolithiques, avec intercalations dolomitiques) et qui s'observe encore à une très faible distance de notre gisement, notamment sur le flanc SE du Chaînon des Palières [2], passe à Saint-Martin au faciès bathyal d'Aix : la série marneuse englobe le Bathonien supérieur à Saint-Martin comme dans les chaînes des environs d'Aix.

1. A. LANQUINE, *loc. cit.*, p. 240 (Coll. de la Sorbonne).
2. A. LANQUINE, *loc. cit.*, p. 261 et 342.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Remarques sur le genre *Orbitocyclina* Vaughan

par **H. de Cizancourt**[1].

Planche XXXVIII

INTRODUCTION

L'examen d'un lot d'Orbitoïdes crétacés provenant de nos récoltes en Afghanistan y a révélé l'existence d'une forme appartenant au genre *Orbitocyclina* Vaughan. Celui-ci n'ayant été jusqu'ici — à ma connaissance du moins — signalé que dans la zone côtière du Golfe du Mexique, il m'a paru intéressant d'en reprendre l'étude et de vérifier s'il n'existait pas également dans d'autres régions.

Il m'est agréable de remercier ici, à cette occasion, M. Piveteau, qui m'a permis d'examiner, dans la collection Douvillé, à l'École des Mines, les cotypes *d'Orbitocyclina minima* Douvillé, et d'en faire de nouvelles préparations.

Orbitocyclina Vaughan.

Je rappelle que ce genre a été crée par Vaughan (10, 11) en 1929, pour *Lepidorbitoides minima* Douvillé, à la suite d'un examen plus détaillé de la constitution interne. Cependant M. G. Rutten (13), en 1935, préférait faire rentrer cette espèce dans le genre *Lepidorbitoides* par suite de l'existence d'un mode de communication analogue, dans ces deux genres, entre les loges de la couche équatoriale.

Cependant, la disposition de l'appareil embryonnaire, et d'autres caractères, paraissent assez différents pour justifier le maintien du genre créé par Vaughan. Ce point sera discuté plus en détail ci-dessous.

Orbitocyclina minima Douvillé.

1873. *Orbitoides Faujasi* Defrance. Stoliczka, Cretaceous fauna of Southern India. *Pal. Indica*, 1. Vol. IV.

1908. *Orbitoides minor* Schlumberger. Vredenburg, Cretaceous Orbitoids of India. *Rec. Geol. Surv. Ind.* XXXVI, 3.

1. Note présentée à la séance du 7 novembre 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1909. ? *Orthophragmina prima* Checchia Rispoli et Gemmellaro. Seconda note sur l'Orbitoidi del systeme cretaceo della Sicilia. *Giorn. Sc. Nat. Econ.* XXIX.
1923. Description sans dénomination. Douvillé. Les Orbitoïdes et leur évolution en Amérique. *B. S. G.* F. XXIII.
1927. *Lepidorbitoïdes minima* Douvillé. Les Orbitoïdes de la région pétrolifère du Mexique. *C. R. somm. S. G. F.*
1928. *Polylepidina cardenasensis* Galloway. Notes on the genus *Polylepidina* and a new species. *Journ. Pal.* I.
1929. *Orbitocyclina minima* Douvillé. Vaughan, Species of *Orbitocyclina* a genus of american orbitoid foraminifera from the Upper Cretaceous of Mexico and Louisiana. *Journ. Pal.* III.

Notons à l'occasion, que le nom de cette espèce n'est pas très heureusement choisi, car Vredenburg (3) l'avait appliqué à un Orbitoïde imparfaitement figuré par Kossmat (2). Cette dénomination doit cependant être considérée comme *nomen nudum.*

Deux séries d'échantillons, rapportées à *O. minima* ont été étudiées. L'une consiste en quelques préparations nouvelles effectuées dans les exemplaires de la collection Douvillé, et qui représentent les cotypes de l'espèce, la coupe figurée par l'auteur de cette espèce n'ayant pu être retrouvée. L'autre est une série de coupes minces d'un calcaire, provenant de nos propres récoltes de Talikan, Turkestan afghan.

Description. — La nucléoconque est essentiellement constituée par deux loges subsphériques, à paroi épaisse ornée extérieurement de tubercules, dont l'une est sensiblement plus petite que l'autre et qui sont séparées par une cloison mince et presque plane. L'ensemble atteint 0,25 à 0,35 mm. de long et la paroi varie de 0,020 à 0,030 mm. d'épaisseur. Cette disposition rappelle l'aspect des loges initiales de Lepidorbitoïdes, avec cette différence que la plus grande loge ne montre pas la coupe réniforme fréquente dans ce dernier genre.

Accolées contre ces deux premières loges, viennent ensuite des loges auxiliaires dont le nombre et la forme paraissent assez variables. En règle générale, on observe une grande loge à paroi épaisse et de forme aplatie, puis un groupe de loges à paroi épaissie, dont fréquemment, l'une fait suite à la grande loge plate, et une autre se place en position symétrique de celle-ci.

Ce sont ces loges auxiliaires qui constituent une des différences les plus nettes avec les Lepidorbitoïdes [1].

L'ensemble de cette nucléoconque rappelle par certains aspects celle des Polylépidines, et, il n'est pas étonnant que *O. minima*

1. La publication de Tan Sin Hok se rapportant à cette question n'a pu être consultée (15).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ait été rapportée à ce genre. Ici cependant une distinction s'impose Les *Polylepidina* éocènes, dont *P. chiapasensis* VAUGHAN est le type, montreraient, d'après Barker et Grimsdale (16) une disposition en spirale — ou tout au moins dérivée d'une spirale — du groupe des loges initiales, bien visible d'ailleurs dans l'illustration de leur note. Au contraire, le groupe des *Polylepidina* du Paléocène des Indes, récemment décrit par Davies (17) — et dont certaines avaient été précédemment rattachées à Lepidorbitoïdes par Douvillé (5) — montrerait une disposition symétrique des premières loges, très voisines, semble-t-il, de ce qu'on observe chez *Orbitocyclina*.

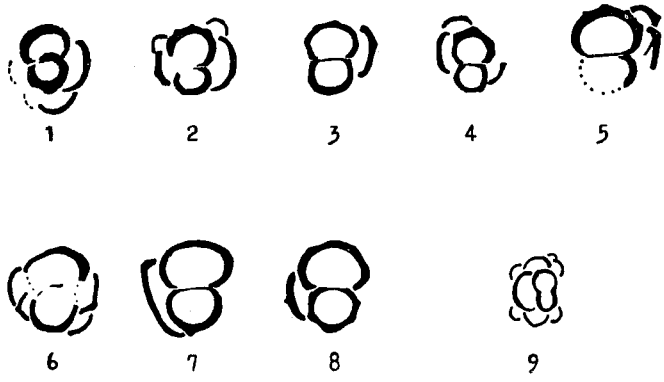


FIG. 1. — Différents aspects de la nucléoconque, dans des intersections plus ou moins voisines du plan équatorial:

1, Mexique, d'après Vaughan (10), 2, Mexique, cotype coll. Douvillé, 3, 4, 5, 6. 7, 8, Afghanistan, 9, nucléoconque de *Lepidocyclina* (*Polylepidina*) *punjabensis* DAVIES, d'après Davies (17).

Les loges de la couche équatoriale sont du même type que celles de Lepidorbitoïdes, mais sont plus évoluées. L'examen d'un grand nombre de sections d'orientation quelconque permet d'en donner la description suivante :

Le caractère le plus frappant de la structure de ces loges est la variation de la forme de leur intersection avec le plan de coupe, suivant la position de celui-ci.

On constate en effet que les loges ont une forme arrondie, en coupe rigoureusement équatoriale, et une disposition analogue à celle des Lepidorbitoïdes ; elles sont arrondies à l'intérieur mais anguleuses à l'extérieur, si la coupe est faite à mi-hauteur ; elles paraissent enfin rectangulaires lorsque le plan de coupe traverse le plafond des loges.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La fig. 2 est une reconstitution de cette disposition. On voit qu'elle correspond à une forme arrondie de la loge, dans sa partie médiane, et fortement carénée sur les côtés. Cette carène supporte un épaulement sur lequel repose l'embase des loges du tour suivant. Enfin, la partie à contour rectangulaire forme le plafond ou embase de la loge. Ce sont ces embases qui, encastrées entre elles, assurent la solidité de l'édifice.

Cette disposition se retrouve d'ailleurs presque identique dans les formes étoilées du groupe, dont on a fait les genres *Asterorbis* Vaughan et Cole (12) et *Cryptasterorbis* M. G. Rutten (14).

Les Polylépidines du groupe de *P. punjabensis*, récemment décrites par Davies (17), paraissent avoir des loges équatoriales du même type, alors que chez les Polylépidines éocènes, elles sont bien différentes.

Fig. 2. — Différents aspects de l'intersection des loges équatoriales par des plans parallèles au plan équatorial :

1, section par l'embase rectangulaire ; 4 et 5, sections équatoriales ; 2 et 3, sections intermédiaires.

La paroi des loges est formée par deux couches de tissu fibreux qui sont séparées sur les coupes par une ligne sombre, beaucoup plus nette dans les échantillons mexicains, mais cette différence est sans doute due aux conditions de fossilisation. La paroi antérieure de la loge n'est pas percée de pores mais sa surface est finement striée, comme d'ailleurs celle des Lepidorbitoïdes ; au contraire le plancher est poreux.

Les couches latérales montrent la disposition habituelle en tuiles sur laquelle il n'y a pas lieu d'insister. Les piliers sont nombreux, fins et régulièrement répartis.

Dans les deux séries d'échantillons examinés, provenant du Mexique et de l'Afghanistan, les caractères sont concordants : la seule différence notable est que les Orbitocyclines afghanes sont un peu plus robustes : les parois des loges sont un peu plus épaisses et la carène légèrement plus prononcée. Je ne pense pas qu'il y ait lieu de baser une distinction spécifique sur des différences aussi minimes, qui peuvent s'expliquer par l'influence du milieu et l'éloignement.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE.

Golfe du Mexique. — Les Orbitocyclines n'étaient jusqu'ici signalées que dans la région du Golfe du Mexique : *O. minima* DOUVILLÉ au Mexique (7) et *O. Nortoni* VAUGHAN en Louisiane (10), dans le Crétacé supérieur. M. G. Rutten a en outre signalé *O. minima* à Cuba (14), sans en donner de figuration, mais les dimensions indiquées s'écartent si notablement de celles du type qu'il est permis de douter de leur identité.

Afghanistan. — Le gisement afghan est situé un peu à l'Est de Talikan, dans des calcaires du Crétacé supérieur, qui ont fourni, associés à *O. minima*, *Omphalocyclus macroporus* LMK. (rare), un rotalidé et un hydrozoaire voisin de *Parkeria*. Un banc voisin a fourni une Huître rapportée par Mme de Ménorval à *O. Schnaebelei* BASSE du Crétacé supérieur de Madagascar.

Irak. — Des recherches ultérieures m'ont permis de reconnaître la même espèce en Irak, grâce à l'amabilité de Mr. F .R. S. Henson, dans le Maestrichtien de Dohuk, où elle avait été déterminée par P. Viennot comme *Lepidorbitoides orthogonalis* n sp. On trouvera dans le Tableau p. 650 les dimensions caractéristiques de cet exemplaire, qui coïncident sensiblement avec celles du type. *O. minima*, est ici associée à *Omphalocyclus macropora* LMK.

Yougoslavie. — Au cours d'un récent passage à Budapest, j'ai pu retrouver, grâce à l'amabilité de M. le Dr Bogsch, la même espèce dans un calcaire provenant de Cserevic, Fruska Gora. Elle est représentée par une coupe presque équatoriale, dans laquelle on aperçoit les deux loges initiales subsphériques et la grande loge latérale. *Orbitoides apiculata* SCHLUMB. et *Siderolites calcitrapoides* LMK. accompagnent cette espèce.

Inde. — Outre les gisements précédents, j'ai retrouvé dans la littérature deux figurations qui me paraissent devoir se rapporter à cette espèce. Vredenburg (3) a figuré sous le nom d'*Orbitoides* cf. *minor* SCHLUMB. un Orbitoïdé précédemment décrit et figuré par Stoliczka (1) comme *Orbitoides Faujasi* DEFR., qui montre les caractères habituels d'*O. minima*. Quoique les dimensions concordent bien, la nucléoconque n'apparaissant pas dans la coupe figurée, un doute peut encore subsister. Ici encore, cette espèce, comme en Afghanistan, paraît un peu plus robuste que le type mexicain. Elle provient des couches de Niniyur (Maestrichtien).

Sicile. — Enfin, dans une note déjà ancienne, Checchia Rispoli et Gemmellaro ont décrit comme *Orthophragmina prima* n. sp.,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Provenance		Cotype Mexique	Cotype *in* Vaughan (10)	Afghanistan	Inde *in* Vredenburg (3)	Irak	Fruska Gora	O. Nortoni *in* Vaughan (10)
Nucléoconque : Longueur de l'ensemble des deux loges initiales			200-260	280-350	?	300	250	110
Nucléoconque : Épaisseur de la paroi			25-30	20-30	?			8-15
Loges équatoriales	Longueur	80-120	90-120	90-120	90-150	85-100	100	60-90
	Largeur	50-70	50-90	50-90	80-100	40-50	60	40-50
	Hauteur	70-120	80-100	80-150	?			75
	Épaisseur de la paroi	16-30	15-20	20-30	25-30			
Diamètre		1.500-3.500	1.300-3.000	1.200-4.500	3.000-5.000	1.300-2.800	3.000	3.500
Épaisseur		300-400		300-800	1.000	?	?	500
Rapport $\frac{\text{Diamètre}}{\text{Epaisseur}}$		5-6	4-5	4-6	5			7

Toutes ces dimensions sont indiquées en μ.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

un orbitoïde dont la figuration ne montre que le réseau rectangulaire des embases et quelques loges pointues : il s'agit là très probablement encore d'*O. minima*, mais la nucléoconque n'est pas visible. Cette espèce est ici associée à *Orbitoides apiculata* SCHLUMB. et *Lepidorbitoides socialis* LEYM.

CONCLUSIONS.

On voit, par l'exposé précédent, qu'une enquête rapide a permis de montrer qu'*Orbitocyclina minima* n'est nullement une espèce exclusivement américaine et qu'elle se retrouve en Asie et en Europe, sur le trajet des chaînes alpines, associée à des formes maestrichtiennes aussi caractéristiques que *Siderolites calcitrapoides*, *Omphalocyclus macropora*, *Orbitoides apiculata*, etc. Malgré sa rareté relative on doit donc la considérer, dans l'état actuel de nos connaissances, comme limitée à cet étage.

La constitution de l'embryon et la disposition assez spéciale de la couche équatoriale paraissent justifier le maintien du genre *Orbitocyclina*. Ses relations avec les genres voisins ont été discutées précédemment : elles sont très étroites, d'une part avec *Asterorbis* et *Cryptasterorbis*, qui sont les formes étoilées correspondantes, et de l'autre avec *Lepidorbitoides* et les *Polylepidina* du Paléocène des Indes. En ce qui concerne ce dernier groupe, il convient de réserver la possibilité qu'une étude plus détaillée de sa constitution interne, et plus particulièrement de la nucléoconque et des loges équatoriales, conduise à le rattacher au genre *Orbitocyclina*, plutôt qu'aux Polylepidines.

BIBLIOGRAPHIE

1. STOLICZKA F. Cretaceous fauna of Southern India. *Pal. Indica*, 1, vol. IV.
2. KOSSMAT F. The cretaceous deposits of Pondicherri. *Rec. Geol. Surv. Ind.*, XXX, 1897.
3. VREDENBURG E. W. The cretaceous Orbitoides of India. *Rec. Geol. Surv. Ind.*, XXXVI, 3, 1908.
4. CHECCHIA RISPOLI et GEMMELLARO M. Seconda note sur l'Orbitoidi del systeme cretaceo della Sicilia. *Giorn. Sc. Nat. Econ.*, vol. XXIX, 1909.
5. DOUVILLÉ H. Le Crétacé et l'Éocène du Tibet Central. *Pal. Indica. N. S.*, V, 1916.
6. — Révision des Orbitoïdes. *B. S. G. F.*, XX, 1920.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

7. Douvillé H. Les Orbitoïdes et leur évolution en Amérique. *B. S. G. F.*, XXIII, 1923.
8. — Les Orbitoïdes de la région pétrolifère du Mexique. *C. R. somm. S. G. F.*, 1927.
9. Galloway J. J. Note on the genus *Polylepidina* and a new species. *Journ. Pal.*, I, 1928.
10. Vaughan T. W. Species of *Orbitocyclina*, a genus of american orbitoid foraminifera from the upper Cretaceous of Mexico. *Journ. Pal.*, III, 1929.
11. — Studies of orbitoidal foraminifera : the subgenus *Polylepidina* of *Lepidocyclina* and *Orbitocyclina*. *Nat. Acad. Sc. Proc.*, XV, 1929
12. Vaughan T. W. and Cole W. S. Cretaceous orbitoidal foraminifera from the Gulf States and Central America. *Nat. Acad. Sc. Proc.*, XVIII. 1932.
13. Rutten M. G. *Orbitocyclina* Vaughan, a synonym of *Lepidorbitoides Silvestri*. *Kon. Akad. Amsterd. Proc.*, XXXVIII, 1935.
14. — Larger foraminifera of northern Santa Clara Province, Cuba. *Journ. Pal.*, IX, 1935.
15. Tan Sin Hok. Die peri-embryonale Aequatorialkammern bei einigen Orbitoididen. *Ing. Ned. Indië*, 1935.
16. Barker R. W. and Grimsdale T. F. A contribution to the phylogeny of the orbitoidal foraminifera, with description of new forms from the eocene of Mexico. *Jour. Pal.*, X, 1936.
17. Davies, Lt-Col. L. M. The eocene beds of the Tunjab Salt Range. *Pal. Ind. N. S.*, XXIV, 1, 1937.
18. Thiadens A. A. Cretaceous and tertiary foraminifera from Southern Santa Clara Province, Cuba. *Journ. Pal.*, XI, 1937.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXXVIII

Orbitocyclina minima Douvillé

1. Coupe presque axiale. montrant la disposition des loges équatoriales. Afghanistan, × 60.
2. Coupe sensiblement équatoriale, cotype coll. Douvillé, Mexique, × 20.
3. Détail des loges équatoriales en coupe légèrement oblique sur le plan équatorial. Noter les pores dans le plafond des loges. Afghanistan, × 60 (détail de la coupe 6).
4. Coupes obliques et coupe sensiblement axiale. Afghanistan, × 20.
5. Nucléoconque, Afghanistan, × 20.
6. Coupe légèrement oblique traversant les loges équatoriales à différentes hauteurs. Afghanistan, × 20.
7. Même disposition. Afghanistan, × 20.
8. Différentes coupes sensiblement axiales, cotypes coll. Douvillé, Mexique. Noter près du centre de la photographie un individu anormal.
9. Disposition de la nucléoconque dans une coupe légèrement oblique sur l'axe. Afghanistan, × 20.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Observations nouvelles sur les rapports entre l'aire tectonique du Rif et celle du Moyen Atlas au Maroc Oriental

par **P. Russo**[1].

Staub (3) avait soupçonné au Maroc la présence de grandes aires tectoniques parallèles auxquelles il incorpora ses « Marokkides ». A l'heure actuelle, une série d'hypothèses vérifiées et d'observations (2, 5, 7, 8, 10, 13) ont mis en lumière, d'une part, trois aires tectoniques méridionales parallèles au bord N du bouclier saharien, aires de l'Anti-Atlas, du Haut Atlas et du Moyen Atlas ou de la Meseta, et d'autre part, une aire septentrionale, aire du Rif, encore imparfaitement connue et dont les travaux en cours, principalement ceux de J. Marçais et M. Gautier, nous montreront sans doute les détails de constitution.

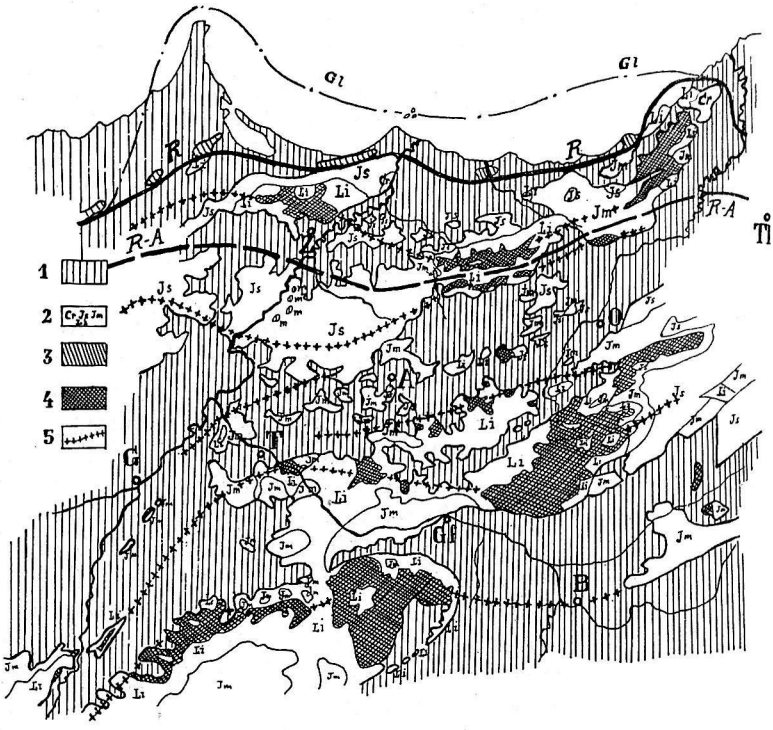
Chacune de ces aires est séparée de ses voisines par des dépressions synclinales qui sont aussi, le plus souvent, soit des dépressions topographiques (Couloir Gharb-Meknès-Fès-Innaouen-Taza-Oudja), soit des séries de dépressions alignées (Mouissat-Bahira-Tadla-Seuil du Serrou-Itzer-Haute Moulouya-Matarka), soit des cuvettes successives mises bout à bout et séparées par des reliefs (Sous-Siroua-Imini-Dadès-Todra-Ougnat-Haut Guir-Antar-Ounif-Brézina). Les coupes transversales des épaisseurs relatives de sédiments font voir que ces zones déprimées ont dès longtemps été le siège de phénomènes d'affaissement. Alors que les dépressions séparant les unes des autres les aires méridionales sont d'une grande netteté, celle séparant l'aire du Rif de l'aire du Moyen Atlas est, dans sa partie orientale, assez confuse et c'est à la définir nettement grâce à des faits nouvellement connus qu'est destinée la présente étude.

1° LES LIMITES ENTRE RIF ET MOYEN ATLAS

Entre Rabat à l'Ouest et Taza à l'Est, la région de contact entre l'aire du Rif et celle du Moyen Atlas porte les dépôts néogènes du Gharb, ceux de la plaine de Meknès-Fès, et ceux de

1. Note présentée à la séance du 7 novembre 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



CROQUIS SOMMAIRE DU COULOIR TAZA OUJDA ET DE SES ABORDS
(PORTION ORIENTALE)

Légende :

1. Quaternaire et terrains tertiaires y compris les roches éruptives récentes. En outre les témoins de Miocène situés à l'Ouest des Beni Snassen sont affectés de la lettre m.
2. Terrains secondaires. Cr = Crétacé
   Js = Jurassique supérieur (post Bathonien)
   Jm = Jurassique moyen (Dogger)
   Li = Lias.
3. Assises d'âge surtout secondaire, à faciès rifain plissé.
4. Trias, Paléozoïque, Socle ancien, y compris les roches éruptives anciennes.
5. Axes anticlinaux principaux.

A El Aïoun
B Berguent
G Guercif
Gf Guefaït
O Oujda
T Taourirt
Tl Tlemcen
Z Zaïo
Gl Limite attribuée par Glangeaud au géosynclinal tello-rifain.
R Limite proposée par l'auteur, en rapport avec les plus récentes observations.
R-A Limite entre l'aire du Rif et celle du Moyen Atlas.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

même âge, de la vallée de l'Innaouen. Au Sud de cette dépression, s'élève le Moyen Atlas septentrional dont H. Termier a exposé en détail la structure en pli de fond (16) avec revêtement de plis que l'on peut considérer comme plis de couverture sans décollement général (13) ou comme expression de dysharmonie (16).

Au N se développe l'ensemble complexe des plis rifains.

A) Le couloir Taza-Oujda

Au delà de Taza, vers l'Est, s'ouvre le couloir Taza-Oujda (2) que bordent, au S, des montagnes liasiques et jurassiques à substratum primaire et, au N, des montagnes de même constitution admettant entre elles jusqu'à la Méditerranée des dépôts miocènes qui couvrent la plus grande étendue du pays. En outre, le couloir lui-même est essentiellement formé de dépôts miocènes que trouent des collines formées de terrains jurassiques. Enfin des témoins de Miocène se rencontrent sur les montagnés du N elles-mêmes ; ils ont été, lors des plissements, portés du niveau correspondant à l'altitude actuelle 230 m. à celui correspondant à l'altitude actuelle 434 m. C'est au milieu de ce couloir et de ces montagnes environnées de Miocène qu'il faut tracer la limite sud, non du géosynclinal rifain [1], mais de l'aire tectonique du Rif et la limite nord du pli de fond moyen atlasien.

B) Caractères permettant de déterminer la limite entre l'aire du Rif et celle du Moyen Atlas

Ces caractères doivent être établis en recourant à la lithologie, à la stratigraphie et à la paléontologie, pour coordonner les conditions tectoniques du terrritoire qui va de la Méditerranée aux Hauts Plateaux et de la Moulouya à la frontière algérienne en couvrant les Beni Snasen et leur voisinage, les Beni bou Mahiou, le couloir Taza-Oudja, les monts de Debdou et des Zekkara, la région d'Oujda-Marnia.

1) Les rapports lithologiques ressortent très nettement du tableau ci-après :

1. Que marquent les terrains à faciès du flysch rifain mis en lumière par les derniers travaux publiés sur les observations faites dans la chaîne de Garet, à l'Ouest de Zelouane, au Nord des Kebdana, aux gorges du Kiss et plus à l'Est.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Age des terrains	Au N du Couloir		Au S du Couloir	
	Ras Fourhal, régions de l'E, du N et du NE.	Beni bou Mahiou, régions de l'W et du SW.	Portion de l'W.	Portion de l'E.
Miocène	Marnes jaunes et vertes tendres.		Néant	Néant
Oligocène, Éocène, Crétacé	.....	Néant	.....	
Kiméridgien sup.	Calcaires dolomitiques gréseux.	Calcaires dolomitiques, Calcaires compacts, Calcaires marneux.	Néant	Calcaires compacts et noduleux.
Kiméridgien infér.	Marno-calcaires gris verdâtre, grès en plaquettes.	Marno-calcaires gris-vert, Argiles, Grès en plaquettes.	Néant	Calcaires et marnes gris.
Séquanien	Calcaires et argiles rouges, grès rouges.	Calcaires et argiles rouges, Grès fauves.	Néant	Grès jaunâtres.
Oxfordien	.....	Néant	.....	Calcaires gris fauve gréseux.
Callovien	.....	Néant	.....	Calcaires gris rougeâtres gréseux.
Bathonien	Néant	Calcaires gréseux.	Calc. gréseux fauves.	Calcaires gréseux rougeâtres.
Bajocien	Calcaire gris marneux (Taforalt).	Calcaires gris marneux.	Calcaires rougeâtres, Lumachelles, Grès fauves.	Calcaires oolithiques, Calcaires gris, Grès fauves.
Aalénien, Toarcien	Calcaires marneux gris, esquilleux.	Néant	Calcaires gris, Marnes grises et vertes.	Calcaires et marnes gris et verts.
Domérien	Calcaires compacts gris bleu à silex, Argiles rouges.	Néant	Calcaires compacts gris parfois à silex, Argiles rouges.	Calcaires noduleux gris, Calcaires gréseux, Dolomies, Argiles rouges.

2) Au point de vue stratigraphique, on remarque aussi une différence très nette entre le N et le S du couloir. Dans le S, les étages se succèdent régulièrement du Paléozoïque au Bathonien pour le centre et au Kiméridgien pour l'Est, sans lacune actuellement connue. Dans le N, au contraire, nous trouvons plusieurs lacunes, qui montrent une instabilité marquée au Bathonien, au Lias supérieur et moyen. Dans la partie NW, au

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Lias succède directement le Jurassique supérieur. Tout au NE, en Algérie, le Bajocien repose directement sur le Paléozoïque sans interposition de Trias. Nous avons donc affaire à des transgressions irrégulières, à diverses époques. Notons en particulier que dans le massif de Ras Fourhal (Beni Snassen septentrionaux) le Séquanien paraît commencer, contrairement à ce qu'on admettait jusqu'à présent, dès les plus basses couches rouges (18), sans qu'il y ait interposition de Callovien ni d'Oxfordien entre le Lias et le Séquanien.

Au S de de la vallée synclinale qui forme la limite méridionale de ce massif du Ras Fourhal, commencent les reliefs du Couloir et du Sud, avec continuité de sédimentation. Ce changement se marque dès la faille de NE de Taforalt (2). Il en est de même dans les montagnes de Debdou, dans les Zekkara et, à l'Ouest, dans le Djebel Medlam et le Masgout.

Dans le NW au contraire (Kebdana) et à l'Est (Nedroma), nous retrouvons les mêmes lacunes que dans le Ras Fourhal.

Rappelons que dans le Moyen Atlas septentrional, H. Termier signale une lacune étendue du Bathonien au Néocomien (16). Faut-il y voir un rapport avec la lacune du N de notre pays d'études ?

3) En ce qui concerne les données paléontologiques, si nous comparons étage à étage les séries d'Ammonites, de part et d'autre du couloir, nous trouvons entre elles des différences, mais aussi des ressemblances dans le seul niveau où cette comparaison soit possible : le Toarcien-Aalénien, les autres niveaux étant trop pauvres en fossiles.

Dans le Lias supérieur de Berkane, j'ai recueilli : *Hildoceras bifrons*, *H. Levisoni*, *Phylloceras Nilssoni*, *Ph. heterophyllum*, *Erycites fallax*, *Cœloceras crassum*, *Grammoceras striatulum* (8). Cette faune du Nord n'est pas très différente de celle du Sud où, à Bechyine, M. P. Fallot et moi, avons recueilli les espèces suivantes que M. Fallot a bien voulu déterminer : *Phylloceras* sp., *Dactylioceras commune* Sow. sp., *Dact.* cf. *raristriatum* Quenst., *Harpoceras subplanatum* Opp., *Harp.* cf. *lythense* Y. et B. sp. Cependant, dans le Toarcien-Aalénien du Jerjoub, j'avais antérieurement recueilli (7, 8) des espèces de Berkane, comme aussi à Bechyine, espèces dont les déterminations avaient été vérifiées par M. Roman (8). Notons enfin que si, dans le N des Beni Snassen, Gentil avait recueilli *Phylloceras Nilssoni*, *Hildoceras bifrons*, *Hammatoceras insigne*, *Grammoceras fallaciosum* (1), au Masgout, j'ai recueilli (8) *Phylloceras Thevenini* Mon., *Ph. aveyronense* Menegh., *Hammatoceras simulator* Mon.,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ph. ultramontanum ZIET., *Oppelia praeradiata* DOUV., *Ludwigia litterata* BUCKM., etc. Il ressort de la comparaison de ces faunes que si elles ne sont pas, pour le Lias supérieur, très différentes entre le N et le S, elles montrent cependant un ensemble de caractères de plus grande profondeur dans le N, l'W et le NE que dans le S et le SE.

Coordonnant ces faits, nous arrivons à constater que la région occupée actuellement par le Ras Fourhal et ses annexes (voir 19) et celle qui lui fait suite à l'Ouest pour se poursuivre dans les Kebdana nous montrent une lacune stratigraphique qui couvre tout le Jurassique moyen. Cette lacune est-elle due à l'érosion ou à une absence de dépôts? L'examen lithologique nous montre que le Médio-jurassique du Couloir est surtout gréseux et offre une faune littorale et que dans la partie où il existe au N du Couloir (Béni bou Mahiou), il est calcaire ou gréso-calcaire. Il s'agit donc de dépôts de mer peu profonde ou de dépôts littoraux, alors que dans les régions plus méridionales, comme le Moyen Atlas, nous trouvons le Médio-jurassique sous forme de calcaires et de marnes, indiquant des dépôts moins littoraux et avec une faune néritique et parfois même profonde. Nous devons en conclure que dès cette époque, le « promontoire des Beni Snassen » de Glangeaud (9) existait et que s'il offre une individualité plus marquée au Crétacé inférieur, il a, par contre, disparu au Jurassique supérieur où nous voyons les dépôts se montrer fort épais (plus de 100 m. au N du Ras Fourhal pour le Kimméridgien) et de faciès assez profond (dolomies, calcaires compacts). Cette variabilité correspond à une instabilité de cette zone qui subit des gauchissements et des torsions au cours des déplacements de l'aire du Moyen Atlas et lors des appuis tantôt plus forts, tantôt plus faibles que prend sur elle l'aire du Rif, et la grande lacune doit être attribuée à une absence de dépôts du Jurassique moyen.

C'est donc la région où se manifestent ces passages du régime continu au régime discontinu, ces différences de constitution lithologique, ces changements (si faibles soient-ils) de type de faune, qui devra être prise pour limite entre les deux aires.

Elle marque la ligne suivant laquelle une portion concave, synclinale, faible et dépressible de l'écorce terrestre, sépare deux zones convexes, anticlinoria, plis de fond.

Les travaux de Marçais, Van Leckwijck, Fallot, Blumenthal, Gautier, etc., ont montré l'existence des caractères du Flysch plissé rifain le long de la Chaîne de Garet, vers Afso, au N des Kebdana et sur la côte algérienne ; je les ai signalés dans les

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Gorges du Kiss. Il faut donc reporter bien plus au S que ne le pensait Glangeaud, le bord du synclinal, mais ce bord ne saurait être confondu avec celui de l'aire tectonique du Rif, qui ne peut être que la région où change le type de structure profonde.

Nous y voyons actuellement, dans les montagnes du Nord, deux parties bien distinctes. L'une, septentrionale et orientale, est le Massif du Ras Fourhal, à noyau paléozoïque déversé vers le Sud (style rifain) (9), qui est formé de Trias, Lias inférieur, moyen et supérieur, sur quoi viennent se poser en discordance légère, les assises du Jurassique supérieur. L'autre, méridionale et occidentale, forme les Beni bou Mahiou et Oulad Raho ou Mohand. On y trouve essentiellement le Jurassique supérieur, représenté jusqu'au Kiméridgien (14). Mais ces assises offrent un très doux pendage méridional et le pays, à peine ondulé, l'est assez cependant pour que les terrains jurassiques passent, dans le Couloir, sous les dépôts miocènes et, se redressant sur le bord S de ce Couloir, en longs plis qui le bordent au pied des Monts de Debdou et des Zekkara, avec regard nord (style atlasien) (7, 8, 9 et 16), laisse voir, au-dessous des dépôts du Jurassique supérieur, le Bajocien, le Bathonien, le Lias et le Paléozoïque accompagné de Trias. L'axe tectonique du Ras Fourhal se continue avec celui des Kebdana, qui offre une superposition analogue d'assises. L'axe des Beni bou Mahiou se continue avec celui du Djebel Medlam, puis, par inflexion vers le S, avec celui du Masgout.

A une observation sommaire, la chaîne des Kebdana paraît s'orienter morphologiquement vers le NE, grossièrement parallèle aux Beni Snassen. En fait, la partie de la chaîne qui se dirige vers l'embouchure de la Moulouya offre bien un axe anticlinal SW-NE, mais à un examen plus détaillé on voit que c'est là une branche détachée d'un plissement principal qui a pour substratum les éléments profonds paléozoïques dont l'orientation est toute différente.

Si la morphologie peut ainsi laisser croire à une indépendance des Kebdana et du Ras Fourhal, il n'en est plus de même lorsqu'on suit à travers la plaine des Triffa les bombements et accidents qui par El Iaril (coordonnées 776-475, Maroc au 1/100.000e), Tammert (coordonnées 762-482) et Mechra Debda (cordonnées 758-484) conduisent du bombement anticlinal du Ras Fourhal, à noyau paléozoïque, au bombement anticlinal à noyau également paléozoïque du Guelb el Hallal et de Zaïo.

Dans les deux massifs, le déversement se fait en direction du Sud (plus exactement du SSW) ce qui est une orientation rifaine

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

(9, 13) alors que les massifs du Sud offrent un déversement atlasien vers le N (13, 16). Cependant, nous ne trouvons dans le massif du Ras Fourhal, aucun des caractères bien connus des couches schisteuses du Rif, ni du métamorphisme souvent si intense dans le Rif et le Prérif (7, 8, 10, 12, 14, etc.). Il n'y a pas là de dépôts appartenant au Rif, mais des portions de territoire qui ont joué en liaison avec les mouvements rifains ; ce sont des compartiments qui ont suivi la poussée rifaine et non la poussée atlasienne (9, 13, 14). Ils ont, comme le Rif, été intéressés par les mouvements des mers miocènes, auxquels le Moyen Atlas n'a part que sur sa bordure, dans la région où s'amorce le synclinal qui limite l'aire moyen-atlasienne. Au contraire, tous les massifs avoisinant la basse Moulouya sont autant d'îlots secondaires pointant dans des terrains miocènes ; de même la région plissée du Rif est faite d'anciens chenaux miocènes écrasés entre les lambeaux couchés et plus ou moins charriés de Crétacé et de Jurassique (5).

L'abondance des accidents volcaniques dans cette région incite aussi à penser que des compartiments importants ont été fracturés, disloqués et tordus par la poussée rifaine. Or ces accidents jalonnent à peu près, d'une part le bord du Rif plissé (Volcan d'Aïn Ahmar et Gourougou vers Melilla), d'autre part, le bord du Couloir (Volcans du Guiliz et d'Oujda), enfin l'entrée occidentale du synclinal tellien (Nemours, Menasseb Kiss, embouchure de la Tafna), comme si le pays, grossièrement triangulaire ainsi délimité, était un morceau du socle rifain arraché et poussé vers le Sud, lors de la formation du Rif post-miocène.

Quoi qu'il en soit de cette vue hypothétique, les faits constatés tendent bien à mettre les massifs du Nord (Fourhal-Kebdana) dans une situation tout autre que celle des massifs qui les accompagnent plus au Sud (Beni bou Mahiou, Oulad Sidi Raho, Medlam, Masgout) dont le rattachement se fait d'une façon continue avec le Moyen Atlas ou plus exactement avec son prolongement : les monts de Debdou et des Zekkara.

Le Fourhal était émergé, à une époque où les Beni bou Mahiou étaient encore sous les eaux de la mer kiméridgienne, comme au moins dans l'Est, face à lui, les monts qui forment la série du S. Entre eux la dépression actuelle du couloir abritait également la mer séquanienne et kiméridgienne qui se poursuivait du côté de Ghar Rouban en Algérie et devait recouvrir une grande partie des Zekkara. (Nous ne connaissons pas son rivage ni même les abords de sa zone côtière.)

On sait d'autre part, qu'il existe dans les Beni Snassen, des

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

fractures jadis mises en lumière par Gentil (1), revues par Savornin (6) et dont j'ai indiqué (8) qu'elles offrent un léger chevauchement vers le S. La situation du Ras Fourhal par rapport aux plis rifains proprement dits (dont le plus proche exemple se trouve dans les gorges du Kiss (12), et que M. Gautier a vu se prolonger en Algérie), serait assez comparable à celle du Zerhoun et du Tselfat, du Tratt et du Zalagh devant Fès, qui représentent des bourrelets (4) en avant des plis rifains et prérifains et offrent aussi des accidents à poussée vers le S. La séparation entre phénomènes tectoniques appartenant à l'ensemble rifain et phénomènes appartenant à l'ensemble moyen atlasien doit alors passer dans l'Ouest entre le Masgout-Terni et le front des plis rifains sud-orientaux, tel qu'il apparaît sur la carte récemment publiée par le Service des Mines du Maroc et qu'a dessinée M. Yovanovitch, puis, allant vers l'Est, s'infléchir au S de la chaîne de Garet, filer dans le Guerrouaou, au S d'Afso, atteindre par la région de Kerker le pied N des collines des Oulad Raho ou Mohand et celui des Beni bou Mahiou, puis, s'insinuant dans la vallée tectonique qui sépare le Ras Fourhal des collines qui le bordent au Sud et continuent les Beni bou Mahiou (Aster, Beni Moussa Rouha) (19) se poursuivre jusqu'à Marnia, en passant en Algérie.

La dépression actuelle du Couloir correspond donc bien, dans des conditions analogues, à ce que nous voyons pour la séparation entre les aires plus méridionales (Moyen Atlas et Grand Atlas, Grand Atlas et Anti-Atlas) à la séparation Rif-Moyen Atlas. Les massifs du Masgout, du Medlam et des Beni bou Mahiou, marquent le commencement du relèvement contre l'aire rifaine, du bord septentrional du sillon du couloir, bord, lui-même, de l'aire du Moyen Atlas et lui appartenant.

2° CARACTÈRES DE LA PARTIE ORIENTALE DE L'AIRE DU MOYEN ATLAS

Les observations que j'ai, en 1937, faites seul ou avec MM. Fallot et Choubert, m'ont permis de constater dans le territoire des Hauts Plateaux au Maroc oriental les faits suivants.

1) Dans toute cette région, l'ensemble des assises liasiques et jurassiques offre, sauf en quelques points localisés (plis de couverture ou plissements dysharmoniques) un pendage très doux vers le SSE. Mais, au bord N du pays, ce pendage faible vers le S fait place à un pendage abrupt vers le N avec pré-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sence de plis de surface et de plis dysharmoniques (Trias glissant et Trias en place) à couverture jurassique assez amincie pour que le Paléozoïque soit très facilement mis à nu par l'érosion. L'ensemble dessine donc un vaste bombement déversé vers le NNW et poussé dans cette direction avec plis accessoires courant sur ce grand anticlinal, rares et faibles dans le S, importants vers son front, c'est-à-dire vers le N.

Après avoir constaté dans le centre du pays, des bombements, les uns peu importants (Tendrara), les autres plus aigus avec plis intenses (Mechkakour et Trarirt), on atteint, dans le N, des plis offrant une poussée du substratum primaire vers le haut et en avant.

On voit d'abord un premier pli de cette forme au NW de Debdou et dans les collines qui suivent la route de Debdou à Berguent. Il marque là un paroxysme qui s'affaiblit de part et d'autre du milieu de la courbe qu'il dessine. Il se termine périclinalement dans le Mekkam à l'Est, dans le Rekkam au SW.

De l'autre côté de la Moulouya se dresse alors à l'Ouest le grand pli du Resdis, dont l'extrémité septentrionale se poursuit dans le pli de Mahiridja qui s'ennoie sous la Tafrata et bientôt reparaît suivant le dispositif « en chenilles », dans le massif du Narguechoum et les monts qui lui succèdent vers l'Est. Au Narguechoum comme à Debdou nous avons affaire à un front de plis érodé et laissant voir le Paléozoïque mis à nu, poussé à travers une paroi amincie de Trias et de Jurassique.

2) On remarque la continuité entre ce régime et celui que H. Termier a décrit dans le Moyen Atlas septentrional (**16**). Le pli de Debdou apparaît comme le plus interne des plis de détail courant sur le grand pli de fond de l'aire du Moyen Atlas. Ces mouvements, plissements dysharmoniques ou plis de couverture par glissement local, sont en tout état orientés obliquement par rapport au mouvement d'ensemble du pli de fond qui, encadré entre le pli du Haut Atlas et l'aire du Rif ne peut se déplacer sans subir une torsion relative que traduisent les plis de surface. Ce mouvement de lente montée vers le N, également visible dans le plateau des phosphates et l'ensemble du pays Zaïan et Zaër, y dessine (**13, 16**) un vaste bombement à retombée septentrionale plus abrupte. Nous avons, depuis le pays de Settat à l'Ouest jusqu'au pays de Sebdou (Algérie) à l'Est, et sans doute bien au delà, une grande aire anticlinale appartenant à un pli de fond, à déversement NNW, dont la région frontale (et quelquefois, par érosion, d'autres régions) laissent apparaître le substratum paléozoïque et triasique.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les plis de surface se montrent surtout dans le Moyen Atlas septentrional et en bordure du Plateau de Debdou. Le pli de fond est limité par une dépression très bien tracée dans l'Ouest, hors de notre région d'étude, par le Gharb, la plaine de Meknès-Fès, et la vallée de l'Innaouen, bien plus confuse dans le pays qui nous occupe. L'examen détaillé que j'ai été amené à en faire, montre qu'il faut voir, comme limite N du pli de fond du Moyen Atlas la dépression qui, occupée par les dépôts miocènes et coupée de reliefs divers, s'étend entre la Méditerranée et le pied des monts de Debdou et des Zekkara, étant entendu que les reliefs qui se montrent dans sa partie N sont, les uns (Fourhal, Kebdana) des expressions prémonitoires de la formation de l'aire rifaine, repris et portés encore plus hauts lors du paroxysme rifain (post-helvétien), les autres (pitons de la plaine de Taourirt) des prolongements de plis moyen-atlasiens, ou les derniers termes (Masgout, Beni bou Mahiou) de la poussée Rif contre Moyen Atlas (5, 13).

BIBLIOGRAPHIE

1. 1908. L. Gentil. Esquisse géologique du massif des Beni Snassen. *B. S. G. F.* (4), t. VIII, pp. 391-417.
2. 1912. *id.* Le Maroc physique. Alcan, Paris.
3. 1926. R. Staub. Ueber Gliederung und Deutung der Gebirge Marokkos. *Eclogae geologicae Helvetiae*, Zurich, vol. XX, n° 2, févr., pp. 275-288.
4. 1927. F. Daguin. Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine. Thèse. *Serv. des Mines du Maroc.*
5. 1929. P. Russo et L. Russo. Recherches géologiques sur le NE du Rif. *Mém. Soc. Sc. Nat. du Maroc,* n° XX, 31 août.
6. 1930. J. Savornin. La région d'Oujda. *Notes et mémoires du Serv. de la Carte géol. du Maroc* (Paléontologie, par Roman et Dareste de la Chavanne).
7. 1930. P. Russo. La jonction de l'Atlas et du Tell dans le couloir Taza-Oujda. *B. S. G. F.* (4), t. XXX, 9, pp. 1121-1159.
8. 1931. *id.* Le couloir de Taza à Oujda. *Et. Géol. de la Méditerranée occidentale*, Barcelone, vol. V, n° I, part I, 3 mai.
9. 1932. L. Glangeaud. Étude géologique de la région littorale de la Province d'Alger. Thèse. *Serv. des Mines d'Algérie.*
10. 1933. Marçais, Fallot, Bourcart, Lacoste. Esquisse géologique du Nord du Maroc. Éch. 1/1.000.000e. État de 1931.
11. 1933. P. Russo. Observations géologiques dans la région volcanique de la basse Moulouya. Présence de mouvements anté-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

vindoboniens dans le SE du Rif oriental. *B. S. G. F.*, (5), t. III, pp. 533-540.

12. 1935. P. Russo. Présence de dépôts à faciès rifain dans les gorges du Kiss. *B. S. G. F.* (5), t. V, pp. 111-115.

13. 1936. *id.* Rapports tectoniques généraux des reliefs moyen-atlasiens *Ét. Géol. Médit. Occ.* Barcelone, vol. V, n° 10, partie I, 15 mars.

14. 1936. J. Marçais. Sur la constitution géologique de la région au N de Taza et de Guercif. *CR. Ac. Sc.*, 15 juin, pp. 2003-2005.

15. 1936. P. Russo. Le visage du Maroc, Manuel de géographie physique, Moncho éditeur, Rabat.

16. 1936. H. Termier. Études géologiques sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. Thèse. *Serv. de la Carte Géol. du Maroc.*

17. 1936. J. Marçais et van Leckwijck. Sur les affleurements du Jurassique supérieur dans le Rif oriental. *C. R. Somm. S. G. F.*, fasc. 4, pp. 60-62.

18. 1937. P. Russo. Sur l'âge kiméridgien des assises terminales des Beni Snassen occidentaux. *CR. Ac. Sc.*, t 205, p. 243, 19 juillet.

19. 1938. P. Russo. Le massif des Beni Snassen. *La Géographie*, n° 2, février, pp. 82-93.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

OBSERVATIONS SUR LES FILONNETS DU MAGMATIC STOPING DE SAINT-JEAN-DU-DOIGT (BRETAGNE)

PAR **René Perrin** ET **Marcel Roubault**[1].

Planches XXXIX ET XL

Une récente communication de M. Lelubre[2] et une description de Y. Milon[3] ont attiré notre attention sur le «magmatic stoping» de Saint-Jean-du-Doigt. Nous employons ce terme, qui tend à devenir classique dans la littérature géologique, dans un sens purement descriptif, et ceci n'implique bien entendu, de notre part, aucune adhésion à la théorie de Daly, qui suppose une venue de granite à l'état fondu.

Le réseau de filons, filonnets ou apophyses, qui accompagne un magmatic stoping donne, à un premier examen, l'impression subjective vraiment saisissante d'injection de liquide ; il est donc naturel que nous attachions un intérêt tout particulier aux apparences de cette sorte. Cet intérêt était encore renforcé, dans le cas particulier, par l'étrangeté des faits signalés par les dits auteurs ; larges veines, selon Milon, d'un granite schisteux à enclaves de diorite plus ou moins « estompées », existence, selon Lelubre, de filonnets d'albite. Ces remarques intéressantes nous laissaient soupçonner une complexité des phénomènes plus grande que celle d'une simple injection de magma fondu.

René Perrin, au cours d'un séjour en Bretagne, est allé examiner sur place le magmatic stoping de Saint-Jean-du-Doigt.

Le champ d'observations est considérable et mériterait une étude approfondie et de longues journées ; l'exemple de magmatic stoping est superbe ; de grandes surfaces, certaines presque horizontales et polies par les vagues, se prêtent très bien à l'observation ; les zones de granites à enclaves se présentent parfois elles-mêmes comme de grandes enclaves à l'intérieur de la diorite sillonnée de filonnets. La progression du granite présente

1. Note présentée à la séance du 20 novembre 1938.
2. Maurice LELUBRE. Note préliminaire sur le granite de Primel (Finistère). *C. R. somm. S. G. F.*, 1938, n° 7, p.116.
3. Yves MILON. *Mém. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, Rennes, III, 1936, p. 89-93, fig. 1-2.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

donc une allure très irrégulière et s'écarte quelque peu de l'allure classique du magmatic stoping.

Les constatations faites au cours de cette trop brève excursion, et les observations en lames minces de Marcel Roubault sur quelques échantillons, nous ont paru suffisamment importantes pour mériter d'être relatées dès maintenant, sans attendre une étude plus complète.

La roche initiale est une diorite à grain fin, dans ses parties restées les plus intactes. Son aspect est très semblable à la roche des grands filons, parallèles entre eux, qui recoupent si fréquemment les massifs granitiques de Bretagne. Elle est, en certaines zones, recristallisée plus largement et devient parallèlement plus leucocrate ; en d'autres points elle se charge de phénocristaux de feldspaths et prend l'aspect d'une roche à deux temps de cristallisation ; on observe des passages brusques, selon une ligne sinueuse, entre roches ainsi différemment transformées. Nous retrouvons ainsi des apparences tout à fait analogues à celles que nous avons constatées dans les enclaves mésocrates, modifiées par le granite des roches granitiques de l'Ile Illiec et des îles voisines, près Port-Blanc.

Les conditions de gisement de ces roches à phénocristaux, en petites plages, jointives et passant sans transition à d'autres diorites sans phénocristaux, nous paraissent exclure dans le cas particulier la genèse classique, dite à deux temps de cristallisation ; cependant la similitude est telle qu'un échantillon isolé serait classé indiscutablement par tout pétrographe dans cette catégorie de roches. Cet exemple constitue à nos yeux une nouvelle justification des idées que nous avons émises à ce sujet dans notre mémoire sur le granite : nous sommes convaincus, sans vouloir généraliser, que nombre de roches à phénocristaux, roches à texture dite microgrenue, doivent la présence de ces phénocristaux à des réactions ultérieures dans le solide, à un véritable métamorphisme.

Si l'on observe maintenant le réseau de filons et filonnets, on constate qu'un certain nombre d'entre eux sont à bords rectilignes, parallèles ou presque, évoquant vraiment une allure « d'injection » dans les fentes d'une roche disloquée : le dessin inséré par Y. Milon dans son article en donne une idée très exacte. Mais il est très fréquent également de voir des filons à bords sinueux, non parallèles ; leurs contours extérieurs ne se correspondent nullement et présentent de brusques variations de largeur ; les bords des enclaves s'arrondissent, comme l'avait observé Milon, et l'on ne peut, pour toutes ces raisons, échapper

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

à la conclusion, dès un premier examen superficiel, que l'ensemble des faits ne peut en aucun cas être attribué à une injection pure et simple et qu'il y a eu obligatoirement « corrosion » de la roche initiale.

Nous répéterons simplement, à propos de Saint-Jean-du-Doigt, ce que nous avons eu l'occasion de développer dans notre mémoire sur le granite : la corrosion seule est certaine et l'injection n'est qu'hypothèse.

Les filons présentent des aspects très variés ; en dehors du granite schisteux cité par Milon, existent d'autres textures, certaines mêmes sont pegmatitiques.

Mais, instruits par de premières études, nous avons porté notre observation principalement sur les filons minces, sur les filonnets naissants, si nous osons nous exprimer ainsi, les plus instructifs pour la recherche des origines. Nous avons pu recueillir quelques échantillons, principalement des galets, sans parvenir malheureusement à retrouver des exemples de tous les faits les plus caractéristiques observés sur le terrain.

Dès que l'on examine les filons minces, un fait frappe : ils apparaissent à l'œil nu comme formés de cristaux de feldspaths semblables à ceux qui existent dans la diorite ; ces cristaux sont plus ou moins gros, plus ou moins rapprochés et se détachent sur un fond de coloration tout à fait analogue à celle de la diorite : la parenté saute aux yeux et l'on n'a souvent nullement l'impression d'un « corps étranger injecté », d'une discontinuité.

Fréquemment de petits filons contiennent des enclaves de diorite. A la limite, si l'on observe attentivement, on voit des traînées légèrement plus leucocrates que la diorite, en forme de filonnets ; elles ne se distinguent du fond de la roche que par une cristallisation plus large des éléments et n'évoquent plus aucunement une injection liquide. Nous retrouvons là encore un fait déjà reconnu à plusieurs reprises dans les enclaves du granite des îles près de Port-Blanc.

Au microscope, l'examen de coupes de différents filonnets montre que les éléments constituants sont les mêmes que ceux de la diorite, essentiellement hornblende verte, plagioclase (andésine à 35 % d'anorthite environ), magnétite, un peu d'ilménite, de sphène et de zircon, quelquefois un peu de quartz. Seule la proportion des différents éléments et la dimension des cristaux varient du filon à la roche, d'un filon à l'autre et d'une partie à une autre de la roche. Dans un échantillon A, où l'œil nu discerne des plagioclases très rapprochés, la lame mince montre essentiellement de grands cristaux de plagioclases, un peu de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

hornblende en gros cristaux, de magnétite, de sphène, de zircon. La limite vis-à-vis de la diorite est très sinueuse, avec de nombreuses invaginations de la diorite dans le filonnet ; près de la bordure de celui-ci, de grands plagioclases contiennent en enclaves des petites sections de la hornblende de la diorite, et l'un d'eux a plusieurs petites enclaves de quartz de même orientation cristalline, s'éteignant simultanément.

A l'extrême, l'allure de simple recristallisation de la diorite, dont nous avons parlé ci-dessus (échantillon B), est entièrement confirmée par la lame mince : on observe un passage rigoureusement continu entre les zones à grain fin et les zones à gros grain ; aucune coupure n'est possible et les constituants sont les mêmes.

Entre ces deux cas, un échantillon C montre, en lame mince, un filonnet du type A à grande cristallisation et passage brusque à la diorite à grain fin, mais ce filonnet présente une protubérence latérale et celle-ci se termine par un passage progressif d'une grosseur de grain à l'autre sans aucune solution de continuité. Il établit la parenté entre le type A et le type B.

Ainsi similitude de composition complète entre filonnets et diorite modifiée, cette similitude pouvant aller jusqu'à l'identité, car en certains points de la diorite des accumulations de feldspaths conduisent aux mêmes roches que celles qui constituent des filons.

Nous retrouvons ainsi une allure de phénomène analogue à des cas observés par Alfred Lacroix dans les Pyrénées, par Auguste Michel-Lévy, par nous-même, à Flamanville. Dans le langage actuel, on dirait : il y a convergence entre l'endomorphisme et l'exomorphisme ; ne voulant pas nous contenter de qualifier un phénomène par un mot, nous interpréterons ainsi l'hypothèse implicitement exprimée dans les termes « les magmas, résiduaires ou non, injectés en filonnets ont réagi sur la roche encaissante pour donner naissance à des compositions et textures voisines de celles que la diorite a prises elle-même en certaines zones sous l'action du granite voisin ». Les autres observations que nous allons citer nous dispensent, à notre avis, de discuter en détail cette hypothèse ; déjà les faits que nous venons de relater nous semblent s'accorder davantage avec une deuxième hypothèse : « le réseau de filonnets résulte de modifications de la diorite initiale sous l'influence du granite, ces derniers termes étant pris dans leur sens le plus large, c'est-à-dire : réactions qui conduisent à la genèse du granite ou l'accompagnent. » Nous dirons sous une autre forme : « le réseau de filonnets n'est qu'un

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

aspect particulier de la transformation par exomorphisme de la diorite. » Nous rejoignons ainsi, sous une autre forme et avec une autre interprétation du mécanisme, les conceptions qu'Alfred Lacroix a exposées dans son 2e mémoire sur le granite des Pyrénées (p. 11)[1], si nous croyons, tout au moins, avoir interprété correctement sa pensée.

Mais voici, à notre sens, les observations capitales : nous avons pu découvrir, en nombreux exemplaires, des filonnets, certains, larges de quelques centimètres, qui ne sont plus constitués que par des cristaux de feldspaths isolés sur le fond de la diorite. Tantôt existent dans le sens de la largeur plusieurs cristaux de feldspaths, et l'on voit ainsi des traînées de cristaux ordonnées en apparences de bandes sur la roche, ces bandes s'entr'ouvrant parfois pour enclaver des portions de diorite sans grands feldspaths, tantôt les traînées sont extrêmement minces, de l'ordre du millimètre et composées de peu de files de cristaux ou même d'une seule. Un certain nombre d'entre elles sont absolument rectilignes sur des longueurs de plus d'un mètre. En un point enfin, nous avons pu observer des cristaux isolés de feldspaths dessinant de véritables plis ptygmatiques qui, sans avoir la belle régularité des plis ptygmatiques finlandais, n'en dessinent pas moins sur le fond de la roche des alignements à allure sinusoïdale de cristaux. Les lames minces montrent toujours les mêmes feldspaths, mais isolés sur le fond de la diorite ; quelquefois celle-ci est, entre les cristaux, un peu plus riche en amphibole et la dimension des cristaux de celle-ci est très légèrement augmentée ; d'autres fois, il n'en est pas ainsi.

C'est un nouvel et très bel exemple de faits observés à Rostrenen par Barrois [2], qui a créé pour eux le nom de « filons moniliformes », par Auguste Michel Lévy dans le Massif Central et par nous dans les îles près Port-Blanc ; René Perrin a pu observer, depuis, un cas plus saisissant encore peut-être, près d'Argenton (Finistère).

Plus rien ici qui puisse évoquer en quoi que ce soit une injection liquide et cependant ces filonnets sont à base des mêmes feldspaths et ont les mêmes formes que les filons que nous qualifierons de plus évolués. Il nous a été objecté qu'un liquide avait pu pénétrer par des fissures maintenant invisibles, il y

1. A. Lacroix. Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact. *Bull. serv. Cart. Géol. Fr.*, n° 71, t. XI.

2. Ch. Barrois. Le granite de Rostrenen, ses apophyses et ses contacts. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XII, pp. 1-119.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

aurait eu « cicatrisation »[1] puisque aucune fente ne peut être observée même au microscope. Sans parler du réseau vraiment compliqué et curieux de fissures cicatrisées, qui aurait pu donner naissance aux filonnets composés de traînées de plusieurs cristaux, nous serions curieux de connaître la composition des gouttes de liquide qui auraient pu donner naissance, par action sur une diorite composée essentiellement d'une hornblende et d'un plagioclase, à des cristaux de ce même plagioclase.

Un fait s'impose à nos yeux : sous l'influence des réactions qui ont accompagné la granitisation, se sont produites, dans le cas de Saint-Jean-du-Doigt, des recristallisations dans la diorite ; ces recristallisations ont donné naissance à des cristaux semblables à ceux de la diorite, mais elles sont accompagnées de diffusions d'éléments chimiques, d'échanges, car la proportion des différents éléments a changé ; ces phénomènes se sont traduits souvent par une transformation de plages de la roche, avec « feldspathisation » en particulier. Mais parallèlement les transformations ont affecté spécialement des zones privilégiées et ont conduit à des apparences de filons moniliformes, de filonnets rectilignes ou non, à bords parallèles ou non, puis de filons ; nous ne pouvons en effet attribuer une autre origine aux filons bien constitués, car on trouve tous les passages entre les filons « moniliformes », les filonnets et les filons.

Les deux phénomènes, métamorphisme de la roche et genèse du réseau procèdent des mêmes causes et présentent simplement des aspects différents ; l'existence fréquente des cristaux isolés et, par voie de conséquence, l'ensemble des faits, ne peuvent s'interpréter, à notre sens, que par les diffusions dans le solide, avec échanges, à l'exclusion d'injections de liquide.

Libre à chacun, s'il le désire, d'imaginer que ces réactions se passent par l'intermédiaire de liquides ou de gaz : le fait scientifique établi des réactions dans le solide rend cet intermédiaire superflu ; pour nous, nous parlerons toujours de diffusions dans le solide quand nous verrons naître des cristaux isolés au sein des roches homogènes, compactes et solides.

Nous convenons volontiers que cette genèse de files de cristaux isolés, alignés, et de filons parfois rectilignes sur de grandes

1. Cicatrisation égale recristallisation dans le solide, et nous ne pouvons interpréter autrement la belle observation d'Eskola sur une telle cicatrisation dans des roches orbiculaires ; la cristallisation de la matrice riche en hornblende est postérieure à la formation des fissures, et s'est donc effectuée dans le solide Pentti *Eskola*. — On the esboïtïc crystallization of orbicular rocks. — *The Journal of Geology*, vol. XLVI, N° 3, April-May 1938, page 456.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

longueurs, a de quoi surprendre, et nous en avons été les premiers surpris, mais les faits sont là, et ce ne sont pas les premières données scientifiques qui échappent à l'imagination. Nous avons déjà énoncé, pour expliquer ces apparences, une hypothèse : c'est un fait scientifique que les déformations, écrouissage de cristaux et, de façon générale, tout ce qui affaiblit la rigidité du réseau cristallin, augmente leur aptitude à la transformation, leur réactivité.

Les échanges chimiques dans les roches solides s'accompagnent obligatoirement de changements de volumes engendrant certainement des déformations, des tensions. Il n'apparaît pas absurde de penser qu'il se crée ainsi des zones, des bandes, plus ou moins écrouies, donc à réactivité plus grande, et que là est l'origine de la propagation orientée.

Citons simplement à l'appui de cette hypothèse une expérience bien connue, que le métallurgiste éminent Frémont répétait chaque année devant les élèves de l'École des Mines de Paris : il écrouissait légèrement à l'aide d'une marque à froid dessinant une lettre, une barre d'acier doux et procédait ensuite à un recuit ; un polissage ultérieur faisait apparaître à l'œil nu la lettre frappée ; toutes les parties de l'acier intéressées par l'écrouissage avaient, sous l'influence du recuit ultérieur, recristallisé en grains beaucoup plus gros que le reste du métal.

Nous ajouterons en terminant que, si dans le cas de Saint-Jean-du-Doigt, diorite, filons et filonnets présentent une parenté minéralogique saisissante, il n'en est pas toujours ainsi, loin de là, et qu'il est d'autres cas où le réseau en apparence de filonnets et les cristaux isolés, quand il en existe, sont minéralogiquement essentiellement différents du fond de la roche. Nous en avons déjà publié un exemple de l'anse de Sciottot près Flamanville [1] ; il en est d'autres.

1. R. Perrin et M. Roubault. Deux observations sur le lacis d'apparence filonienne dans les roches de contact du granite de Flamanville. *C. R. somm. S. G. Fr*, 20 juin 1938, n° 13, p. 191.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXPLICATION DES PLANCHES XXXIX ET XL

Planche XXXIX

Photographie 1. — Contact entre deux zones différemment transformées de la diorite à grain fin initiale. La zone de diorite est devenue semblable à une roche dite à deux temps de cristallisation. La zone inférieure est très « feldspathisée » et a recristallisé en éléments plus larges ; au contact son aspect est devenu identique à celui de certains filonnets (Saint-Jean-du-Doigt, grandeur naturelle).

Photographie 2. — Bandes de cristaux de feldspaths isolés dont l'agglomération présente un aspect de filon (Saint-Jean-du-Doigt, grandeur naturelle).

Planche XL.

Photographie 1. — Filonnet à bords sinueux non parallèles, montrant l'existence de la « corrosion ». Remarquer en outre, à droite du filonnet, le contact entre deux parties de diorite différemment transformées (Saint-Jean-du-Doigt, grandeur naturelle).

Photographie 2. — Filonnet « moniliforme » constitué d'une seule bande de cristaux de feldspaths isolés sur le fond de la diorite (Saint-Jean-du-Doigt, grandeur naturelle).

Photographie 3. — Simple recristallisation de la diorite ordonnée en allure de filonnets. Dans le cas présent il y a eu en outre naissance de quelques gros cristaux de feldspath (Saint-Jean-du-Doigt, grandeur naturelle).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU GRANITE DE PRIMEL (FINISTÈRE)

PAR **Maurice Lelubre** [1].

PLANCHE XLI

RÉSUMÉ.

La région qui s'étend de Primel à Bec-an-Fry (Finistère) montre l'affleurement d'un batholite granitique dont la mise en place semble s'être effectuée en deux stades principaux. D'abord, les injections granitiques ont transformé des compartiments sédimentaires en roches à amphibole (sortes de « diorites hybrides ») tandis que l'endomorphisme du granite aboutissait à des diorites. Les mouvements tectoniques hercyniens, déjà amorcés, se sont accentués, broyant et disloquant les roches, amenant des sédiments peu métamorphisés en contact anormal avec des diorites. Enfin le granite a pénétré de nouveau dans ce complexe fracturé où des tassements, tendant à rétablir un état mécanique stable, déterminaient d'innombrables fissures remplies très rapidement vraisemblablement par voie pneumatolytique.

INTRODUCTION.

Le granite de Primel présente des phénomènes de métamorphisme de contact remarquables, montrant sur une dizaine de kilomètres tous les détails de sa mise en place avec injection dans un ensemble de roches basiques antérieurement consolidées.

Le Trégorrois se termine à l'Ouest par une large pointe qui s'avance dans la Manche entre les deux angles rentrants formés par la rivière de Morlaix à l'W et la baie de Saint-Michel-en-Grèves à l'E. Un massif complexe de roches dioritiques et métamorphiques en constitue le substratum de Plougasnou à Lanmeur; la bordure W est occupée par un gros batholite granitique et un peu partout le granite pénètre dans les diorites sous forme de filonnets ou de petits massifs dont le plus important forme la pointe de Beg-an-Fry. La côte, rocheuse et découpée, décapée par la mer, offre de magnifiques affleurements qui permettent de voir les relations de toutes ces roches entre elles. A l'intérieur, les affleurements sont rares et isolés, et très altérés: ailleurs, le limon masque le substratum. Tout cet ensemble est bordé au Sud et à l'Est par des formations sédimentaires nettes : schistes,

1. Note présentée à la séance du 21 novembre 1938.
30 mai 1939.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

quartzites, poudingues,.... plus ou moins métamorphisées, et dont une partie au moins est carbonifère.

La géologie de cette région fut établie par les beaux travaux de M. Barrois, précisés par M. Milon.

C'est en 1888 que M. Ch. Barrois (2) étudie pour la première fois de façon détaillée les roches du « canton de Lanmeur » ; il démontre la postériorité du granite dont il décrit le mode d'injection dans les diorites des falaises de Saint-Jean-du-Doigt et de Plougasnou. En 1908, dans la légende de la feuille de Lannion (3), il indique l'existence de deux granitisations successives, par le granite à amphibole et les diorites de Coutances précambriens, puis par le granite de l'Aber-Ildut carbonifère qu'il rattache « à la grande traînée monoliforme qui s'étend de l'Aber (Brest) à Flamanville et à Jersey ».

Dans sa thèse en 1928, M. Milon (14) remet en question l'âge des formations volcaniques et des granites du Trégorrois qui pourraient être dévono-carbonifères, le matériel transformé n'étant guère plus ancien. En 1936 (15) il publie quelques observations sur la mise en place du granite dans les diorites de Saint-Jean-du-Doigt, qu'il rapproche du processus décrit par Barrell (1) et Daly (5) sous le nom de « magmatic stoping ».

Enfin, en avril 1938, dans une note préliminaire (9), j'ai indiqué que l'injection du granite était postérieure au broyage des roches qu'il pénètre.

Nous étudierons successivement les massifs granitiques et leurs contacts, puis les injections entre Primel et Bec-an-Fry, dans leurs rapports avec les autres roches.

Qu'il me soit permis de remercier ici bien sincèrement M. le professeur Michel-Lévy et Mme Jérémine qui m'ont constamment aidé au cours de ce travail.

LES MASSIFS GRANITIQUES.

Massif de Primel. — Le granite est bien exposé le long de la côte, de Térénez à Primel ; cette région granitique forme une plate-forme arasée par rapport à l'arrière-pays de roches basiques ; toute la baie de Morlaix est parsemée de rochers et d'îlots granitiques, autres restes de la vaste ellipse qui s'étend jusqu'à Carantec et Saint-Pol-de-Léon.

Le granite, assez homogène avec des variations locales, est découpé par de nombreux plans de séparation en blocs parallélipipédiques ; le plan le plus net est orienté sensiblement NS,

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

vertical à Primel, avec un pendage de 60° au N de Térénez où il apparaît en bancs empilés et plongeant vers l'W.

Granite. — Le type moyen est un granite rouge alcalin, leucocrate, à grain de quelques millimètres.

Au microscope, l'albite souvent presque automorphe est peu abondante ; les grains de quartz qui la moulent, parfois à extinction roulante, sont souvent corrodés et renferment de nombreuses lignes d'inclusions liquides à libelle mobile ; le microcline est le feldspath dominant, en grandes plages xénomorphes faculées d'albite, avec des sections à quadrillage caractéristique, on observe souvent l'interpénétration de cristaux voisins ; le seul élément coloré est la biotite en lamelles peu nombreuses souvent déchiquetées, avec inclusions de zircons à auréole polychroïque.

Ce granite est pauvre en barylites, mais vers Térénez, il se charge de biotite orientée NS ; il passe au N à des variétés porphyroïdes riches en biotite et à des pegmatites.

Entre le Diben et le Guerzit affleurent des granites à grain fin, à schistosité apparente très fine et orientée 60° NE ; au microscope, on voit un assemblage de petits grains de quartz et de feldspath engrenés, avec des traînées de biotite orientée : il s'agit vraisemblablement de roches écrasées. D'ailleurs, un peu au N, à la pointe Annelousten, une zone de même orientation de roches compactes apparaît au microscope comme broyée, montrant des épaves d'albite et de quartz plus ou moins effilochées, noyées dans une pâte à grain variable où l'on distingue des débris de quartz et de feldspath.

Pegmatites. — Un cortège de pegmatites accompagne aussi le granite, surtout vers Saint-Samson. Ce sont tantôt de larges filonnets renfermant quartz, microcline, et de grandes lames de mica très altéré, tantôt un réseau de minces filonnets riches en tourmaline noire, qui traversent le granite.

Dans les falaises de Saint-Samson, le granite passe insensiblement à des pegmatites où de grands cristaux de quartz, de microcline vert et de muscovite palmée sont accompagnés de tourmaline noire très abondante.

Au milieu de la plage, un gros massif de roches basiques d'une centaine de mètres, enclavé dans le granite, est traversé d'un réseau de filonnets pegmatitiques d'une dizaine de cm. d'épaisseur, croisés à angle droit.

Filons de microgranite. — La côte SW de la pointe de Primel montre des filons de microgranite schistoïde, de 0 m. 75 d'épaisseur, orientés 45° NW avec pendage S 60°.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Enclaves. — Le granite renferme de nombreuses lames de roches vertes de 1 à 2 m. d'épaisseur, d'allure filonienne, orientées 60° NE avec pendage NW 45°. Le contact avec le granite encaissant est extrêmement tranché, mais de part et d'autre sur une trentaine de cm, on voit une zone verdâtre d'exomorphisme très nette. Vers la pointe de Primel certains de ces pseudo-filons sont écrasés et passent à des lits schistoïdes phylliteux que la mer érode facilement. Au microscope, on voit une hornblende verte abondante, en lamelles déchiquetées vert pâle, sans doute secondaire ; quelques débris de grands cristaux de plagioclases subsistent, mais la chlorite en baguettes et en houppes abonde ainsi que la zoïsite : l'ilménite est très fréquente mais dispersée. Il s'agit donc vraisemblablement de roches transformées, d'enclaves énallogènes du granite. D'ailleurs quelques-unes apparaissent tout injectées de filonnets aplitiques.

A Saint-Samson, le massif de roches vertes enclavé dans le granite dont nous avons déjà parlé est endomorphisé par le granite qui y pénètre en apophyses aplitiques et pegmatitiques isolant vers les bords des blocs de tailles diverses. L'action du granite se marque surtout par un large développement de petits cristaux de hornblende verte contenant de gros zircons à auréole polychroïque, et de biotite polysynthétique. Le granite prend fréquemment, au voisinage des enclaves, une structure granulitique et est riche en myrmékite.

Ces enclaves énallogènes semblent représenter des matériaux repris par le granite ; soit d'anciens filons de diabase, soit des roches diverses métamorphisées.

Contacts. — Les contacts avec les roches vertes encaissantes sont presque partout masqués par le limon ou les dépôts superficiels ; seule la côte E de la baie de Primel permet de bien voir les phénomènes.

Les roches vertes changent progressivement d'aspect en se rapprochant du granite. A la petite jetée du port de Primel, elles sont lourdes, mélanocrates, à grain fin, parcourues de minces filonnets leucocrates qui les découpent en petits fragments à contours anguleux ; quelques gros filons aplitiques atteignent un mètre d'épaisseur. Puis les filonnets leucocrates deviennent plus nombreux, le grain de la roche grossit, avec par place proportion plus forte de plagioclases. On aboutit ainsi à des roches mésocrates à gros grain, traversées par des filons d'aplite ou de pegmatite à amphibole. Quelques petits massifs de granite finement grenu ou de gros filons émettent des apophyses latérales. Par place, les roches vertes passent à de grandes taches pegmatitoïdes

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

formées de plagioclases et d'amphibole en grands cristaux. A une centaine de mètres du contact, un filon de microgranite orienté 70° NE avec pendage S 60° recoupe toutes les autres roches. Le contact immédiat du granite est caché par des galets, mais à deux mètres des roches vertes en place apparaît le granite franc, homogène, sans enclaves, identique à celui de la pointe de Primel.

Au microscope, les roches vertes sont assez diverses d'aspect. Elles montrent souvent une structure doléritique : de grandes plages de hornblende verte très pâle (ouralite) englobent poecilitiquement des baguettes d'andésine (40 à 45 % An) ; mais ces plagioclases sont ordinairement brisés et les fragments cimentés par de petits cristaux d'amphibole de néoformation ; il s'agirait donc de dolérites cataclasées et reprises par le métamorphisme. Les roches à faciès pegmatitique renferment des plagioclases plus alcalins : oligoclase (10 % An) en grandes plages en voie de transformation en zoïsite et séricite, associé à de grands cristaux de hornblende verte, avec épidote, chlorite secondaires.

En somme, le contact est assez brusque ; il se marque d'une part par les filonnets et apophyses que le granite envoie dans les dioritcs, d'autre part par les faciès pegmatitiques à plagioclases plus alcalins des roches vertes recristallisées. Le granite ne présente ici aucun phénomène d'endomorphisme.

Massif de Bec-an-Fry. — Une série de petits affleurements fait apparaître le granite tout le long de la côte vers l'E, mais le seul massif important est celui de Bec-an-Fry.

Le granite rouge, leucocrate, découpé de diaclases nombreuses, est très analogue à celui de Primel, avec un grain plus fin, une structure plus granulitique ; les quartz, souvent corrodés, sont remplis d'inclusions liquides qui contiennent ordinairement un libelle gazeux associé à un petit cristal solide (peut-être un cube NaCl). Sur le terrain ce granite présente vers les bords des variations endomorphiques en taches vertes ou grises.

A 500 m. à l'W de l'extrême pointe de Bec-an-Fry, apparaissent des enclaves schisteuses ayant quelques cm. à plusieurs mètres ; ces fragments, anguleux, ont leur schistosité orientée dans tous les sens (pl. XLI, fig. I), certains sont les morceaux d'un même bloc brisé ; on voit que des phénomènes mécaniques ont accompagné la mise en place du granite. Au microscope, les enclaves schisteuses présentent des zones de petits cristaux de biotite orientés normalement au contact, dans un enchevêtrement de lamelles de biotite et de muscovite ; des plages mal dé-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

finies d'albite se développent, en englobant des paillettes de muscovite, la hornblende verte n'existe que dans la zone de contact ; le granite au contact est riche en baguettes d'oligoclase (15 % An) moulées par du quartz intersticiel, avec biotite, ilménite et sphène.

A cette zone, large d'une vingtaine de mètres, succèdent des schistes en masses plus grandes où la schistosité devient constante en direction EW avec plongement N 45° ; le granite les métamorphise, y pénétrant en apophyses, en filons, ou en masses confuses.

Ces roches sédimentaires alternent plus loin avec des roches à amphibole injectées aussi de granite.

Ainsi, les phénomènes mécaniques et d'assimilation semblent avoir joué concurremment dans la mise en place du granite.

LES INJECTIONS GRANITIQUES ENTRE PRIMEL ET BEC-AN-FRY

Le complexe qui affleure entre Primel et Bec-an-Fry comporte des schistes plus ou moins gréseux métamorphiques, des roches à amphibole intactes ou écrasées, injectés par des granites.

Les roches sédimentaires. — Il n'en subsiste que des lambeaux isolés, à l'W de Bec-an-Fry (vers Crechmeur), et un peu à l'W vers Runglas et Kerdren.

Nous avons décrit le contact du granite de Bec-an-Fry avec les schistes ; leur direction EW s'infléchit vers Crechmeur, devient 70-80° NE, puis 60° NE ; c'est cette direction que présente un massif filonien de granite ou de microgranite écrasé qui les traverse ; les zones de contact laminées indiquent la postériorité de l'écrasement par rapport à la mise en place.

Des roches cristallines amphiboliques (diorites surtout), injectées de granite, succèdent aux schistes sans qu'on puisse voir nettement leurs relations ; les schistes réapparaissent un peu plus loin, à l'E de la côte 83, gris luisants, pénétrés de filonnets quartzeux et granitiques, dirigés EW avec pendage N, sur une cinquantaine de mètres.

Les hautes falaises de la côte, au débouché de la petite vallée de Runglas, présentent des roches stratifiées plissées. Leurs relations avec les diorites et les granites qui les entourent sont complexes. Dans la falaise, on voit nettement les couches sédimentaires dessinant des ondulations reposer sur des diorites injectées par un grand plan de contact anormal à léger pendage SW

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

(pl. XLI, fig. 2) ; un peu plus à l'W elles forment des paquets plissés, discontinus, emballés dans les diorites, avec de nombreuses surfaces d'écrasement.

On peut voir en certains points, à marée basse, des filonnets aplitiques traversant les diorites, les transformant en véritables brèches, arriver au contact des sédiments : dans la zone de 0 m. 10 qui sépare les deux roches, des fragments anguleux de schiste et de diorite sont englobés par le magma granitique nettement postérieur (fig. 1).

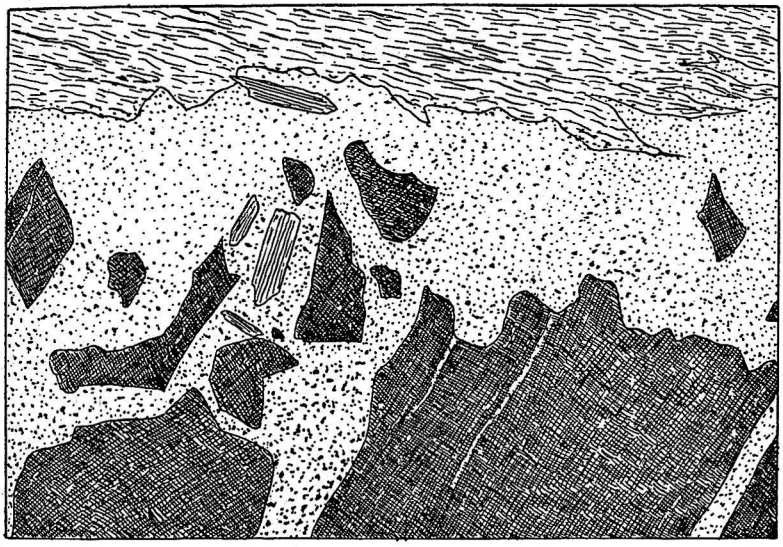


Fig. 1. — Injections granitiques dans des diorites en contact avec des schistes gréseux. Runglas, côte entre Saint-Jean-du-Doigt et Bec-an-Fry.

Les filonnets acides semblent souvent se continuer à travers les roches sédimentaires, où ils sont à peine visibles, jusqu'au delà, dans les diorites.

On peut penser que des mouvements tectoniques ont affecté des sédiments argilo-gréseux déjà envahis par des diorites ; les premiers, plus plastiques, se sont plissés, tordus, glissant comme des copeaux sur les diorites plus rigides ; le granite aurait repris postérieurement tout ce matériel complexe, disloqué.

Les roches a amphibole. — Tout le long de la côte affleurent surtout des diorites, grenues ou doléritiques.

Au microscope, certaines présentent de grandes plages de hornblende verte souvent ouralitisée, des cristaux d'andésine

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

brisés, envahis à la périphérie par de fines baguettes d'amphibole polysynthétique, des prismes abondants d'apatite, des trames très fines ou des grains d'ilménite, avec sphène, épidote, pyrite... D'autres sont doléritiques, la hornblende verte (ou l'ouralite) moulant poecilitiquement des andésines (40-45 % An) brisés ou intacts mais transformés vers le centre en zoïsite et séricite. Il existe aussi des roches à hudsonite renfermant des quartz brisés, de grands cristaux d'albite-oligoclase en voie de transformation en zoïsite et séricite, de la hudsonite en larges plages ou naissante en houppes ou en baguettes polysynthétiques enchevêtrées, apatite et ilménite abondantes.

La présence dans ces roches de minéraux brisés (quartz, feldspaths) et de néogenèse (amphiboles polysynthétiques, chlorite, épidotes) conduit à penser, comme je l'ai déjà indiqué (9), que le métamorphisme a agi sur un matériel déjà broyé. On observe constamment l'ouralitisation de la hornblende, la transformation de plagioclases en zoïsite et séricite, indiquant des changements dans les conditions d'équilibre du milieu.

Lorsqu'on se rapproche du massif granitique de Primel, les roches vertes prennent un faciès pegmatitique. A l'E de la plage de Trégastel-Primel, il n'y a plus guère que de telles « pegmatitoïdes » où les individus cristallins de hornblende verte et d'oligoclase (10-15 % An) atteignent parfois une dizaine de cm., accompagnés de zoïsite, chlorite, épidote. Souvent on voit au milieu de roches plus sombres des taches ou des filonnets formés uniquement de plagioclases, avec pyrite fréquente ; ces pegmatitoïdes se présentent aussi en nids pouvant être très étendus et à bords diffus, ou en filons dans des diorites grenues ou ophitiques.

Diorites « hybrides ». — Fréquemment les diorites sont hétérogènes, présentant des traînées allongées leucocrates mêlées à des parties plus sombres : ces traînées, à limites tantôt floues tantôt précises, ont des formes allongées, rectilignes ou contournées, plissotées, souvent comme fondantes. Par place, les zones mélanocrates prennent des contours plus nets, anguleux, formant des blocs que le magma leucocrate sépare et englobe (fig. 2).

A l'W du rocher dit du « Chevalier », on voit bien le passage des traînées leucocrates à des granites en masses plus grandes. Les coupes horizontales montrent le granite s'insinuant en formant dans les roches à amphibole une sorte de brèche qui devient de plus en plus floue et passe à ces roches hybrides (fig. 3) ; les parties acides se chargent progressivemeut d'amphibole, les feldspaths deviennent plus basiques. Des coupes verti-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

cales présentent les diorites s'effilochant vers le bas dans le granite et parcourues de traînées pegmatitiques contournées.

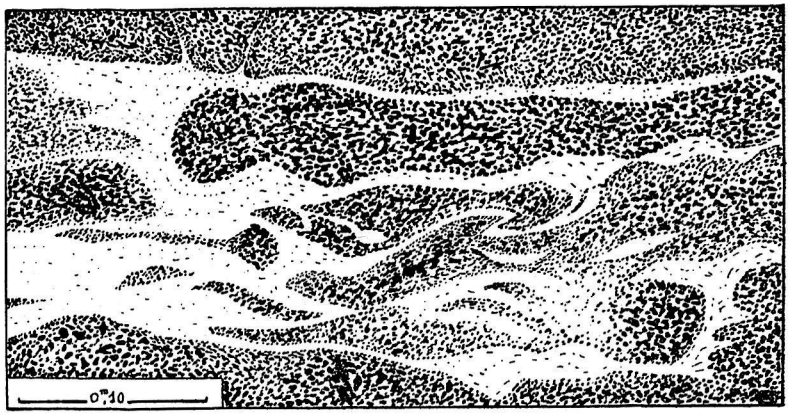


FIG. 2. — Diorites hybrides. Côte W de Plougasnou.

Ces roches sont souvent recoupées par des filons aplitiques nettement postérieurs et on distingue bien sur le terrain les filonnets aplitiques d'âge différent.

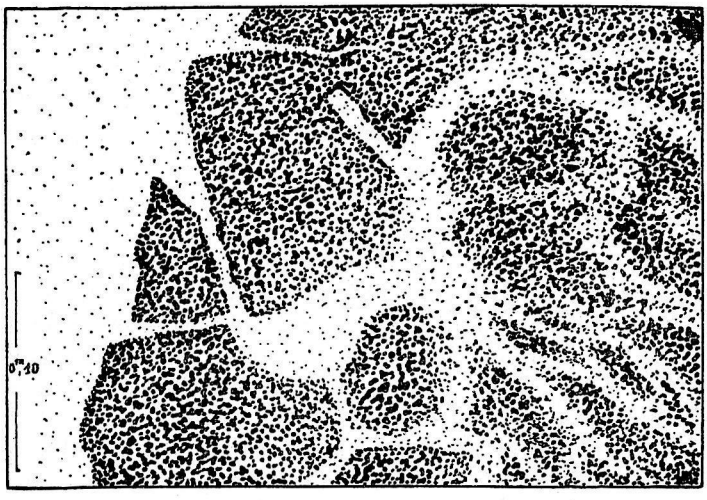


FIG. 3. — Passage des brèches d'injection à des roches hybrides. Côte W de Plougasnou.

Au microscope certaines de ces roches présentent une structure orientée, des plagioclases granoblastiques entourés d'am-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

phibole polysynthétique. On a l'impression que la granitisation ayant abouti à la formation de ces roches a été contemporaine de tensions qui leur ont imprimé leur structure souvent plissotée.

A. C. Waters (17) a décrit récemment des phénomènes semblables au contact du batholite de Chelian (États-Unis) avec dioritisation de schistes à hornblende. En Ecosse, Mac-Gregor a étudié des cas de dioritisation comparables (10, 11).

Granitisation. — En 1888 déjà, M. Barrois (2) avait noté que le granite peut s'injecter dans ce complexe soit en filons tranchés, soit en lacis de branches anastomosées transformant la diorite en une brèche à fragments anguleux, soit enfin en y pénétrant, mêlant ses éléments acides pour aboutir à des roches à amphiboles.

Le dernier mode d'injection n'offre pas beaucoup de particularités. De petites ellipses sont formées de granite aplitique, dont le grain devient plus fin vers les bords, et qui passe insensiblement sur un ou deux mètres à des diorites en donnant des roches mixtes à grain fin.

Mise en place du granite avec formation de brèches d'injection. — Ce processus, le plus fréquent, est magnifiquement exposé dans les falaises à l'E de Saint-Jean-du-Doigt où M. Milon a récemment attiré l'attention sur lui (15).

C'est d'abord un réseau de filonnets aplitiques ou pegmatiques qui pénètre dans les diorites, filonnets rectilignes ou brisés, de quelques cm. à quelques dm. de large ; ils se recoupent en isolant des blocs à contours anguleux ; dans certaines zones, ils s'anastomosent, s'élargissent, englobent des fragments plus petits, parfois encore en connexion, parfois isolés (pl. XLI, fig. 3).

Ces zones, où l'élément granitique domine, deviennent de plus en plus prépondérantes, la diorite se fragmente en morceaux de toutes tailles, encore jointifs ou largement séparés comme s'étant écartés plus ou moins les uns des autres. On aboutit de cette manière à des sortes de « brèches d'injection » où des blocs de diorite sont enrobés dans un ciment granitique. Les contours des blocs sont ordinairement nets, limités souvent par des lignes courbes, lignes de fracture sans doute (fig. 4).

A Jersey (Sorel Point), A. K. Wells et S. W. Wooldridge ont décrit en détail des faits identiques (18).

Ces brèches d'injection affleurent sur de grandes surfaces. Localement, on peut voir le passage à des massifs de granite franc. Les exemples les plus démonstratifs se voient immédiatement à

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

l'E de la plage de Saint-Jean du-Doigt ; là, de petits massifs granitiques d'une vingtaine de mètres de large, orientés SW-NE, sont injectés dans les diorites et on voit le passage latéralement et vers le toit ; le toit dioritique s'effrite en quelque sorte vers le bas, le granite aplitique sépare des fragments qui gardent encore de part et d'autre des contours identiques, devenant vers le bas de plus en plus petits et espacés ; les apophyses émises par le granite pénètrent fort loin dans les roches (pl. XLI, fig. 4).

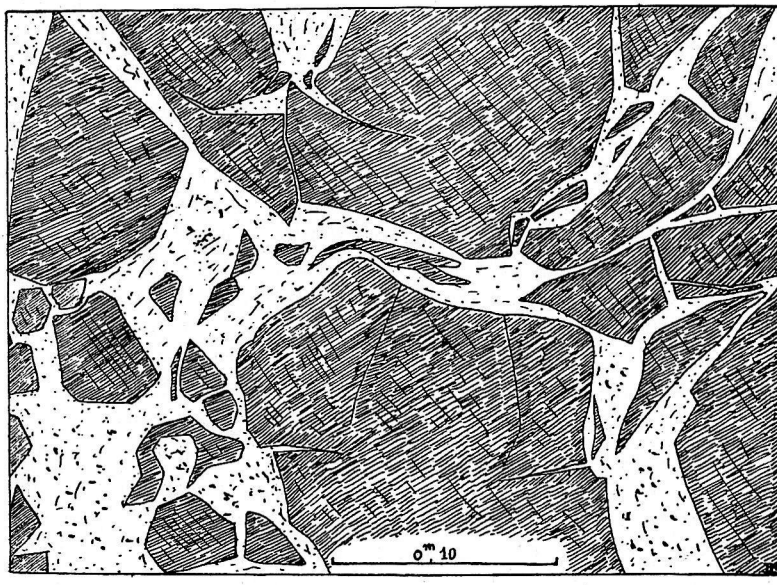


FIG. 4. — Brèches d'injection : enclaves anguleuses de diorite dans un ciment granitique. Côte E de Saint-Jean-du-Doigt.

Vers Primel, les filonets acides deviennent pegmatitiques, les plages de feldspath et de hornblende verte sont souvent orientées normalement aux bords des enclaves ; les contours de celles-ci sont souvent marqués par une abondance plus grande d'amphibole. Ce réseau pegmatitique est orienté en gros SW-NE comme les massifs granitiques.

Filons granitiques. — Les roches vertes sont également recoupées par des filons aplitiques de 1 à 2 m. d'épaisseur, de direction variable. A l'W de la plage de Plougasnou, de tels filons sont orientés SW-NE avec pendage N 25°.

Certains de ces filons présentent aux salbandes une zone de 10 à 30 cm., verdâtre, sombre. Au microscope, on voit que

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tandis que l'aplite est formée essentiellement de grains de quartz et de baguettes d'albite, ces zones externes ne contiennent plus de quartz mais sont riches en hornblende dont les lamelles cimentent les baguettes de felsdpath : ce seraient des zones d'endomorphisme.

Les dernières manifestations de la mise en place du granite sont données par des filons de microgranite présentant des phénocristaux d'andésine dans un fond microgrenu de quartz et de feldspath.

Des filons lamprophyriques riches en hornblende, zoïsite et quartz recoupent aussi diorites et aplites.

Mécanisme de l'injection granitique. — Pour expliquer des phénomènes analogues, Barrell (1) puis R. A Daly (5) avaient imaginé que le toit du batholite, brisé par des processus variés (poussée du magma, chauffe différente des roches, mouvements tectoniques, etc.), tombait en fragments par gravité dans un magma visqueux formant un substratum moins dense : c'est la théorie du « magmatic stoping ». Mais on a formulé de nombreuses objections. Ici en particulier on ne voit aucune fluidalité dans les roches, il n'y a pas non plus trace de verre indiquant une phase liquide. Le granite semble s'être mis en place en détente, après la phase tectonique hercynienne majeure : rien n'indique une poussée de magma. Les diorites auraient été cassées par les tensions tectoniques en fragments anguleux qui ont eu tendance à s'écarter ensuite, des tassements consécutifs rétablissant un équilibre mécanique ; les fissures et les vides ainsi produits semblent avoir été remplis presque aussitôt produits.

Il paraît sage pour expliquer ce remplissage de songer à la pneumatolyse, déjà invoquée depuis longtemps en particulier dans la genèse des pegmatites. Les travaux classiques de M. Lacroix sur les pegmatites de Madagascar (8), après ceux de Daubrée (6) et de bien d'autres auteurs, ont mis en lumière son rôle considérable. Des recherches récentes ont apporté à ces vues déjà anciennes une base expérimentale ; M. van Nieuwenburg (16) a montré que les silicates pouvaient être dissous et déplacés facilement par des vapeurs (eau par ex.) à l'état supercritique, à des températures relativement basses (de l'ordre de 600°) ; en opérant dans des conditions tout à fait différentes, M. Michel-Lévy (12, 13) a pu obtenir, dans des expériences de micropyrotechnie, la cristallisation presque instantanée de silicates, carbonates, oxydes métalliques à partir d'atmosphères ionisées sous de très hautes pressions (de l'ordre de 4.000 kg. cm^2,) et tempéra-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tures (de l'ordre de 4.000°). Enfin les données du volcanisme montrent le rôle très important des éléments à l'état gazeux.

On peut concevoir comme des bouffées de vapeurs et de gaz riches en silice et en oxydes, envahissant les fissures formées en profondeur par le jeu tectonique, les divers silicates cristallisant rapidement par suite de l'évolution des conditions physiques du milieu.

Les roches écrasées. — Le broyage a affecté schistes, roches à amphibole et granites.

Fig. 5. — Filonets pegmatitiques plissotés et étirés dans des diorites écrasées. Côte W de Plougasnou.

Des bandes de diorites écrasées, larges d'une dizaine de mètres affleurent entre Primel et Plougasnou (vers le Carbon), orientés NS, subverticales. Ces roches, mélanocrates, à texture parallèle, renferment des filonnets pegmatitiques ou quartzeux plissotés et étirés, indiquant une injection antérieure à l'écrasement (fig. 5). Des aplites associées et contenant des enclaves amphiboliques sont aussi écrasées. Au microscope se voit une mouture de feldspath et de quartz avec un large développement de hornblende verte polysynthétique, sphène abondant en traînées granuleuses ou en cristaux nets, ilménite en grains et en carcasses remplies de sphène, apatite, zoïsite, zircon.

Il existe des filons écrasés nets d'aplite ou de microgranite. Le plus typique se trouve sur la côte au NE de Kerdren, orienté 60° NE avec pendage N 80°. Les diorites qui le bordent sont laminées au contact, schistoïdes ; l'écrasement a même provoqué le boudinage d'une lame de roche amphibolique enclavée, autour

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de laquelle la roche s'est courbée. Au microscope apparaissent au milieu d'une mouture très fine quarzto-feldspathique de grands quartz broyés à extinction roulante et des débris de microcline et de plagioclases ; souvent la mouture prend, surtout dans le sens de la schistosité, autour des grandes épaves, une structure très fine rappelant l'aspect de la micropegmatite et due sans doute à une remise en mouvement de la silice ; il y a très peu de muscovite et d'épidote. De tels filons écrasés sont assez fréquents et on peut remarquer que les roches basiques traversées ont beaucoup mieux résisté à l'écrasement.

Ainsi, une phase de broyage intense semble avoir eu lieu entre deux mises en place de granites ; mais celles-ci ont-elles été séparées par un long intervalle de temps (Précambrien à Carbonifère comme le laisse entendre M. Barrois), ou sont-elles consécutives? Le passage des granites anciens à des diorites, par des roches hybrides à structure souvent orientée ou plissotée, paraît indiquer la présence de tensions mécaniques durant la première venue granitique ; d'autre part les granites récents montrent des zones écrasées et des déformations de certains minéraux qui pourraient bien signifier la continuation des mouvements tectoniques. Nous rejoignons ainsi les conclusions de Wells et Wooldridge pour des granites semblables de Jersey (18).

M. Barrois admet un âge carbonifère pour le granite de Primel comme pour les autres batholites du même alignement (4). Quant au matériel transformé, est il antécambrien (briovérien) ou dévono-carbonifère, l'étude des terminaisons E et SW du massif pourrait peut-être le préciser.

CONCLUSIONS.

La région que nous venons d'étudier montre l'affleurement d'un batholite granitique dont on peut se représenter ainsi la mise en place. D'abord certains compartiments sédimentaires inférieurs ont été injectés, transformés en roches à amphibole diverses tandis que le granite était endomorphisé avec formation de diorites ; des apophyses et des filons acides étaient envoyés plus loin dans les sédiments argileux ou argilo-gréseux du toit. Les mouvements tectoniques hercyniens, déjà amorcés, se sont accentués, broyant et disloquant les roches, amenant des paquets de schistes peu métamorphiques en contact anormal avec des roches basiques. Enfin le granite a pénétré de nouveau dans tout ce complexe fracturé, métamorphisant les schistes, formant des brèches d'injection en remplissant les fissures par pneumatolyse.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Au point de vue lithologique, deux processus semblent avoir caractérisé la mise en place du granite. C'est d'abord la formation de diorites et la transformation de roches sans doute sédimentaires en diorites hybrides. Mais ces phénomènes se sont trouvés en partie effacés par l'intrusion, sans doute par voie pneumatolytique, de granite, conduisant à des brèches d'injection si largement développées.

BIBLIOGRAPHIE.

1. Barrel (J.). Geology of the Marysville Mining District, Montana. A study of igneous intrusion and contact metamorphism. *U. S. Geol. Surv.* Washington, 1907. *Prof. Paper* n° 57, in-4°, 178 p., 9 fig., 16 pl.
2. Barrois (Ch.). Observations préliminaires sur les roches des environs de Lanmeur (Finistère). *Ann. Soc. Géol. Nord.* Lille, 1888, XV, p. 238-247, pl. 4.
3. Barrois (Ch.). Légende de la feuille de Lannion (n° 41 de la carte géologique de France au 1 : 80. 000). *Ann. Soc. Géol. Nord.* Lille, 1908, XXXVII, p. 205-227.
4. Barrois (Ch.). Les grandes lignes de la Bretagne. Livre Jub. Cent. Soc. Géol. Fr., 1930, p. 83-100, pl. XXI-XXII.
5. Daly (R. A.). Igneous rocks and the depth of the earth. New-York, 1933, in-8°, xvi-598 p., 190 fig., 3 pl.
6. Daubrée (A.). Études synthétiques de géologie expérimentale. In-8°, 828 p., 181 fig. Paris, 1879.
7. Harker (A.). Metamorphism. A study of the transformations of rock-masses. London, 1932, in-8°, 360 p. 185 fig.
8. Lacroix (A.). Minéralogie de Madagascar. Paris, 1922-1923, 3 vol. in-4°.
9. Lelubre (M.). Note préliminaire sur le granite de Primel (Finistère). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, Paris, avr. 1938, p. 116.
10. Mac-Gregor (M.). The western part of the Criffel-Dalbeatie igneous complex. *Q. J. G. S.* London, 1937, XCIII, n° 371, p. 457-486, 8 fig., pl. XXX.
11. Mac-Gregor (M.). The evolution of the Criffel-Dalbeattie quartz-diorite : a study of granitization. *Geol. Mag.* London, nov. 1938, LXXV, n° II, p. 481-496, 4 fig.
12. Michel-Lévy (Alb.) et Wyart (J.). Utilisation des hautes températures et des hautes pressions réalisées dans la détonation d'explosifs pour la reproduction artificielle de minéraux : zincite et willémite. *CR. Ac. Sc.* Paris, 206, p. 261, 24 janv. 1938.
13. Michel-Lévy (Alb.). Notice sur les titres et travaux. Paris, 1938, in-4°, 42 p., 1 pl.
14. Milon (Y.). Recherches sur les calcaires paléozoïques et le briovérien de Bretagne. Thèse. Rennes, 1928, in-4°, 152 p., 77 fig., 8 pl.
15. Milon (Y.). Notes et observations de géologie Jersiaise et Armoricaine : I, l'étude du magmatic stoping. *Mém. Soc. Géol. Min. Bretagne.* Rennes, 1936, III, p. 89-93, 2 fig.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

16. Nieuwenburg (C. J. Van). La synthèse pneumatolytique des Silicates. Paris, Maison de la Chimie, Cours-Conférences 1937, 10 p., 9 fig.
17. Waters (A. C.). Petrology of the contact breccias of the Chelian Batholith. *Bull. Soc. Geol. America.* New-York, may 1938, vol. 49, p. 763-794, 7 fig., 5 pl.
18. Wells (A. K.) et Wooldridge (S. W.). The rock groups of Jersey, with special reference to intrusive phenomena at Ronez. *Proc. Geol. Assoc.* London, 1931, XLII, p. 178-215, fig. 13-24, pl. 6-7.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XLI

Fig. 1. — Enclaves schisteuses au contact du granite de Bec-an-Fry ; on remarque des directions de schistosité différentes dans les divers blocs.

Fig. 2. — Schistes gréseux plissés reposant par une surface écrasée sur des diorites injectées de granite. Runglas (côte entre Saint-Jean-du-Doigt et Bec-an-Fry).

Fig. 3. — Injections filoniennes aplitiques dans des diorites aboutissant localement à la formation de brèches. Runglas (côte entre Saint-Jean-du-Doigt et Bec-en-Fry).

Fig. 4 — Injections aplitiques dans des diorites au toit d'un petit culot granitique. E de la plage de Saint-Jean-du-Doigt.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Tétramérie incomplète chez un Clypéastre du Miocène de Syrie

par **Jean Cottreau** [1].

Planche XLII.

Parmi de nombreux Clypéastres, précédemment mentionnés [2] qui ont été recueillis en Syrie par notre confrère, M. L. Dubertret, certains individus présentent diverses anomalies.

Il s'agit principalement de *Clypeaster Scillæ* Desmoul., espèce type de la section *Bunactis* Pom. répandue dans le Miocène inférieur de la région méditerranéenne.

L'un deux est particulièrement intéressant en raison d'une altération de la symétrie pentaradiée. Cette anomalie, très rare chez les Clypeastridés actuels, n'a été signalée à ma connaissance chez aucun Clypéastre fossile.

L'exemplaire est un peu fracturé mais il est facile de reconstituer le contour de la partie manquante. Dans cet état ses dimensions sont les suivantes : hauteur 42 mm., longueur approximative 120 mm., largeur 96 mm.

Sa face dorsale présente quatre pétales ambulacraires normalement constitués et subégaux ; le cinquième n'a laissé sur le test aucun vestige. La tétramérie, qui consiste en l'absence d'un ambulacre, est ici parfaite. Elle est accompagnée d'une déformation de la plaque madréporique qui, normalement pentagonale et stelliforme, a pris l'aspect d'un quadrilatère rendu très irrégulier par l'étirement de l'un des angles vers le côté droit.

Les petites plaques ocellaires sont peu visibles mais on distingue bien les quatre pores génitaux.

La face ventrale a conservé, par contre, une symétrie pentaradiée presque normale. On y constate effectivement la présence de cinq sillons ambulacraires, s'atténuant progressivement vers la périphérie, puis disparaissant au voisinage des bords du test. Toutefois deux remarques s'imposent :

1° Le sillon du radius II est moins long que les autres. Son

1. Note présentée à la séance du 5 décmbre 1938.

2. J. Cottreau et L. Dubertret. Les Échinides miocènes des régions d'Antioche et d'Alep (Syrie) ; leur signification stratigraphique. *C. R. som. Soc. Géol. Fr.* fasc. 4, 21 février 1938, pp. 57-59.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

développement, ayant subi un arrêt, est fortement diminué. Aucun pétale ambulacraire ne lui correspond sur la face dorsale.

2° Le sillon ambulacraire III, dont la direction normale devrait suivre une ligne droite passant par le centre du péristome et le centre du périprocte, se trouve ici légèrement dévié en avant vers la gauche et correspond au pétale ambulacraire antérieur sur la face dorsale.

Le contour du test, pentagonal et allongé chez les exemplaires normaux, est ici irrégulièrement ovalaire, déformé. La face dorsale et la face ventrale ne sont pas rigoureusement symétriques.

L'orientation correcte de cet exemplaire doit se faire par la face ventrale suivant la ligne qui réunit le centre du péristome au centre du périprocte dont l'emplacement se trouvait près du bord, ici fracturé, au milieu de l'interradius V. Il est d'ailleurs impossible d'orienter la face dorsale suivant la ligne radiale médiane des deux radius antérieur et postérieur ; son trajet n'est pas rectiligne sur toute son étendue. Les deux axes respectifs de la face dorsale et de la face ventrale ne coïncident pas.

Lorsque la tétramérie n'intéresse qu'une seule face (face dorsale) ce qui est le cas ici, elle est incomplète. La tétramérie totale, beaucoup plus rare, se manifeste sur la face dorsale et sur la face ventrale du test.

En ce qui concerne les formes fossiles, des cas de tétramérie plus ou moins complète ont été observés, notamment chez les Échinides irréguliers et surtout dans le genre *Hemiaster*. P. Thiéry en a donné la liste [1], après Bateson.

D'autre part R. Kœhler [2], qui a étudié dans un important mémoire toutes les anomalies du test chez les Échinides actuels, décrit seulement deux cas observés dans le genre *Clypeaster* : 1° Tétramérie incomplète chez un *Clypeaster destinatus* Kœhl. recueilli dans l'Océan indien, conservé au Musée Indien à Calcutta. 2° Tétramérie totale chez un échantillon de *Clypeaster rosaceus* Lamarck, conservé au Muséum National d'Histoire Naturelle, antérieurement signalé par L. Agassiz et Desor.

Pour comparaison je figure, en regard du *Clypeaster Scillæ* incomplètement tétramère, l'échantillon complètement tétramère du *Clypeaster rosaceus* qui a déjà été figuré et minutieusement décrit par Koehler. Chez ces deux exemplaires le test a subi dans son contour la même déformation, mais en sens inverse. La

1. Thiéry (P.). Note sur une anomalie des ambulacres chez *Echinus melo*. *Soc. Sc. Nat. Haute-Marne*, 5° année, n° 19 (Bibliographie pour les fossiles). 1908.

2. Koehler (R). Anomalies, irrégularités et déformations du test chez les Échinides. *Ann. Inst. Océanographique*, n. sér., t. I, fasc. V, 1924.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plaque apicale madréporique du *Clypeaster Scillæ* tétramère es déformée par étirement vers la droite et le pétale ambulacraire antérieur suit cette même direction. C'est, au contraire, vers la gauche, en ce qui concerne le *Clypeaster rosaceus* tétramère dont la plaque apicale madréporique subrectangulaire est légèrement étirée dans cette même direction. Le test se trouve donc allongé vers la gauche ou vers la droite suivant le sens de l'allongement de l'appareil apical.

De pareils cas de tétramérie doivent être attribués au développement imparfait des individus sous l'influence de conditions de milieu défavorables. Ceci paraît s'appliquer aux Clypéastres anormaux recueillis dans le Miocène des environs d'Antioche qui, tous, se réfèrent à *Clypeaster Scillæ* DESM.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XLII

Fig. 1. — *Clypeaster Scillæ* DESM. Échantillon, incomplètement tétramère, vu par la face dorsale. Langhien de la région d'Antioche (Syrie). 2/3 de la grandeur naturelle.

Fig. 2. — Le même échantillon vu par la face ventrale. 2/3 de la grandeur naturelle.

Fig. 3. — Plaque apicale madréporique du même échantillon grossie trois fois.

Fig. 4. — *Clypeaster rosaceus* LAMARCK, vu par la face dorsale. Antilles. Collections de Malacologie du Muséum National d'Histoire Naturelle. 2/3 de la grandeur naturelle.

Fig. 5. — Le même échantillon vu par la face ventrale. 2/3 de la grandeur naturelle.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Contribution a l'Étude géologique de la rive gauche de la vallée du Doubs entre le cirque du Refrain et la Goule

par **Ph. Bourquin** [1].

Examinée de la côte suisse, la tectonique du Vaudey, du Boulois et des Essarts Cuenots se révèle plus compliquée que ne le

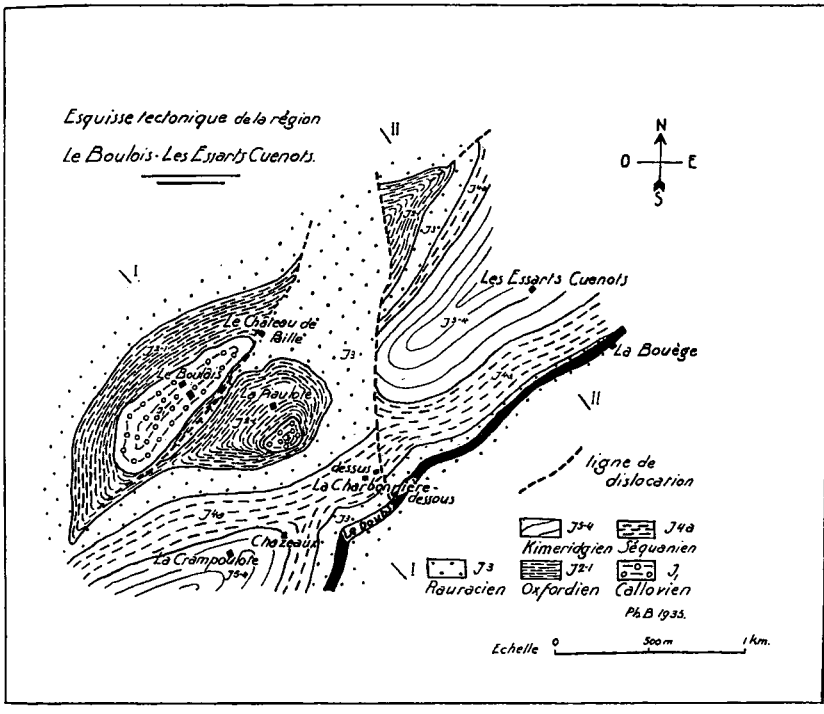


Fig. 1.

laissent supposer tant la feuille VII, au 1 : 100.000 de la Carte géologique de la Suisse que la feuille d'Ornans au 1 : 80.000 [2]. L'exploration détaillée confirme cette constatation (fig. 1).

1. Note présentée à la séance du 5 décembre 1938.

2. Les levers géologiques de cette région ont été exécutés, avec l'autorisation du Service de la Carte géologique de la France, sous la direction de la Commission géologique de la S. H. S. N.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le Vaudey est un synclinal kimeridgien à fond large et presque plat descendant légèrement au Nord-Est. La région du Boulois est constituée par un anticlinal dont le cœur est occupé par un dôme callovien (Dalle nacrée). Le chemin allant du Vaudey au Boulois recoupe ce dernier terrain à quelque distance de la ferme du Boulois.

Une coupe allant de la crête au Nord de cette ferme jusqu'au Doubs rencontre successivement (fig. 2) :

le Rauracien formant la crête,
l'Oxfordien couvert de pâturages où j'ai recueilli de nombreux fragments de fossiles pyriteux (*Cardioceras cordatum*, *Harpoceras*, Crinoïdes, etc.),
le Callovien, dôme où la ferme est construite,
l'Oxfordien, lambeau déterminant un palier étroit,
le Rauracien presque horizontal, falaise dominant le cirque de la Piaulote,
l'Oxfordien couvert de prés et de pâturages,
le Callovien au-dessous de la Piaulote,
l'Oxfordien creusé en ravin par l'érosion,
le Rauracien, arête où les assises sont fortement redressées,
le Séquanien, prolongement du synclinal du Vaudey,
le Rauracien presque horizontal entaillé en canion où coule le Doubs.

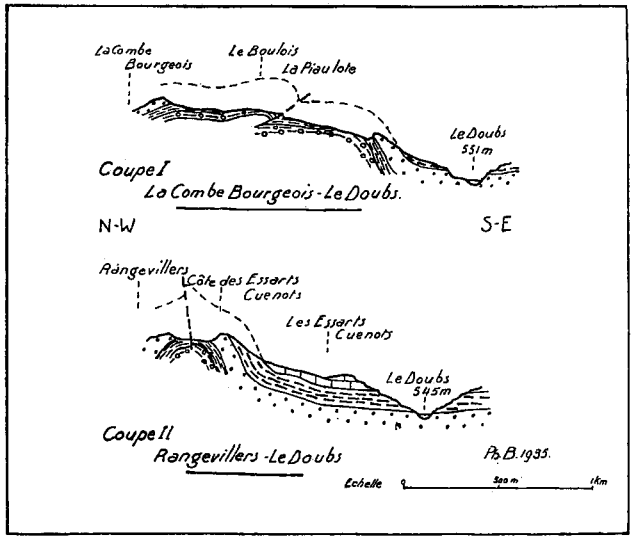


FIG. 2.

Dans cette série, le Rauracien du flanc sud de l'anticlinal du Boulois a disparu, enlevé par l'érosion. La falaise rauracienne

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

dominant la Piaulote appartient à un repli de cet anticlinal. Par suite d'une rupture, ce repli a pénétré sous la partie supérieure, ce qui explique la superposition anormale de l'Oxfordien sur le Rauracien au Sud de la ferme du Boulois.

Le dôme callovien du Boulois disparaît vers le NE sous l'Oxfordien. Dans les emposieux qui jalonnent le chemin allant à Rangevillers, on observe le contact anormal de ce dernier terrain avec le Rauracien subhorizontal.

Entre la région du Boulois et les Essarts Cuenots, la carte topographique figure un sillon orienté presque rigoureusement du Nord au Sud. Le plateau à l'Ouest de cette ligne est constitué par le Rauracien subhorizontal de l'anticlinal secondaire de la Piaulote. A l'Est, en revanche, un pré de forme triangulaire remonte en pente douce vers le NE jusqu'à la cote 1008,8 ; son sous-sol est constitué par les argiles oxfordiennes dont la présence peut être constatée dans les emposieux qui soulignent le contact avec le Rauracien. Ce pré est encadré par deux arêtes rauraciennes ; celle de ces arêtes qui domine les Essarts Cuenots est un peu surélevée par rapport à l'arête nord ; les bancs qui la forment sont inclinés de 40° au SE, inclinaison qui s'exagère encore vers le Sud. Après avoir recoupé le Séquanien fortement comprimé, on atteint le synclinal des Essarts Cuenots ; le fond, large et presque plat, est occupé par le Kimeridgien dont les assises, inclinées de 5 à 7° au SE, descendent peu à peu au NE.

Ce sillon est vraisemblablement la trace d'un décrochement qui a reporté le synclinal des Essarts Cuenots, prolongement de celui du Vaudey, d'environ 1 km. vers le Nord. Le coup d'œil dont on jouit depuis le signal trigonométrique placé sur l'arête à l'Est de la Piaulote, à quelques mètres au-dessous du chemin, cote 810, permet de saisir ces phénomènes avec une netteté remarquable.

La région du Boulois se présente donc comme un anticlinal très large, surbaissé en son milieu, resserré et relevé à ses deux extrémités. Sous l'effort orogénique, s'est formé, en sa partie médiane, un pli secondaire qui, par une faille, s'est enfoncé sous le pli principal. D'autre part, un décrochement, qui a coupé le pli obliquement, a reporté vers le Nord l'extrémité orientale qui s'est pincée vers le haut. Ce décrochement se trouve dans le prolongement d'une série de phénomènes analogues sur le territoire suisse.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Les Marnes blanches aquitaniennes de Sanlucar de Barrameda (Prov. de Cadiz)

par **A. Robaux**[1].

Planche XLIII

Résumé

Cette note étudie la nature, l'âge et les problèmes stratigraphiques et paléogéographiques que soulèvent les marnes blanches de la plaine du Guadalquivir aux environs de Sanlucar de Barrameda.

Ces marnes, d'âge aquitanien, contiennent une faune et une flore extrêmement riches dans lesquelles on trouve, en même temps des organismes de haute mer, des organismes côtiers, voire même littoraux ou continentaux. Une discussion précède l'explication tentée dans cette étude. Mais la solution d'ensemble aux problèmes posés ne pourra être présentée qu'après un examen de toute cette formation qui couvre de larges surfaces, en Andalousie. Cette recherche est malheureusement impossible en ce moment.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Lors d'un voyage d'étude en Andalousie, j'ai eu l'occasion de recueillir dans la région de Sanlucar de Barrameda, un échantillon de marnes blanches qui, après avoir été lavé à la potasse et séché, a montré un résidu extraordinairement riche en débris siliceux et en Foraminifères. Il a paru d'autant plus intéressant de donner la liste des formes identifiées que jamais encore un gisement aussi complètement analysé n'a été décrit et que ses conditions de dépôt sont assez curieuses.

J'étudierai ou donnerai successivement :

1° La situation géographique et géologique du gisement.

2° L'âge de la formation.

3° Les conditions de dépôt.

4° Le problème du détroit Nord-bétique.

5° Les analyses des Foraminifères, des Radiolaires.

6° L'analyse des Silicoflagellés, des Ébriacées par M. Raillard.

7° L'analyse des Diatomées et des Spongiaires par MM. Rampi, Émile Nicolas et André Nicolas.

8° Ouvrages consultés.

1. Note présentée à la séance du 20 juin 1938.

Les Silicoflagellés et les Ébriacées ont été étudiées par M. L. Raillard, les Diatomées par MM. Rampi, Émile et André Nicolas, les Spongiaires par MM. É. et A. Nicolas.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1° Situation géographique et géologique du Gisement.

Si personne à ma connaissance n'a donné de description paléontologique du gisement de Sanlucar de Barrameda, l'existence de « couches à Diatomées » était signalée depuis longtemps dans la région ouest de la Province de Cadiz.

En effet sur les cartes sommaires ou détaillées de Don Juan Gavala, un ensemble de couches marneuses ont été désignées sous ce nom. Les cartes détaillées n'ont jamais été misès en vente et la description qui devait les accompagner n'est pas parue.

Les cartes montrent qu'à la limite NW de la Province de Cadiz, près de l'embouchure du Guadalquivir, s'étend une plaine faiblement ondulée que traversent la route et le chemin de fer de Sanlucar de Barrameda, à Jerez de la Frontera. Sauf le long de la côte, où existent des alluvions, les terrains qui affleurent aux abords immédiats du gisement sont constitués par des marnes blanches ou versicolores coupées de marno-calcaires appartenant, d'après les cartes géologiques, soit à l'Éocène supérieur, soit à l'Oligocène.

Plus loin, on trouve du Trias à faciès germanique, du Crétacé supérieur et de l'Éocène.

C'est à l'Oligocène que se sont rapportées les « couches à Diatomées ».

Au point de vue géologique, toute cette région correspond aux derniers vestiges apparents des chaînes subbétiques d'Andalousie avant les recouvrements quaternaires de la grande plaine du Guadalquivir.

La tectonique montre une alternance de plis parfois très aigus, lorsque le Trias, avec l'activité qu'on lui connaît dans le domaine méditerranéen, provoque des bouleversements intenses dans les assises. La plupart du temps, ces plis sont peu accentués et correspondent à un style de bordure d'une chaîne de montagnes. C'est le cas de l'anticlinal où ont été découvertes les couches à diatomées.

Tel est le cadre géographique et géologique de la région de Sanlucar.

Il convient de dire que sur plusieurs prélèvements effectués entre Jerez de la Frontera et Sanlucar, aucun n'a montré une faune aussi riche et, bien au contraire, la plupart étaient parfaitement stériles. Ce fait nous amène à discuter l'âge et les conditions du dépôt du gisement.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2° L'AGE DE LA FORMATION.

a) Les avis des auteurs espagnols.

Dans leurs études du Tertiaire supérieur d'Andalousie, les auteurs donnent à des marnes blanches riches en diatomées et radiolaires le nom de « Moronite », qui trouve son origine à la ville de Moron (120 km. à l'Est de Séville) où ces marnes sont bien développées et où elles ont été décrites pour la première fois par Salvador Calderon et D. Miguel Cala y Sanchez (1).

Sur ses cartes et dans les documents explicatifs, y compris dans ses études sur les régions pétrolifères d'Andalousie, Juan Gavala, après Mallada (10) et Douvillé (4), attribue aux couches à diatomées et à la Moronite, l'âge Oligocène supérieur.

Auparavant, les auteurs espagnols en avaient successivement fait de l'Éocène moyen, puis de l'Éocène supérieur. Le problème ne peut être résolu par l'examen d'un seul échantillon ou d'une région ; c'est toute l'étude des sédiments se rapprochant de la Moronite qu'il faut reprendre à fond avant d'avoir une opinion sur l'âge ou peut-être les divers âges d'une formation qui garde à travers diverses époques un faciès semblable.

Je reviendrai tout à l'heure sur ce fait à propos de la difficulté de distinguer la vraie « moronite » des autres formations à même faciès.

De plus, il apparait immédiatement une imprécision dans les termes. Dans ses cartes de la région de Cadiz-Séville-Jerez de la Frontera, Juan Gavala parle de « couches à diatomées » en éliminant le terme de Moronite qui existait 20 ans auparavant.

Dans son guide géologique pour l'excursion en Andalousie à l'occasion du XIVe Congrès géologique international, Juan Gavala (6) semble cependant établir une identité des deux formations.

b) L'âge probable des marnes de Sanlucar.

Quoi qu'il en soit, si l'on se borne à examiner l'échantillon de Sanlucar, voici ce qu'on peut en dire.

D'abord les listes de Diatomées font ressortir d'après MM. Rampi et Raillard que cette station est identique à celle de Saint-Laurent-la-Vernède, d'âge Miocène moyen ou inférieur. Nous pensons qu'il s'agit plutôt de la limite entre l'Aquitanien et le Miocène car les Foraminifères qu'on y trouve caractérisent le Miocène inférieur et l'Aquitanien supérieur en même temps.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il y a mélange des faunes c'est-à-dire que l'échantillon a été probablement prélevé dans les couches de passage.

En second lieu, les formations oligocènes sont datées de manière indiscutable par des Foraminifères, et en particulier des Lépidocyclines. Or aucun des échantillons de Sanlucar, ou de Jerez ne m'a montré une faune de cette nature. Il faut donc logiquement conclure que cette formation est postérieure à l'Oligocène à Lépidocyclines de cette région c'est-à-dire postérieure à l'Aquitanien inférieur.

Nous pourrons ajouter encore que l'attribution à l'Éocène supérieur des marno-calcaires en anticlinal est également erronée puisque c'est, au contraire, cette formation qui est d'âge oligocène par sa faune de Lépidocyclines et de Foraminifères. Et ceci vient encore confirmer l'âge de marnes superposées à cette formation.

La limite supérieure possible de l'âge de la Moronite est déterminée par les couches sudhorizontales discordantes qui recouvrent cette formation et qui appartiennent au Burdigalien supérieur et sont représentées par les calcaires et mollasses à grandes Huîtres et à *Clypeaster* (d'après Robert Douvillé, 7, p. 98)

c) **Difficultés concernant la distinction de la vraie « Moronite » des autres formations.**

Tel est l'avis objectif qu'on peut émettre sur la question, néanmoins le problème est plus complexe. En effet, nous avons vu précédemment que certains prélèvements effectués dans la même formation qualifiée de couches à diatomées, mais située au Sud de l'anticlinal avaient été stériles. Pour fixer les idées sur 13 échantillons rapportés du NW de la Province de Cadiz un seul s'est montré très riche.

D'autre part, il est nécessaire de signaler que sur 5 prélèvements dans les environs de Moron, pas un seul n'a fourni de Diatomées, mais par contre certains contenaient des Lépidocyclines.

Il est évident que les cartes géologiques très sommaires de cette région ne permettent pas d'avoir toute certitude sur l'âge exact du terrain au point de prélèvement. Toutefois, pour avoir assez longuement parcouru ces régions, je puis dire que chacun de ces échantillons provenait d'une formation qui, par ses caractères extérieurs et sa situation dans une coupe, pouvait répondre à la définition de la Moronite ou des couches à diatomées.

Il nous faut donc expliquer les anomalies constatées.

Deux hypothèses se présentent :

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ou bien certaines assises ou plutôt certaines passées sont seules riches en débris et ceci traduirait soit de brusques variations dans les conditions de vie pendant une même époque géologique, soit la présence de courants dans la mer de l'époque ; ou bien il s'agit d'âges différents pour une formation de même aspect et c'est alors toute l'analyse des faunes de la prétendue Moronite qui est à reprendre dans les régions où cette formation est signalée.

Les deux explications sont valables. En effet, nous savons par les études de la vie dans les mers chaudes que le développement des organismes planktoniques est localisé à certaines zones : tel courant en entraîne et au voisinage, ces organismes sont extrêmement rares dans la mer.

Mais par ailleurs, comme j'ai pu le constater dans la région de Sanlucar et à Moron, certaines formations qualifiées par les géologues espagnols de « Moronite » ou de « couches à diatomées » étaient en réalité soit du Crétacé, soit de l'Éocène à Nummulites, soit encore de l'Oligocène à Lépidocyclines.

Le faciès de marno-calcaires gris blanc est assez largement répandu pour expliquer des confusions. On a rangé sous le nom de Moronite, une catégorie de terrains où sans doute des divisions stratigraphiques sont à faire.

Dès lors il ne faut plus s'étonner de voir certains gisements très riches et d'autres très pauvres en diatomées.

Enfin, il sera peut-être possible de distinguer dans la Moronite elle-même plusieurs niveaux correspondant à plusieurs étages. Il sera tout naturel alors que la faune et la flore varient.

3° Conditions de dépôt.

Les marnes de Sanlucar de Barrameda sont d'origine marine, nous avons dit qu'elles étaient de couleur blanche ; elles sont parfois consolidées en bancs de marno-calcaires très friables et prennent alors un aspect plus gris. D'une manière générale, elles sont très fines.

Les éléments siliceux sont nombreux, ils appartiennent non seulement aux débris de diatomées, mais encore à des radiolaires.

L'épaisseur de la formation peut atteindre 100 mètres d'après les estimations de Juan Gavala. Ce chiffre est également conforme à mes observations, s'il est considéré comme un minimun.

L'étude de la flore et de la faune permet de donner plus de précision aux conditions de dépôt, qui soulèvent un problème assez curieux.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il apparaît dans ce petit échantillon de marne rapporté de Sanlucar, une variété un peu déconcertante d'éléments organisés fossiles. En effet, on constate la présence simultanée de débris de plantes, de Diatomées et d'un ensemble formé par les Radiolaires, les Spongiaires et les Foraminifères. Je vais analyser l'intérêt de chacun de ces groupes.

A) Conditions de dépôt des différents groupes fossiles.

1) Le débris de plantes est en très mauvais état et il n'est pas possible de le déterminer. Il s'agit très probablement d'une plante terrestre et les empreintes font penser à une fronde de fougère, mais il est impossible de donner même un nom de genre, d'après M. l'abbé Depape qui a bien voulu l'examiner.

2) Les Silicoflagellées et les Ébriacées ont été examinées par MM. Raillard, Rampi et Hovasse.

Si l'on cherchait une conclusion à leur étude, on ne saurait s'exprimer avec plus de justesse qu'en citant textuellement toute entière la note de MM. Hovasse et de Lapparent, relative à Saint-Laurent-la-Vernède (station du Miocène inférieur).

« La sédimentation de ces matériaux, disent-ils, a dû se faire en mer calme, à peu de distance des côtes, en eau peu profonde.

« Deux des Ébriacées citées plus haut se rencontrent encore actuellement : elles nous permettent dans une certaine mesure, d'apprécier les conditions de climat dans lesquelles aura pu s'effectuer la sédimentation du dépôt.

« *Hermesinum adriaticum* vit actuellement dans le Golfe du Mexique et en Méditerranée, où il est connu dans l'Adriatique, la mer de Marmara, le Bosphore et dans la Mer Noire. L'un de nous vient de le signaler du détroit de Messine et de la région de Sète. C'est une forme estivale dont l'*optimun thermique avoisine 20°*.

« *Ebria tripartita* existe dans la mer de Kara, dans la Baltique, à Naples, dans la Marmara et le Bosphore. Dans ces dernières stations, elle est hivernale et son *optimum thermique est voisin de 10°*. »

Si les conditions de vie de ces deux espèces sténothermes n'ont pas varié depuis l'ère tertiaire, nous pouvons penser que ce dépôt de Sanlucar de Barrameda a pris naissance *dans des conditions de température assez voisines de celles de la Méditerranée actuelle.*

3) Les Diatomées.

Par leur nombre et leur variété, les Diatomées forment la

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

majeure partie des marnes de Sanlucar. On a compté dans l'échantillon 106 espèces se répartissant en 41 groupes. Une étude plus détaillée encore sur une quantité de marne plus abondante révélerait sans doute encore un plus grand nombre de formes. La proportion très grande « d'insoluble » dans ces marnes laisse penser que les Diatomées constituent par leur silice 60 à 70 % de la roche.

Malgré une aussi grande abondance, les Diatomées de Sanlucar ne donnent guère de précisions sur les conditions de dépôt et la profondeur de la mer de l'époque.

Essayons, pour orienter nos déductions, de faire une comparaison avec les Diatomées actuelles.

a) Diatomées actuelles.

Nous savons qu'à l'époque actuelle les Diatomées sont disséminées sous toutes les latitudes, aussi bien dans les eaux marines normales que dans les eaux saumâtres ou même les eaux douces. Dans les mers, elles vivent en bancs flottants, parfois très longs et très larges, mais c'est le long des côtes qu'elles profilèrent.

A cet égard, — nous dit M. Cayeux — il est curieux de constater que les formes côtières, qui sont quelquefois attachées au fond, ont une structure caractéristique. Les valves de ces diatomées sont plus épaisses, elles ont une tendance à la symétrie bilatérale et elles comportent des dessins extrêmement variés et typiques.

Au contraire, les formes pélagiques sont minces, pointues à leur extrémité et les dessins de leurs valves sont beaucoup plus communs.

D'après H.-H. Gran (9), cité par M. L. Cayeux (2), dans les mers où les différences de température entre l'été et l'hiver sont grandes, il existe des formes distinctes, caractérisant les unes la flore froide, et les autres la flore chaude. Ceci est fort intéressant et doit être rapproché de l'observation de MM. Hovasse et de Lapparent, à propos des Ébriacées : certaines espèces sont typiques de mers froides avec optimum thermique de 10° et d'autres de mers chaudes avec une température de 20°.

Enfin, les courants marins ont une flore caractéristique et à cet égard, il est nécessaire de dire que les courants les plus chauds de l'Atlantique ne comportent que peu d'espèces qui sont dégénérées.

En résumé, les Diatomées marines de l'époque actuelle nous donnent de précieux renseignements sur les conditions de vie.

b) Les Diatomées fossiles.

D'après M. L. Cayeux, « les Diatomées fossiles sont en très

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

grande majorité d'eau douce et un seul et unique dépôt, constitué par les phosphates tertiaires, du Nord de l'Afrique, dans lequel il faut voir une boue à Diatomées phosphatisées, représente dans la série sédimentaire la boue à Diatomées des mers actuelles » (2, p. 329).

Cette affirmation souligne l'intérêt de notre gisement de Sanlucar de Barrameda et il est curieux à cet égard que M. L. Cayeux n'ait pas fait mention de la Moronite déjà connue en 1897 ni des « couches à Diatomées » définies dès 1907 par Mallada dans son « Explicacion del Mapa géologico de España ».

Essayons donc, à l'aide des déterminations des Diatomées de MM. Émile et André Nicolas, de nous faire une idée des conditions de vie à l'époque aquitanienne. Deux traits caractérisent la liste des formes : d'une part, il n'y a pas d'espèces pélagiques, et d'autre part les valves correspondent à des types parfaitement constitués, c'est-à-dire vivant dans le milieu qui leur convenait.

Nous avons donné une planche de Diatomées, établie par les soins de MM. Rampi et Raillard, afin de montrer quelques belles formes caractéristiques ou plus spécialement fréquentes dans le gisement de Sanlucar (Pl. XLIII).

Les Diatomées de Sanlucar de Barrameda devaient vivre dans un courant, pas trop loin des côtes, et ce courant était très étendu, ou plutôt les conditions de vie étaient très semblables sur de vastes surfaces puisqu'à Moron, les stations connues ont révélé une flore presque identique à la flore de notre gisement.

Il n'est pas possible, à l'aide de seules Diatomées, de préciser la profondeur de la mer lors du dépôt et la distance probable des côtes.

De toutes façons, les spécialistes qui ont bien voulu déterminer cette flore n'ont pas signalé d'espèces fixées, il est donc à peu près certain que le dépôt s'est effectué à une certaine distance des côtes. Mais on peut regretter que les savants qui ont étudié les roches sédimentaires riches en Diatomées ne se soient pas efforcé d'analyser dans chaque cas particulier les conditions de vie de l'époque. C'est sans doute parce que le problème est délicat et plein de difficultés, comme le signale M. L. Cayeux (2) en attirant l'attention sur l'ubiquité des espèces et la possibilité de trouver un même genre à la fois dans les eaux douces, saumâtres et marines. Ici, grâce aux faunes qui complètent ce gisement, il n'y a pas de doute sur l'origine marine du dépôt et c'est là un point des plus intéressants.

4) Les Radiolaires.

Il ne manquerait pas d'utilité d'analyser de façon identique les

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

conditions de vie des Radiolaires de l'époque actuelle pour en inférer les conditions de dépôt des marnes de Sanlucar.

Nous serons plus brefs cependant car cette étude serait très décevante. En effet, deux théories sont en présence pour essayer de préciser dans des conclusions simples, la nature des mers à Radiolaires. La première que nous avions tout d'abord suivie est celle de Hacker, de Haeckel, etc. Ces auteurs ont essayé de classer les Radiolaires selon les profondeurs dans lesquelles ils vivent. Tels groupes caractérisant les fonds de 0 à 500, tels autres, les zones abyssales de plus de 6.000 m. Mais si nous analysons à la suite de M. L. Cayeux (2), les profondeurs où vivent certaines formes, nous constatons que certains des genres sont connus depuis la surface jusqu'à des fonds capables d'atteindre 8.000 m. Les précisions des auteurs précédents sont donc vaines.

D'autre part, les Radiolaires vivent pour la plupart dans les très grandes profondeurs ainsi qu'il résulte des explorations du « Challenger ». Enfin, ces animaux avaient et ont une remarquable facilité d'adaptation et sont capables de résister et même de proliférer en des milieux totalement différents.

Nous n'aurions donc aucune possibilité de tirer parti des Radiolaires si la proportion des Radiolaires et des Diatomées ou des Foraminifères n'avait permis à certains auteurs d'avoir des renseignements plus utiles : d'après J. Murray et A.-F. Renard (11) le pourcentage des Radiolaires atteint 60 à 70 % dans les vases à Radiolaires, mais 10 % seulement dans les vases à Diatomées et à Globigérines qui caractérisent les *dépôts terrigènes*. Or, cette proportion se rapproche quelque peu du pourcentage des Radiolaires dans les marnes de Sanlucar.

Cette observation orientera nos conclusions sur les conditions de dépôt des marnes de Sanlucar.

5) Les Foraminifères.

Avec l'étude des Foraminifères, nous nous heurtons à de nouvelles difficultés. En effet, Robert Douvillé (4, p. 100) s'appuie sur la présence de Globigérines à *test épais* pour dire que la Moronite est un dépôt profond. Or, les auteurs considérent actuellement que le test est d'autant plus gros qu'il s'agit de dépôt peu profond et c'est ainsi qu'on a pu confirmer les variations de profondeur de la mer du Bassin de Paris, aux temps crétacés, grâce à l'examen méthodique des tests des Foraminifères. Ces variations correspondent exactement à des différences de structure comme si la coquille s'organisait plus solidement lorsque la mer était moins profonde, c'est-à-dire plus agitée.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Or à cet égard, il est incontestable que les Foraminifères de Sanlucar de Barrameda ont un test assez épais et que par ailleurs, sauf les Globigérines, plus abondantes en général dans les domaines pélagiques, rien ne trahit un caractère plus particulièrement profond.

Il est nécessaire de rappeler ici l'opinion de Robert Douvillé qui, dans ses études sur les Préalpes espagnoles, « assimile les marnes aquitaniennes d'Andalousie à la boue à Globigérines qui se dépose de nos jours au fond de l'Atlantique et à l'aplomb du Gulf-Stream ».

Cet avis ne paraît pas pouvoir s'adapter à la région de Sanlucar.

En fait, l'opinion de R. Douvillé reste valable pour d'autres régions car j'ai eu l'occasion de recueillir vers Moron et vers Puente Genil des boues extraordinairement riches en Globigérines qui marquaient sans doute des zones de mer particulièrement profonde.

C'est pourquoi, seule une étude d'ensemble des formations aquitaniennes permettra de donner un avis motivé mais, en attendant, je tirerai la conclusion qu'il y avait à coup sûr des différences de profondeurs dans la mer nord bétique et ceci est tout à fait normal.

6) Les Spongiaires.

Ici encore, les Spongiaires pourraient donner des renseignements assez précis sur les conditions de dépôts, si les exemples et les analyses complètes étaient suffisamment abondants. Malheureusement, les spécialistes se contentent le plus souvent de faire des déterminations sans chercher à développer le point de vue paléoocéanographique. On sait cependant que dans la craie du Bassin de Paris, les variations dans la nature des dépôts sont suivies immédiatement de variations dans les genres ou la constitution des Spongiaires. Peut-être un jour arrivera-t-on à trouver un intérêt stratigraphique comme de plus en plus on constate l'utilité des petits Foraminifères et des Spongiaires pour la détermination de l'âge des niveaux marneux.

Retenons simplement le fait suivant : plus la mer qui a déposé les Spongiaires était profonde, plus la finesse des formes est grande. Le même caractère avait été enregistré avec les Foraminifères.

De l'époque actuelle, nous ne connaissons que les études du Challenger qui ont établi les zones de vie des Spongiaires. On sait que les monactinellides sont plus ou moins abondantes que les hexactinellides par exemple, entre telle ou telle profondeur.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Si la comparaison avec les temps actuels est valable, je puis dire que les Spongiaires de Sanlucar vivaient à assez faible profondeur car les formes ne sont pas spécialement fines et le mélange des faunes montre qu'il n'y avait pas de sélection spéciale pour les moyennes et les grandes profondeurs.

B) Conditions probables de dépôt.

1) Que résulte-t-il de ces divers points du vue, comment concilier les exigences de vie de chaque groupe ?

Tout d'abord il convient de se demander si tous ces vestiges de plantes ou d'animaux ont bien vécu ensemble dans un même milieu. Les courants marins sont nombreux et souvent rapides, ils entraînent sur de longues distances la faune ou la flore plus spécifiquement caractéristique d'une région. Ailleurs, les vents sont violents et chacun a encore présent à sa mémoire ce récit de Darwin[1] où l'auteur raconte qu'à 1.000 km. de la côte, en plein Atlantique, il a assisté à une chute de poussières de Diatomées, venues d'Afrique.

Il ne semble pas que des apports par les vents se soient produits à Sanlucar encore que les spécialistes n'aient pu dire s'il s'agissait exclusivement de Diatomées marines, mais par contre la présence de courants est certaine.

Ceci nous permettra d'invoquer les circulations d'eau pour expliquer la présence de deux éléments : la plante et les radiolaires.

La plante, si elle est bien terrestre, comme c'est probable, n'a pu être amenée que par des courants venant de la côte : il s'agirait d'une plante flottée.

La notion de la désagrégation rapide de telles plantes dans les mers actuelles oblige à admettre que le courant a été rapide pour que la plante n'ait pas eu le temps de subir une décomposition. De même il a fallu que sa précipitation et son enfouissement dans la boue aient été immédiats.

En fait, cet entraînement paraît anormal, mais il ne semble pas logique d'accepter une autre hypothèse et si en définitive, il s'agissait d'une algue, l'objection tomberait fort heureusement.

Les Radiolaires, par leur abondance et leur variété, compte tenu des hypothèses que l'on peut faire sur le pourcentage de ces animaux dans les diverses profondeurs, nous indiquent que

1. Darwin. Voyage d'un naturaliste autour du monde. Trad. française, Paris, 1883 (*in* Cayeux, 2, page 329).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

la mer devait avoir entre 500 et 1.000 m. de fond. Or, nous allons le voir, il est peu probable qu'à l'endroit du dépôt, la mer aquitanienne ait eu cette profondeur.

Nous considérerons donc que les Radiolaires ont pu être amenés grâce à des courants de fond, ou si l'on veut que non loin de Sanlucar de Barrameda, la mer gagnait très rapidement de profondeur et contenait de nombreux Radiolaires dont certains se rapprochaient des rivages.

C'est alors par l'examen des conditions de vie des Foraminifères à test épais, des Diatomées, des Ébriacées et des Spongiaires que nous allons définir la situation paléogéographique du gisement de Sanlucar.

Tout d'abord, nous admettrons l'existence à l'Aquitanien d'un bras de mer qui se situait au NW des chaînes subbétiques.

Ce bras avait, aux abords de Séville, 120 km. de largeur entre Jerez de la Frontera et Sanlucar La Major, au pied des premiers contreforts de la Sierra Morena.

Il était parcouru par des courants avec plankton abondant.

La côte S devait s'aligner selon Cadiz, Jerez de la Frontera, Arcos de la Frontera, si l'on se base sur la ligne la plus méridionale où ces dépôts sont conservés.

Le gisement de Sanlucar se situe alors à environ 10 km. de cette côte. A une telle distance, toutes les hypothèses sont en principe permises, concernant la profondeur de la mer.

Nous avons par ailleurs admis que les Diatomées, les Foraminifères et plus particulièrement les Ébriacées et les Silicoflagellés devaient vivre assez près de la côte.

En conséquence, une zone de hauts fonds, avec peut-être des îles, devait border le détroit sur la rive sud. Dans toute cette zone proliféraient les petits organismes. Des courants venant du large amenaient d'autres organismes et de la côte, charriés par les rivières qui descendaient des montagnes subbétiques en voie de formation, des sédiments étaient apportés et avec eux des débris de plantes.

L'existence de deux courants superposés et inverses n'est pas inadmissible et nous savons que le Bosphore par exemple est parcouru par deux courants de sens opposé et de température, même de faunes très différentes.

La finesse des marnes blanches de Sanlucar, sans être très grande, n'est pas négligeable et elle prouve que la sédimentation s'est effectuée à une certaine distance du rivage après la précipitation des éléments plus grossiers. La profondeur de l'eau, dans ces conditions ne devait guère excéder quelques centaines

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de mètres et peut-être bien qu'un haut fond, proche de là, diminuait localement ce chiffre.

Les gisements de Moron de la Frontera, où fut décrite la Moronite sont le prolongement de cette zone de bordure peu profonde, et plus loin d'autres dépôts existent, ainsi que j'ai déjà pu le constater lors de mes premiers voyages.

De toutes façons, il semble que ces restes se développaient uniquement dans certains endroits seulement et non pas dans toute la mer de l'époque. Les multiples prélèvements que j'ai effectués et qui sont restés stériles alors que d'autres étaient très riches, le prouvent.

L'homogénéité de la faune est cependant une des caractéristiques, car dans tout le détroit chaque fois qu'on a la bonne fortune de recueillir un bon échantillon, les caractères paraissent identiques.

4° Le problème du détroit Nord-Bétique

Et ceci nous amène à considérer les raccords lointains de notre gisement de Sanlucar. Après Moron et Iaen c'est en France, à Saint-Laurent-la-Vernède que nous retrouvons le premier gisement connu. Sa flore et sa faune sont très semblables et l'âge du dépôt est le même. Or, le gisement français appartient au domaine de la Méditerranée, le nôtre confine à l'Atlantique.

Dès lors nous serions en mesure de conclure que les deux mers communiquaient très largement et même qu'elles avaient, au Miocène et jusqu'à une certaine distance au large de Séville et Cadiz, une vie très semblable, sinon identique. Depuis lors, seule la Méditerranée a conservé des conditions de vie de l'époque.

Toutefois les raccords entre les dépôts du Miocène d'Andalousie et du Miocène français à l'Aquitanien nous restent inconnus.

Robert Douvillé (4) et L. Gentil (7), frappés par la puissance et le développement des marnes blanches avaient conclu à l'existence d'un « détroit Nord-Bétique » reliant la Méditerranée à l'Atlantique actuel.

L'existence de ce détroit n'est pas certaine car les dépôts de l'Aquitanien au Nord des chaînes bétiques ne dépassent pas la Sierra de Segura c'est-à-dire la transversale de la Sierra Nevada. A l'Est, entre Villacarillo et Valence, nous n'avons aucun vestige de dépôt d'Aquitanien. Les études de MM. Gignoux et P. Fallot (8) ont bien montré que cette formation était inconnue

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

car — sauf localement où l'âge d'une passée marneuse reste imprécis — seuls des niveaux plus élevés existent et reposent en discordance sur du Secondaire ou du Nummulitique.

Donc entre la partie médiane des chaînes bétiques et le gisement français de Saint-Laurent-la-Vernède, nous ne connaissons pas d'Aquitanien.

Le tracé de la mer ou plutôt la paléogéographie est par suite très difficile à préciser. Les raccords entre les dépôts connus ne peuvent se faire que par des itinéraires compliqués c'est-à-dire soit par l'Atlantique et le Bassin de la Garonne, soit par la Méditerranée, mais à condition en l'état actuel de nos connaissances que nulle part le chenal aquitanien n'ait effleuré ce qui est actuellement le continent espagnol.

Il est simplement possible de dire qu'il y avait au Nord des chaînes bétiques et dans la partie ouest de celles-ci un bras de mer, ouvert à l'Ouest, mais dont l'extrémité paraît se fermer aux environs des cours supérieurs du Guadalquivir. Des études ultérieures préciseront peut-être les raccords possibles avec les régions méditerranéennes actuelles. Mais ce travail ne pourra être poursuivi que lorsqu'il sera de nouveau possible aux géologues français de travailler sous le beau ciel d'Andalousie.

Ajoutons avant de conclure que ces dépôts donnent de belles cultures de céréales et que les marnes blanches de Sanlucar de Barrameda font pousser les vignes de Jerez dont les vins fameux sont universellement connus.

CONCLUSIONS

L'analyse systématique et détaillée de tous les ensembles fauniques contenus dans les marnes et marno-calcaires de Sanlucar de Barrameda, montre que cette formation s'apparente très étroitement aux dépôts appelés Moronite dans les chaînes subbétiques d'Andalousie.

L'âge des couches à Diatomées de cette région paraît être Aquitanien supérieur ou Miocène inférieur, sans qu'il soit possible de donner un avis formel, car la faune est, malgré sa richesse, trop pauvre en organismes caractéristiques pour permettre de définir à coup sûr la coupure stratigraphique de détail à laquelle correspond le dépôt.

L'extension de ces formations soulève un problème d'ensemble assez important que je traiterai en détail dans une

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

analyse de la chaîne alpine espagnole au cours des temps tertiaires.

Un premier jalon est posé par cette analyse minutieuse due à la collaboration de plusieurs spécialistes. En attendant d'autres études, cet examen confirme l'existence d'un golfe Nord-Bétique, largement ouvert à l'Ouest, et essaye de préciser les conditions de vie à cette époque. Et ces deux notions nous laissent penser combien grandes ont été les modifications paléogéographiques et climatériques subies par cette région à la suite des derniers mouvements alpins.

ANALYSE DES FAUNES ET DE LA FLORE

5° Analyse des Foraminifères et des Radiolaires, par A. Robaux.

a) **Foraminifères.**

Lagena sp.
Rotalia.
Cristellaria.
Uvigerina.
Plectofrundicularia Moreyae Cushman.
Ellipsoidina ellipsoides Seguenca.
Globigerina bulloides d'Orb.
Frondicularia.
Dentalina sp.
Bolivina robusta Brady.
Clavulina communis d'Orb.

b) **Radiolaires.**

Classées d'après Haeckel et Cayeux.

A) ***Spumellaria*** Haeck.

1) *Sphaeroidea* Haeck.

Staurosphaerida.	*Staurosphaera Philippi* Haeckel.
—	*Staurosphera* Haeck. sp. divers.
—	*Stauroneistra* Haeck. sp. divers.
Astrosphaerida.	*Astraphaera* Haeck. sp. divers.
—	*Cladococcus* J. Müller sp. divers.
—	*Haliomma* Ehr. sp. divers.
Liosphaerida.	

2) *Prunoidea* Haeck.

Druppulida Haeck. *Prunulum* Haeck.
Ellipsida Haeck. *Cenellipsis.*

3) *Discoïdea* Haeck.

Porodiscida Haeck.	*Hommatodiscus* Stöhn.
—	*Dictyastrum* Eh.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

B) *Nasselaria* EH.

Cytoïdea H.
Monocyrtida H.
Dicyrtida Lichnocanium EH.
— *Anthocyrtis* EH.
Tricyrtida HAECK.
Stirchocyrtida HAECK.
Lithocampida. *Lithocampa* EH.
— *Dictyomitra* ZIT.

6° ANALYSE DES SILICOFLAGELLÉS ET DES ÉBRIACÉES, PAR M. L. RAILLARD.

a) **Silicoflagellés.**

1. *Mesocena crenulata* EHR. var. *diodon* (EHR.) LEMM.
2. — *polymorpha* LEMM. var. *triangula* (EHR.) LEMM.
3. — *polymorpha* LEMM. var. *quadrangula* (EHR.) LEMM.
4. — *circulus* EHR. var. *apiculata* LEMM.
5. *Dictyocha fibula* EHR.
6. — *fibula* EHR. var. *rhombica* SCHULTZ.
7. — *fibula* EHR. var. *longispina* LEMM.
8. *Distephanus speculum* (EHR.) HAECK.
9. — *speculum* (EHR.) var. *pentagonus* LEMM.
10. — *speculum* (EHR.) ver. *septenarius* (EHR.) JOERG.
11. — *speculum* (EHR.) var. *octonarius* (EHR.) JOERG.
12. — *speculum* (EHR.) f. *pseudofibula* SCHLUTZ.
13. — *speculum* (EHR.) var. *pentagonus* LEMM. f. *pseudofibula* SCHLUTZ.
14. — *crux* (EHR.) HAECK.
15. — *polyactis* (EHR.) DEFL.
16. *Cannopilus binocolus* (EHR.) LEMM.
17. — *triommata* (EHR.) LEMM.

b) **Ébriacées.**

1. *Gymnaster pentasterias* (EHR.) SCHUTT.
2. *Parathranium tenuipes* HOVASSE.
3. — *intermedium* HOVASSE.
4. *Carduifolia gracilis* HOVASSE.
5. — *gracilis* HOVASSE.
6. *Ammodochium prismaticum* HOVASSE.
7. *Hermesinum Schlutzii* HOV.
8. — *adriaticum* ZACH.
9. *Thranium crassipes* HOVASSE.
10. *Ebria tripartita* (SCHUMM) LEMM.

Pour permettre d'intéressantes comparaisons, nous reproduisons ci-contre un tableau de répartition des Ébriacées à l'ère tertiaire, dressé par l'éminent spécialiste M. Hovasse.

Nous l'avons complété pour les deux stations de Saint-Laurent-la-Vernède et de Sanlucar de Barrameda.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

PRINCIPALES ESPÈCES D'ÉBRIACÉES	St-Laurent la Vernède	Sanlucar-Barrameda	PRINCIPALES LOCALITÉS TERTIAIRES A ÉBRIACÉES																											
			Monterey	Lompoc	Sa Barbara	Sa Monica	Sn Pedro	Redondo	Abashiri	Kittanai	Sendai	Mejillones	Oamaru	Nankori	Richmond	Maryland	Kusnectzk	Mors	Iszopalla	Karand	S. Peter	Nyermeggy	Kiscindia	Dolje	Kavna	Spoleto	Licata	Mondaino	Baltjik	Moron	Oran
Cornua crassa									+				+				+	+													
— *gothica*													+																		
Ebria tripartita	+	+			+	+		+	+	+	+						?	?													
Parebria tenuis									+																						
Ebriopsis antiqua			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+													
— *crenulata*									+				+				+														
Parebriopsis fallax													+																		
Craniopsis octo													+																		
— *minor*													+																		
Ammodochium prismaticum	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
— *doliolum*													+				+	+													
— *oamaruense*													+																		
— *danicum*																		+													
Pseudammodoch. dictyoides													+				+														
— *sphericum*								+	+			+	+																		
Thranium crassipes		+	+	+	+	+	+	+		+	+				+				+	+						+	+			+	
— *hirtum*									+											+											
Parathranium tenuipes	+	+	+	+	+	+			+		+	+		+	+	+			+	+	+			+	+				+	+	
— *intermedium*		+							+			+																			
Tripodium apertum						+																									
Hermesinum adriaticum	+	+				+	+	+	+	+	+			+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+		+
— *Schulzi*	+	+	+	+		+		+	+	+	+			+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Parammodochium Elgeri																			+	+				+	+				+		
Ditripodium			+	+		+		+	+		+	+	+						+	+	+	+									
Gymnaster	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+			+					+	+			+	
Carduifolia onopordoides								+					+					+													
— *gracilis*		+				+			+				+	+				+		+		+		+			+		+		
— *apiculata*		+																	+	+				+							
— *lata*													+									+									

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

7° Analyse des Diatomées et des Spongiaires par MM. L. Rampi, Émile et André Nicolas.

a) **Les Diatomées.**

Actinocyclus ellipticus Grun. CC. [1]
— *ellipticus* Grun. var. C.
— *Ehrenbergii* Ralfs. F.
— *Ehrenbergii* Ralfs. var. *Ralfsii* (W. Sm.) Hust. R.
— *Ehrenbergii* Ralfs. var. *crassa* (W. Sm.) Hust. R.
— *subtilis* (Greg.) Ralfs. R.
Actinoptychus undulatus (Bail.) Ralfs. C.
— *splendens* Ralfs. C.
— *Wittianus* Ralfs. var. R.
— *stella* A. S. T. R.
Amphora sp. R.
Arachnoïdiscus Ehrenbergii Ehr. CC.
— *Ehrenbergii* Ehr. var. *ornatus* Ehr. R.
Asterolampra marylandica Ehr. C.
— *Grevillei* (Wall) Greg. CC.
— *rotula* Grev. R.
Asteromphalus robustus Castr. R.
Aulacodiscus subangulatus Pant. F.
Auliscus caelatus Bail. CC.
— *caelatus* Bail. var. *strigillata* A. S. C.
— *caelatus* Bail. var. *rhipis* (A. S.) Per. C.
— *incertus* A. S. F.
— *pruinosus* Bail. R.
Biddulphia Tuomeyi Bail. CC.
— *pulchella* Gray C.
— *regina* W. Sm. F.
Campylodiscus limbatus Bréb. C.
— *decorus* Bréb. F.
— *horologium* Will. C.
Campyloneis Grevillei (W. Sm.) Grun. var. *regalis* Cl. CC.
Chaetoceros sp. C.
Climacosphenia elongata Bail. R.
Cerataulus turgidus Ehr. C.
— *turgidus* Ehr. f^a *major spinifera* F.
Cladogramma conicum Grev. R.
Cocconeis pseudomarginata Grev. CC.
— *dirupta* Greg. var. *flexella* (Jan. et Rabh.) Grun. TF.
— *pinnata* Greg. TF.
Coscinodiscus centralis Ehr. CC.
— *obscurus* A. S. C.
— *oculus iridis* Ehr. C.
— *lineatus* Ehr. CC.
— *marginatus* Ehr. C.
— *exentricus* Ehr. CC.

1. Les lettres adoptées ont la signification suivante : C = commun ; CC = très commun ; F = fréquent ; R = rare ; TR = très rare.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Coscinodiscus excentricus EHR. var. *fasciculata* HUSTEDT C.
— *curvatulus* GRUN. var. *odontodiscus* (GRUN.) HUST. F.
— *nodulifer* A. S. R.
— *nitidus* GREG. F.
— *asteromphalus* EHR. CC.
— *gigas* EHR. F.
— *heteroporus* EHR. R.
— *denatrius* A. S. R.
— *radiatus* EHR. F.
Diploneis Smithii BRÉB. F.
— *Beirychiana* A. S. C.
— *crabro* EHR. var. *nitida* PER. C.
— *gemmata* GREV. TF.
— *gemmata* GRAV. var. *pristiophora* JAN. F.
— *gemmatula* (GRUN.) CL. F.
— *bombus* EHR. var. *Kuntzgii* GRUN. R.
Endyctia oceanica EHR.
Euodia Janischii GRUN. TR.
Grammatophora robusta DIPPEL R.
— *oceanica* EHR. C.
Gephyria gigantea GREV. TR.
Hemidiscus cuneiformis WALL. var. *ventricosa* (CASTR.) HUST. CC.
— *cuneiformis* WALL. var. *gibba* (BAIL.) HUST. C.
Hemiaulus sp. TR.
Hyalodiscus radiatus BAIL. TR.
Isthmia enervis EHR. C.
Melosira clavigera EHR. TF.
— *sulcata* KUTZ. var. *radiata* GRUN. C.
— *sulcata* KUTZ. var. *biseriata* GRUN. R.
— *sulcata* KUTZ. *coronata* EHR. R.
Navicula lyra EHR. C.
praetexta EHR. CC.
— *humerosa* BRÉB. TR.
— *quadriseriata* CL. et GRUN. TR.
— *lyra* EHR. var. *intermedia* PER. f^a^ *elliptica* PER. TF.
— *lyra* EHR. var. *perplexa* PER. TF.
— *Hennedyi* W. SM. C.
— *Hennedyi* W. SM. var. *crassa* PER. F.
— *clavata* GREG.
— *sandriana* GRUN. R.
Orthoneis splendida (GREG.) GRUN. CC.
Opephora gemmata (GRUN.) HUST. TR.
Raphoneis amphiceros EHR. TR.
Rhabdonema adriaticum KUTZ. CC.
Rhizosolenia sp. C.
Stephanogonia actinoptychus EHR. F.
Stephanopyxis turris RALFS. F.
Stictodiscus parallelus PANT. C.
parallelus PANT. f^a^ *quadrigona* PANT. C.
— *californicus* GREV. R.
Surirella Baldjickii NORMANN F.
Synedra tabulata (AG.) KUTZ. var. *obtusa* PANT. C.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Trachyneis aspera CL. C.
Triceratium favus EHR. C.
antediluvianum GRUN. CC.
— *spinosum* BAIL. C.
— *formosum* BRIGHT. C.
— *radiato-punctatum* A. S. C.
— *reticulum* EHR. C.
— *arcticum* BRIGHT. F.
— *balearicum* CL. f^a *biquadrata* (JAN.) HUST. R.
Xanthiopyxis lacera FORTI R.

b) **Spongiaires** [1].

Aulascus Johnstoni.
Axinella proliferens.
Balanites pipetta.
Chondrocladia concressens.
Eryllus mamillaris.
Esperella porosa.
Geodia sp.
Globostellata sp.
Grantia compressa.
Halychondria Dickiei.
— *infrequens.*
— *latrunuculioides.*
Hamacantha Huttonii.
— *Johnsoni.*
— sp. 1).
— sp. 2).
Heterostinia sp.
Hyalonema mirabilis.
Hymeraphia sp.
Latrunculina cratera.
— *corticata.*
Microciona intexta.
Myxilla veneta.
Phenorema sp.
Reniera cratera.
Stellata Vagneri.

8° OUVRAGES CONSULTÉS

1) *Étude d'ensemble.*

1. CALDERON y Paul. La Moronita y los yacimientos diatomiferos de Moron. *Ann. de la Soc. Esp. de Hist. Nat.*, t. XV, Madrid, 1886.

1. Au cours de nos recherches sur les Diatomées de Sanlucar de Barrameda, nous avons été amenés à déterminer quelques-unes des nombreuses spicules d'éponges qu'on y rencontre. Nous nous sommes servis pour cette détermination des planches que Tempere a publiées dans son *Micrographe préparateur*, vol. V, p. 38, 39, 77, 78. E. et A. Nicolas.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2. Cayeux L. Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. *Mém. Carte géol. de France*, Paris, 1916.
3. Cushman Joseph A. Foraminifera. Their classification and Economic use. Second Edition. Sharon, 1933.
4. Douvillé Robert. Esquisse géologique des préalpes subbétiques (partie centrale). *Thèse, Paris*, 1906.
5. Galloway J. J. A Manuel of Foraminifera. Bloomington, 1933.
6. Gavala Juan. Estrecho de Gibraltar. Excursion Al du XIVe Congrès International de Géologie, Madrid, 1926.
— Regiones petroliferas de Andalucia. *Bol. del Instituto Geologico de España*, t. XXXVII, 1916.
7. Gentil L. Sur les dépôts néogènes du détroit Nord-Bétique. *CR. Ac. Sc.*, t. 167, p. 238, 1918.
8. Gignoux M. et P. Fallot. Contributions à la connaissance des terrains néogènes et quaternaires marins sur les côtes méditerranéennes d'Espagne. C. R. XIVe Congrès Géol. Inter., vol. II, Madrid, 1926, p. 413 à 522.
9. Gran H.-H. Pelagic Plant life in Sir John Murray and Hjort; the Deposits, of Ocean. 1912.
10. Mallada L. Memorias de la Comision del Mapa geologico de España. *Explic. del Mapa geologico de España*, t. VI, Madrid, 1907.
11. Murray J. et A. F. Renard. Deep-Sea Deposits.

2) *Détermination des Foraminifères et des Radiolaires.*

12. Brady H. B. On some Fossil Foraminifera from the West Coast District of Sumatra. *Geol. Mag.*, 1875.
13. Cayeux L. Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. *Mém. pour suivre l'explic. de la Carte géologique détaillée de la France*, Paris, 1916.
14. Cushman J. Foraminifera. Their classification and economic use. Second edition, Sharon, 1933.
15. Galloway J. A Manual of Foraminifera. Bloomington, 1933.
16. Häcker. Tiefseeradiolarien : Wiss. Ergeh. der Deutschen. *Tiefseeexp. a. d. Damper Valdivia*, Bd. XIV, 1908.
17. Haeckel E. Report on the Radiolaria. *Voyage of H. M. S. Challenger Zoology*, vol. XVIII.
18. d'Orbigny A. Paléontologie française.
19. Sequenza G. Descrizione deu Foraminiferi monotalaminci delle Marne mioceniche del Distretto di Messina. Messina, 1862.

3) *Détermination des Silicoflagellés et des Ébriacées.*

20. Coupin H. Album général des Diatomées.
21. Hovasse R. Note préliminaire sur les Ébriacées. *Bull. Société Zool. de France*, n° 57, 1932.
22. — Seconde note sur les Ébriacées. *Bull. Société Zool. de France*, n° 57, 1932.
23. — Troisième note sur les Ébriacées. *Bull. Société Zool. de France*, n° 57, 1932.
24. — Contribution à l'étude des Silicoflagellés. *Bull. Biologique*, t. 66, 1932.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

25. Hustedt. Bacillariophyta Kieselalgen Deutschlands. Jena, 1930.
26. de Lapparent J. et Hovasse R. Sur un gisement français de terre à Diatomées d'âge miocène inférieur. *C. R. S. Soc. Géol. de France*, nov. 1934.
27. Migula T. *Kryptogamenflora*, 1907.
28. Peragallo H. et M. Les Diatomées marines de France. Paris, 1897-1908.

4) ***Ouvrages consultés pour les Diatomées et les Spongiaires.***

29. Coupin H. Album général des Cryptogames des Diatomées.
30. Deflandre G. Microscopie pratique, 1930.
31. Hustedt F. Die Kieselalgen Deutschland. Österreich under Schweiz. Raben. *Krypt. Flora*, 1927-1937 (en continuation).
32. Lefébure. Contenues dans le dépôt fossile marin de Saint-Laurent-la-Vernède (Gard) in *Bull. Soc. Française de Microscopie*, vol. 4, p. 44 et suiv., 1935.
33. Pelletan. Les Diatomées, 1891.
34. Peragallo H. et M. Les Diatomées marines de France, 1897-1908.
35. Tempère. Le Micrographe préparateur, Paris, 1897.
36. Tempère et Peragallo. Diatomées du Monde entier, 1915.
37. Torti A. XIIIe Contributiona diatomologica de Instituto Veneto. *Atl. R. Sc. Lett. Arti.* Venezzio, 1913.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XLIII

(Planche dressée par MM. L. Rampi et L. Raillard.)

1. *Diploneis gemmata* (Grev.) Cleve.
2. *Actinocyclus ellipticus* Grün. var.
3. *Stictodiscus parallelus* Pant. f[a] *quadrigona* Pant.
4. *Campyloneis Grevillei* (W. Smith) Grun.
5. *Navicula lyra* Ehr. var. *perplexa* H. P.
6. *Auliscus coelatus* Bail.
7. *Cocconeis pseudomarginata* Greg.
8. *Diploneis Beyrichiana* (A. S.) Amosse.
9. *Surirella Baldjickii* Norm.
10. *Stictodiscus parallelus* Pant.
11. *Navicula praetexta* Ehr.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Cailloux éoliens et solifluxion en France et en Europe septentrionale

par **André Cailleux**[1].

Planche XLIV.

Résumé

Nous nous proposons de résumer ici quelques observations que nous avons faites ces dernières années sur les cailloux éoliens et les marques de solifluxion et de discuter brièvement les relations qui semblent exister entre ces deux ordres de manifestations.

Nous envisageons successivement :

1. Critères utilisés.
2. Liaison entre l'action du vent et la solifluxion en bordure de la glaciation Nord-Européenne : France, Allemagne, Ouest du Jutland, Pologne..., etc.
3. Domaine intermédiaire : Danemark oriental, Jaederen, Scanie.
4. Action du vent au cœur de la glaciation Nord-Européenne : Norvège, Suède, Esthonie.
5. Interprétation provisoire.

1. Critères utilisés.

A. *Cailloux façonnés par le vent.* — Silex mis à part, les principaux critères de l'action du vent s'appliquent, sauf légères variantes, à des matériels très divers : granites, porphyres, basaltes, gneiss, quartzites, calcaires compacts. Ce sont, en commençant par les plus typiques, les suivants :

1) Arêtes nettes ; ni tranchantes, ni très émoussées ; leur rayon de courbure, dans le plan perpendiculaire aux faces qu'elles séparent, est petit, dépassant rarement 1 mm. ; leur tracé planimétrique n'est pas en ligne brisée, mais rectiligne ou légèrement courbe ; elles sont douces au toucher. La présence de trois arêtes, formant dreikanter, a été tenue bien à tort pour éminemment caractéristique de l'action du vent. En réalité — et l'unanimité des spécialistes est maintenant réalisée sur ce point — les dreikanters ne sont qu'un cas particulier, plutôt rare, et sans intérêt spécial. Certains galets ont 1, 2, 4 arêtes, voire davantage. J'ai souvent observé, par exemple sur les feld-

1. Note présentée à la séance du 7 novembre 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

spaths de granites porphyroïdes, l'existence de nombreuses arêtes longues de 5 mm. à 10 mm., parfaitement typiques.

2) Faces planes dans l'ensemble, souvent un peu gondolées dans le détail. Les vermiculures, fréquentes au Sahara, sont rares dans le domaine Nord-Européen, et l'eau a peut-être une part dans leur genèse. Par contre, les cupules de 3 à 20 mm. de long sont un signe certain d'action éolienne, à condition qu'elles présentent une direction d'allongement dominant ; elles sont souvent un peu plus étroites et surtout plus profondes du côté d'où venait le vent.

3) La surface éolisée, observée à l'œil nu en lumière rasante, est toujours plus luisante que les faces non éolisées, et a un aspect émoussé caractéristique. Elle est plus lisse que les faces vierges ; en général, elle ne boit pas l'encre, et on écrit aisément dessus ; la structure ou le grain de la roche y est plus apparent, comme le montre la pl. XLIV. Observée au binoculaire, la surface apparaît régularisée par un fin picotage en tout point semblable à celui que Cayeux (5) a décrit sur les grains de sables éoliens et que j'ai moi-même bien souvent signalé (3,4). Des considérations d'optique simples, que nous ne pouvons développer ici permettent d'expliquer qu'une même surface puisse ainsi paraître, à l'œil nu, luisante, et au binoculaire, picotée et mate.

Un grain très fortement apparent paraît bien être un signe certain d'action éolienne. Au contraire, l'aspect lisse et luisant, s'il tient parfois au vent, peut être dû à d'autres causes : structure pisolithique, roulement sans choc, enduits, imprégnations salines (?), frottements en présence d'eau..., etc. En des cas *tout à fait exceptionnels*, un torrent *extrêmement* violent peut même donner, *très localement*, les aspects 1, 2, 3. Cf. Lit. 9 A, B, C.

4) Des blocs saillants peuvent indiquer, mais sans certitude, le début (Islande, Skogasandur) de l'action éolienne ; ils peuvent être aussi des blocs anciennement éolisés et ensuite attaqués par la désagrégation atmosphérique, qui a fait disparaître les marques éoliennes typiques (Vannes, France ; Jaederen, Norvège) ; dans ce dernier cas, ils conservent souvent une forme vaguement pyramidale.

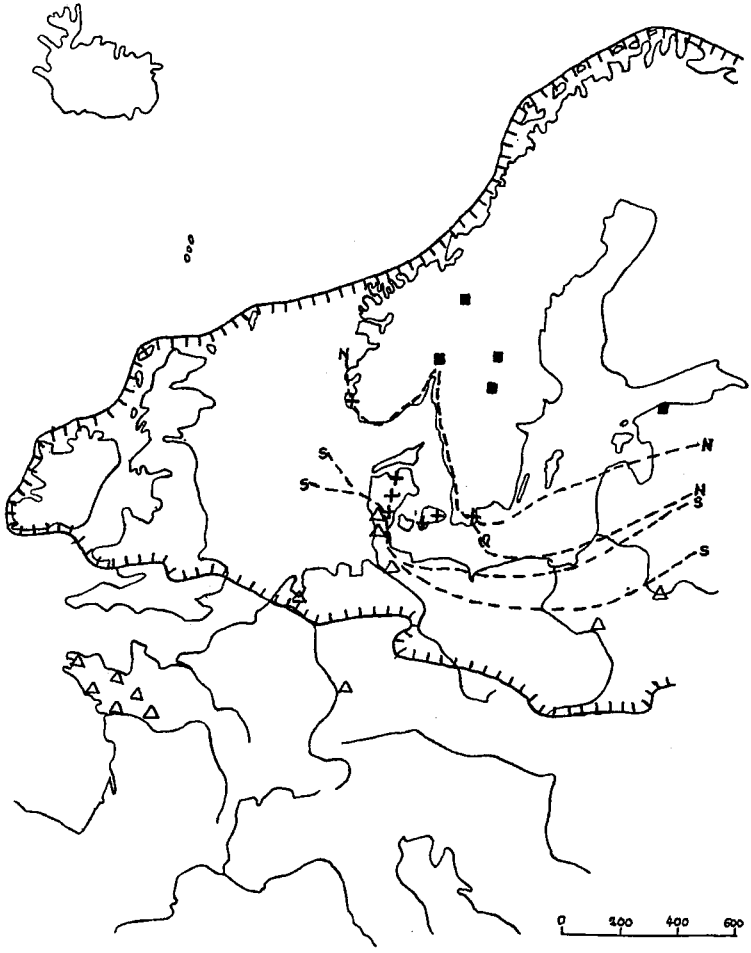
5) Dans un gisement donné, ce sont presque toujours les éléments les plus gros qui sont éolisés. Là où il y a des blocs, on trouve des blocs éolisés, mais les galets ne sont pas éoliens. De même, on ne trouve de galets éoliens de 1 à 2 cm. que là où il n'y a pas de galets excédant 4 ou 5 cm. Le vent ne façonne efficacement que les galets émergeant nettement.

6) Les cailloux éoliens sont disposés par nids ; on en trouve

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

des dizaines sur quelques mètres carrés ; puis on en cherche en vain sur des étendues parfois très grandes.

Tout ce qui précède s'applique aux matériels autres que les silex ; sur ces derniers, je ne suis pas encore en mesure de reconnaître en toute certitude l'action du vent.



CAILLOUX ÉOLIENS ET SOLIFLUXION EN EUROPE. *Esquisse provisoire (1938).*

Carrés noirs : Domaine Nord. Cailloux éoliens extrêmement rares et localisés, en relation avec des dunes bien conservées. Pratiquement pas trace de solifluxion ancienne.

Trait interrompu NN : tracés possibles de la limite sud du domaine nord.

Croix : Domaine intermédiaire (et cas douteux).

Trait interrompu SS : Tracés possibles de la limite nord du domaine sud.

Triangles blancs : Domaine sud. Cailloux éoliens très fréquents, presque toujours liés à des marques de solifluxion ancienne et sans relation avec des dunes récentes (en général).

Trait plein avec barbes : Extension maximum des calottes glaciaires.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

B. *Solifluxion.* — Nous conviendrons de dire qu'il y a eu solifluxion lorsque les couches ont été manifestement et fortement dérangées de leur disposition première : fentes, poches, galets dressés abondants. La solifluxion se reconnaît bien au-dessus des graviers fluviatiles ou plages soulevées à surface peu inclinée. Par contre je ne sais pas encore la distinguer rapidement avec certitude des éboulis ou de certaines moraines.

Sa genèse est obscure. En quelques cas elle peut être due à des effondrements karstiques. On admet communément que dans le Nord de l'Europe et jusqu'en France, elle a été produite par des phénomènes de gel et de dégel liés au climat froid des époques glaciaires quaternaires. S'il n'en est pas tout à fait ainsi, nos interprétations provisoires données au paragraphe 5 ci-dessous, devront être révisées. C'est pourquoi nous avons tenu à bien les distinguer des observations et faits exposés aux paragraphes 2, 3 et 4 ci-dessous.

2. Liaison entre l'action du vent et la solifluxion en bordure de la glaciation nord-européenne : France, Allemagne, Ouest du Jutland, Pologne.

A. *Massif Armoricain.* — J'ai montré qu'aux environs de Lorient (2) les galets éoliens signalés par Philippot sont absents, ou du moins très rares (Kerhom) dans les graviers en place, à galets très roulés, d'âge présumé Pliocène ou Quaternaire inférieur. Ils deviennent au contraire très fréquents, par essaims très nombreux, mais assez localisés, à 1 ou 2 m. de profondeur au plus, soit dans les formations superficielles (sol ou head) soit, là où celle-ci affleure, dans la zone supérieure, solifluée, des graviers à galets ou même dans l'arène sous-jacente ; ils sont souvent dressés. Les travaux de Bigot (1), Dangeard (10), Milon (10), Collin (6) ont montré que la solifluxion a joué un grand rôle au Quaternaire dans tout le Massif Armoricain. On voit qu'il en a été de même de l'action du vent (2).

B. *Frankfurt-am-Mein.* — Près de Steinheim, cailloux éoliens typiques déjà signalés par nos confrères allemands (12). Près de Dietisheim, j'ai observé que la partie supérieure des dépôts fluviatiles quaternaires est accidentée de poches de solifluxion, à remplissage de galets dressés.

C. *Environs de Hamburg et Kiel.* — Dans le domaine de la glaciation ancienne, les cailloux éoliens sont fréquents. Dücker (7), qui en a fait sur le terrain une étude très approfondie a eu le mérite de noter qu'ils marchent de pair avec de très importantes

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

actions de solifluxion. L'interprétation qu'il propose est identique à celle que nous donnons au paragraphe 5 pour le même domaine.

D. *Esbjerg* (*Danemark*). — Au Nord de la ville, les sables et graviers fluvio-glaciaires en place, non soliflués, dépourvus de galets éoliens sont surmontés par 1 à 2 m. de sables et limons contenant des galets éolisés et formant des poches de 1 à 4 m. de profondeur où les galets sont admirablement dressés.

Le long des falaises au SE de la ville, l'argile marine grise en place est surmontée par un complexe soliflué, épais de 1 à 4 m., comprenant des sables et limons graveleux ; les cailloux sont par places typiquement éoliens. Solifluxion attestée par les poches, le redressement des couches (pendage atteignant la verticale) et la présence de silex éclatés dont les fragments se trouvent parfois à plusieurs cm. de distance. Jessen, qui avait attribué naguère (9) ces effets à une nouvelle avancée glaciaire, pense maintenant (renseignement verbal) qu'il s'agit de solifluxion.

E. *Varde* (*Danemark*). — Au SE de la ville, les sables fluvio-glaciaires en place, sans galets éoliens, sont surmontés d'un limon jaune, très sableux à galets très redressés ; parmi ces derniers, galets éolisés typiques.

A l'Est de la ville, la surface des sables bien stratifiés est ravinée par une couche de limon brun, sableux, non stratifié, dessinant une poche très accusée et où se rencontrent de magnifiques galets éolisés.

Faubourg sud de la ville. Poches de solifluxion typiques. Galets dressés ; parmi eux, nombreux galets éolisés. Silex fracturés.

F. *Zakroczym près Varsovie* (*Pologne*). — Nombreux cailloux éoliens localisés dans la couche la plus superficielle, et éolisés en majorité sur toutes leurs faces. Ceux qui ne sont éolisés que sur une face sont en général plus plats ; ainsi s'explique qu'ils aient été moins retournés ; si, par leur face inférieure, ils sont encore encastrés dans la formation sous-jacente cohérente (moraine dénudée), c'est leur face supérieure qui est éolisée ; mais ceux qui sont totalement inclus dans le limon sableux superficiel présentent leur face éolienne indifféremment en haut, sur le côté ou en bas, ce qui témoigne qu'ils ont été retournés postérieurement à leur façonnement par le vent. La solifluxion a pu contribuer à ce retournement.

La plupart des cailloux éoliens sont faits à partir de galets glaciaires déjà bien émoussés. Mais quelques-uns sont visiblement

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

formés à partir de cassures hérissées peut-être imputables aux variations thermiques, notamment au gel et au dégel.

H. *Poniemuń près Grodno (Pologne).* — Cailloux éolisés typiques qui m'ont été signalés, comme les précédents, par Sawicki et Kicinski. Je ne les ai trouvés ni dans les dépôts anciens en place (moraine de fond, sables, argiles et tourbes interglaciaires), ni dans les formations les plus récentes (terrasse de Poniemuń, lit majeur du Niemen), mais seulement dans les formations d'âge intermédiaire (Gravat II, sables et Gravat I) et aussi à la surface des moraines de front au Nord de Poniemun. Le Gravat II contient de nombreux galets éoliens et de nombreux galets dressés ; il envoie dans les sables fins sous-jacents des poches verticales, atteignant 1 m. de profondeur, à galets presque tous dressés.

Conclusions. — Les résultats obtenus dans toutes ces régions sont remarquablement concordants. Ils me paraissent susceptibles d'être généralisés de la façon suivante.

Dans la partie externe du domaine recouvert par la glaciation nord-européenne, et localement au moins en dehors de ce domaine (Massif Armoricain, Frankfurt-am-Mein), vent et solifluxion ont agi, au Quaternaire, simultanément, successivement ou alternativement sur les dépôts de la surface. Ces actions ne s'exercent plus à l'heure actuelle, où l'on n'observe plus de solifluxion, et où l'action du vent est limitée au littoral et à quelques régions de dunes continentales assez localisées. Elles ont donc été liées à des conditions qui ne sont plus réalisées aujourd'hui et que nous essayerons de reconstituer au paragraphe 5.

3. Domaine intermédiaire : Est du Holstein et du Danemark. Jaederen (Norvège), Scanie (Suède).

A. *Est du Holstein et du Danemark.* — Un important rempart de moraines frontales, nettement accusé, dirigé NNW-SSE, sépare en deux le Jutland et le Hosltein ; on convient de le rattacher au Würm. Nos confrères danois et allemands ont remarqué que lorsqu'on passe de l'extérieur à l'intérieur de ce rempart, marques de solifluxion et d'action de vent diminuent brusquement. Mais contrairement à ce que pensent certains d'entre eux, elles ne disparaissent pas totalement ; en effet, sur les 6 localités, non choisies à dessein, que j'ai visitées dans cette zone, 4 m'ont montré à la fois des effets de vent et de solifluxion ; 1, des effets de solifluxion ; 1 seule ne m'a rien donné.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Kiel. — A Möltenort, les galets dressés sont deux fois plus fréquents dans la zone supérieure, brun foncé, que dans le reste de la moraine ; mais peut-être ceci ne tient-il pas à la solifluxion.

Près du Wasserwerk de Kiel, les dépôts fluvio-glaciaires sont recouverts en quelques places par un Decksand contenant, surtout à sa base, des galets dressés.

Ile de Sjaelland. — A Hedehusene, les couches en place (moraine et fluvio-glaciaire) ne contiennent ni galets dressés nombreux, ni galets éolisés. Dans le sol, au contraire, nombreux galets dressés ; en un point, vers l'extrémité ouest de la gravière sud, dans un rayon de 50 m., blocs éoliens typiques, surtout en granite et en porphyre ; à l'échelle des galets, pas d'action éolienne.

A Korsør, la moraine est par endroits ravinée par un limon sableux formant sol, dont elle se distingue difficilement. J'ai trouvé, en place dans ce limon, un bloc de 35 cm. environ, dont la face supérieure était fortement éolisée. L'une des faces d'appui, inférieure, l'était non moins fortement, attestant que le bloc avait dû tourner au moins une fois depuis le début de son façonnement. En surface du sol, les galets sont assez nettement éolisés, surtout là où le sol est plus sableux (betteraves chétives).

Jutland. — A Randers, les formations fluvio-glaciaires en place, sans galets éoliens, sont surmontées par diverses couches, épaisses de 1 à 2 m. en tout ; l'une d'entre ces dernières contient de nombreux galets dressés. Un nid de galets éoliens typiques.

A Aalborg, sur les collines situées immédiatement à l'Ouest de la ville, les formations fluvio-glaciaires en place sont dépourvues de galets éoliens. L'une des couches qui les surmontent contient des galets dressés et des galets éoliens rares, mais certains.

B. *Jaederen* (*Norvège*). — Au SSE de Bryne, dans la région très peu accidentée du Jaederen, j'ai découvert de très beaux blocs éolisés, que les paysans étaient en train d'extraire du sol, où ils étaient enfouis. Jusqu'ici, on ne connaissait dans le Jaederen, et en général en Norvège, que des actions éoliennes actuelles, liées à des dunes (cf. Øyen, 11). Mes observations montrent que l'action du vent s'est aussi exercée à des époques plus anciennes, probablement peu après le retrait des glaciers.

Dans la même région, à Bryne et à Klepp, les dépôts fluvio-glaciaires en place sont surmontés par des gravats soliflués à galets dressés, mais sans belles poches.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

C. *Suède Méridionale.* — Je n'ai pas visité la Scanie. Les gisements de galets éoliens n'y sont pas rares. Mais à en juger par la façon dont ils ont été cartographiés, notamment par de Geer (8), certains d'entre eux ne sont peut-être pas liés à des formations dunaires récentes, et se rapprocheraient peut-être des actions éoliennes plus anciennes que je viens de décrire dans l'Est du Danemark. Je me propose de les étudier ultérieurement sur le terrain.

4. Action du vent au cœur de la glaciation nord-européenne. Norvège, Suède, Esthonie

Mises à part les actions éoliennes littorales actuelles, banales, le cœur de la glaciation Nord-européenne (Norvège, Suède, Esthonie... etc.) s'oppose complètement à la zone de bordure (France, Allemagne, Jutland Occidental, Pologne... etc.) décrite au paragraphe 2, ainsi que le montre le tableau suivant :

Domaine sud.	*Domaine nord.*
France (pro parte). Allemagne. Jutland occidental. Pologne. Etc.	Norvège (Jaederen exclu). Suède (Scanie peut-être exclue). Esthonie. Etc.
Solifluxion ancienne, intense : cailloux dressés, poches.	Solifluxion ancienne, très rares indices (Dal, Romerike, Norvège).
Gisements de galets éolisés extrêmement répandus.	Gisements de galets éolisés très rares : Røros en Norvège, Mora et Brattfors en Suède, Nømme près Tallinn en Esthonie.
Matrice des cailloux éolisés : limons.	Matrice des cailloux éolisés : sables. A Røros, les galets éolisés sont encore encastrés dans les dépôts fluvio-glaciaires de l'os.
Actions éoliennes anciennes très rarement liées à de vagues couvertures de sables éoliens.	Actions éoliennes finiglaciales à actuelles, généralement liées à des dunes bien conservées.
40 à 70 % des cailloux éoliens de 10 à 20 cm. sont éoliens sur toutes leurs faces.	5 à 20 % des cailloux éoliens de 10 à 20 cm. sont éolisés sur toutes leurs faces.

Conclusion. — Cette opposition d'ensemble entre le domaine nord, découvert seulement depuis le Finiglacial, et le domaine sud, découvert depuis bien plus longtemps (Würm), montre que

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

les conditions climatiques ont été très différentes antérieurement et postérieurement au Gotiglacial (environ). Nous proposons, pour ces différences, l'interprétation provisoire suivante.

5. Interprétation provisoire.

Au cours des phases anciennes du Quaternaire, pendant les avancées et les maximums glaciaires, le domaine sud (France, Allemagne, Jutland Occidental, Pologne... etc.) a été soumis à un froid intense ; d'où solifluxion et aussi végétation maigre ou nulle. Sur ces espaces dénudés, les vents violents qui soufflent communément en bordure des inlandsis, ont façonné les blocs et galets. Ces cailloux éoliens étant entre temps soumis à la solifluxion ont pu être retournés, ce qui contribuerait à expliquer ici la forte proportion de ceux qui sont éolisés sur toutes leurs faces; ils ont pu aussi s'enfoncer dans les coulées boueuses, d'où position dressée possible ; ils ont finalement été ensevelis soit dans les heads (coulées boueuses), soit sous des limons déposés par le vent; d'où la nature généralement limoneuse de leur matrice.

Au Daniglacial, le domaine intermédiaire (Danemark oriental... etc.) est à son tour libéré des glaces : climat un peu moins rigoureux, mais encore froid : galets dressés, cailloux et blocs éolisés.

A partir du Finiglacial, et peut-être dès le Gotiglacial, nous sommes obligés d'admettre que, bien que le glacier fût encore tout proche, le climat devait être déjà tempéré, puisque le cœur de la glaciation, qui se découvre alors, ne porte que des traces infimes d'actions éoliennes et de solifluxion. La rareté des actions du vent montre en particulier qu'une végétation notable devait prendre pied très vite après le départ du glacier, sauf en quelques régions exceptionnellement sableuses comme Mora, Bratfors, Nomme. Ainsi, à partir du Finiglacial et peut-être un peu avant, il n'y a plus équilibre entre la position du front glaciaire et le climat général ; le climat est considérablement réchauffé alors que le glacier est encore fort étendu. Ceci concorde bien avec l'imposante valeur de la vitesse de recul du front glaciaire Finiglacial (100 m. et plus, annuellement) et avec le caractère très tempéré de la flore à cette époque.

Il y aurait eu ainsi au Quaternaire, successivement, des actions éoliennes froides, généralisées, affectant le domaine sud, libre de glace puis des actions éoliennes plus tempérées qui se pro-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

longent à l'époque actuelle. Naturellement, ces dernières ne sont pas limitées au domaine nord ; elles ont pu s'exercer aussi dans le domaine sud, mais elles y jouent un rôle bien moins important que les actions éoliennes froides.

Des observations plus détaillées dans le domaine intermédiaire permettraient peut-être de préciser l'âge relatif des stades glaciaires du Jaederen, du Danemark ou de Scanie et de l'Est de la Baltique. Ainsi, l'étude de l'action du vent et de la solifluxion pourrait apporter une contribution nouvelle à l'établissement des corrélations à longue distance entre les stades de retrait glaciaire.

Nos confrères Bugge, Carlsson, de Geer, Goldschmidt, Holmsen, Hörner, Jessen, Kiciński, Kolderup, Örviku, Pożaryska, Rosendahl, Sandegren, Sawicki, Schäfer, Tammekann, Thiele, Thompson, Zāns m'ont piloté sur le terrain ou aidé de leurs conseils. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de ma reconnaissance.

OUVRAGES CITÉS

1. Bigot (A.). Bibliographie analytique des travaux sur les plages suspendues et les dépôts de solifluxion dans le Massif Armoricain et les îles Anglo-Normandes. *Revue Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, IX, 2, p. 195-208, 1936, Paris.

2. Cailleux (André). Galets façonnés par le vent au Quaternaire dans le Sud de la Bretagne. *CR. Ac. Sc.*, 206, p. 1743, 8 juin 1938, Paris.

3. Cailleux (André). Sur quelques sables de Jersey. *C. R. Séances Soc. Géol. Min. Bretagne*, 3e année, mai-déc. 1937, n° 3 et 4, p. 37-40, Rennes, 1939.

4. Cailleux (André). Les actions éoliennes périglaciaires quaternaires en Europe. *B. S. G. F.*, 1936, p. 495-505, 1 pl., 1 carte, t. VI, Paris.

5. Cayeux (Lucien). Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. *Mém. Carte Géol. Fr.*, 1929, Paris.

6. Collin (L.). Formations quaternaires de l'Ouest du Finistère. *Bull. Soc. Géol. Min. Bretagne*, Fasc. spécial, 1936, p. 1 à 69, 4 pl., Rennes.

7. Dücker (Alfred). Die Windkanter des Norddeutschen Diluviums in Ihren Beziehungen zu periglazialen Erscheinungen und zum Decksand. *Jahrb. Preuss. Geol. Landesanst.*, 1933, 54, p. 487-526, 2 fig., 2 pl., 1 carte, 5 p. de bibliogr., Berlin.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

8. DE GEER (Gérard). Om Vindnötta stenar. *Geol. Fören. Förh.*, VIII, 7, p. 501-513, Stockolm, 1886, 2 fig.
9. JESSEN (Axel). Beskrivelse til Geologisk Kort over Danmark. Kortbladet Varde. *Dan. Geol. Unders.* I Raekke, n° 14, p. 1-105, 20 fig., résumé français. København, 1922.
9 *a*. LUGEON (Maurice). Sur un nouveau mode d'érosion fluviale. *CR. Ac. Sc.*, 156, 1913, p. 582, Paris.
9 *b*. — (Maurice). Le striage du lit fluvial. *Ann. de Géogr.*, 23-24e année, 152, 15 nov. 1915, p. 385, Paris.
9 *c*. — (Maurice). Sur un nouvel exemple du striage fluvial. *CR. Ac. Sc.*, 172, 4 avril 1921, p. 828, Paris.
10. MILON (Yves) et L. DANGEARD. Sur l'importance des phénomènes de solifluxion en Bretagne pendant le Quaternaire. *CR. Ac. Sc.*, 187, p. 136, 2 juillet 1928, Paris.
11. OYEN (P. A.). Vindslidte stene *Naturen*, 1890, p. 143-146, 2 fig., Bergen.
12. SCHAUF (W.) und W. WENZ. Geologische Exkursionen in der Umgegend von Frankfurt am Main. 2. Die Steinheimer Basaltdecke, 14 Abbild, p. 1-19. Selbsverlag der Senckerberg. Naturforsch. Ges. Frankfurt, 1920.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XLIV

Contraste entre les deux faces d'un caillou façonné par le vent. En haut, face supérieure, façonnée par le vent, lisse, luisante ; le grain de la roche (granite) apparaît admirablement.

En bas, face inférieure, non exposée au vent, non façonnée,

Localité : Nømme près Tallinn, Esthonie.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Scalarité post-traumatique chez des Toucasies aptiennes de Tarragone

par **Gaston Astre**[1].

Caractères des petites Toucasies de Mas Tarrago. — Au nombre des plus curieuses *Toucasia* que j'aie examinées, figurent quelques sujets récoltés par Don Ramon Bataller dans le terrain aptien de Mas Tarrago (province de Tarragone, en Espagne) : valves fixées, très contournées, dépourvues généralement de leur petite valve operculaire qui se détacha après la mort.

Sur un sujet pourtant cette petite valve demeure : n'affectant pas l'allure conique habituelle, elle se déverse vers son bord postérieur, si bien que sa carène se projette hors de la commissure. Au voisinage de *T. carinata* Math., c'est le type décrit de Provence par Paquier[2] sous le nom de *T. transversa*, « nettement caractérisé par le surplomb du bord postérieur de sa valve supérieure » ainsi que par l'élargissement de son diamètre antéro-postérieur. A ma connaissance, *c'est la première fois que cette forme transverse est découverte dans la péninsule ibérique.*

Fig. 1.
Toucasie scalaire de Mas Tarrago
(Grandeur naturelle).

Deux des sujets possèdent, à un degré développé, une déformation scalaire. Enroulée en tours presque séparés, la grande valve ressemble, à s'y méprendre, à une coquille de Gastéropode (fig. 1). Commune chez les Requienies, cette anomalie est loin de l'être chez les Toucasies. Paquier avait pourtant pu la noter chez sa *T. transversa* de Provence : « La valve inférieure... décrit plusieurs tours non tangents, disposition rappelant tout à fait celle qui s'observe chez *Requienia scalaris.* » Il n'y a donc rien

1. Note présentée à la séance de 19 décembre 1938.
2. Paquier (V.). Les Rudistes urgoniens, 1903. *Mém. Soc. géolog. Fr., Paléont.*, mém. n° 29, p. 44, pl. V, fig. 6 et 8, pl. VI, fig. 5-6.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

d'étonnant à la retrouver ici. On peut tout de même noter que *c'est la découverte de la vraie déformation scalaire chez les Toucasies espagnoles.*

Enfin aucun sujet n'atteint de fortes dimensions : le plus grand mesure 48 mm. Pourtant l'Aptien de Catalogne possède des Rudistes bien développés, — comme il sied à des régions occupées,

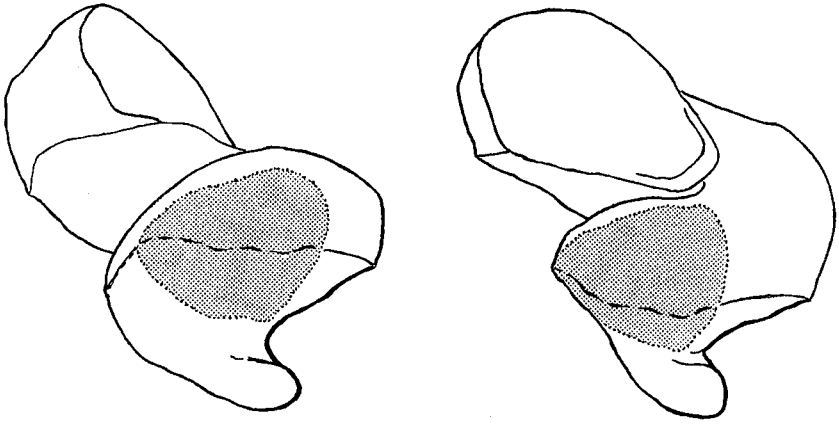


FIG. 2-3. — *Position de la cicatrice et tracé de la carène.* Schéma suivant deux incidences différentes (Grandeur naturelle).

aux temps crétacés, par des mers de type mésogéen, plutôt chaudes, avec abondance de sels calciques et des calories nécessaires à toute réaction. Si les Toucasies de Mas Tarrago sont petites, concluons-en qu'*elles se trouvaient en un milieu qui ne leur était pas des plus propices.*

Ces trois observations semblent se relier. On ne connaît pas bien la valeur de l'individualité de *T. transversa* vis-à-vis de *T. carinata*, dont elle pourrait n'être qu'une ultime variation. Mais ces *Toucasia*, qui peuvent être *transversa*, parfois *scalaris* et toujours *minor*, décèlent assurément des conditions pas très favorables.

La scalarité des Toucasies et sa cause traumatique. — Reprenons la question en laquelle réside l'intérêt des fossiles de Mas Tarrago.

La scalarité serait-elle là l'attribut d'une race locale, déterminée par des facteurs physico-chimiques du milieu ? Non : la quasi totalité des spécimens en serait alors affectée ; ce n'est pas le cas. Deux, parmi ceux recueillis, présentent l'enroulement normal à tours contigus.

La scalarité fut donc le fait de réactions, fréquentes mais non

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

constantes, et dépend ainsi de facteurs particuliers à certains individus.

Quelle en est la cause ? Par une heureuse circonstance, l'examen des fossiles nous l'indiquera. Le plus scalaire est démonstratif à cet égard.

Sur son bord externe, à peu près à mi-parcours de la spire, avant le grand tour qui donne sa physionomie curieuse à la coquille, on voit une cicatrice elliptique (fig. 2-3), longue d'environ 23 mm., circonscrite par le test normal qui dessine tout autour une sorte de talus ou, par endroit, un vrai bourrelet réactionnel. On ne peut la prendre pour un accident de fossilisation. Elle possède en effet l'allure légèrement mamelonnée des cicatrices de réparation, au test plus mince : les stries d'accroissement y sont gravées, quoique un peu dérangées : la carène traverse cette plage anormale, mais elle y est plus obtuse, faiblement sinueuse et d'inégale saillie. Tout cela indique une blessure subie par l'animal pendant sa vie : la cicatrice obtura une brèche ouverte près de l'ouverture de la Toucasie jeune. Aucun doute n'est possible.

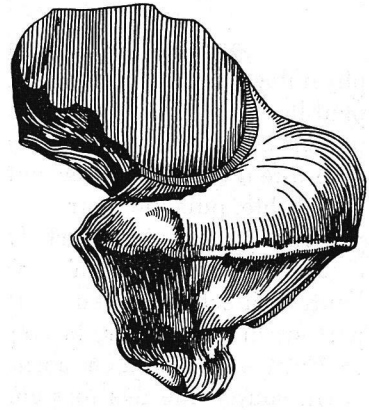


FIG. 4. — *Le début auriculiforme de la spire* (extrémité inférieure) *précédant le grand tour scalaire* (Grandeur naturelle). — Dessin G. Delpey.

Or, cette cicatrice sépare en deux régimes l'ensemble de la spire (fig. 4). De l'extrémité du crochet jusqu'à elle, l'enroulement est normal, avec tours tangents, correspondant aux premiers temps de la vie du sujet. Au delà de la cicatrice et jusqu'à la commissure, la valve ne s'enroule plus qu'en une spirale conique à tours non tangents ; c'est la phase scalaire. Il est indéniable que cette disposition, apparue seulement après blessure, est une *scalarité post-traumatique*.

La considération de la carène précise le point où s'effectua le changement : à l'origine ou à la sortie de la cicatrice ? Il est logique que ce soit à l'origine, puisque là débuta la blessure et, conséquemment, le nouveau régime de sécrétion du test. C'est ce qu'on constate. La carène change angulairement de direction (fig. 2) à son entrée dans la cicatrice et la traverse avec celle dont elle restera affectée, après sortie de la cicatrice, sur la portion scalaire de la valve.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le second exemplaire pourvu de cette anomalie confirme ce que vient de nous apprendre le précédent. Le sommet de la spire présente un enroulement normal, auriculiforme ; puis, après une zone cicatricielle, bien visible par une perturbation de la carène, la scalarité apparaît.

Peut-on avoir une idée sur l'origine de la blessure ? Les cicatrices étant à peu près au même endroit sur les deux sujets, il paraît difficile d'admettre le seul fait du hasard. Peut-être un prédateur, un ennemi avait-il coutume d'attaquer les Toucasies près de la commissure. Peut-être aussi s'agit-il d'un choc ou d'un écrasement ; car, le bord externe constituant près de l'ouverture la proéminence la plus exposée, il est naturel que les blessures y sévissent de préférence. Le dommage se produisait dans le jeune âge, la coquille devenant, par la suite, assez épaisse pour résister aux agents extérieurs.

Le mécanisme de l'apparition de la scalarité. — La raison physiologique qui commanda les modifications précédentes, on peut la concevoir simplement. Une coquille à spirale conique est nécessairement une coquille où le manteau sécrète plus vite d'un côté que d'un autre, avec enroulement du côté où la sécrétion est plus faible, puisque pour une même distance angulaire le parcours y est beaucoup plus court. Le degré d'enroulement est fonction de la différence dans la rapidité de sécrétion entre un côté et l'autre. Si cette différence était nulle, la sécrétion calcaire ayant partout même valeur, la coquille ne s'enroulerait pas, mais s'accroîtrait en tube ou en corne d'abondance.

On soupçonne dès lors comment les choses se passèrent pour nos Toucasies. Le bord externe, qui sécrétait plus rapidement que l'autre, fut blessé. Les tissus du manteau y subirent des dommages et eurent leur activité ralentie ; la différence dans la vitesse de sécrétion entre les deux régions opposées du manteau s'atténua. Il ne fut plus possible à la coquille de s'enrouler d'une manière aussi auriculiforme, mais seulement en tube plus déroulé, ce qui correspond à la disposition scalaire.

En somme, il s'agit là d'un *traumatisme localisé, qui entraîna une blessure directe du manteau, lequel en éprouva une déficience définitive de fonction.*

Au point de vue du comportement du manteau, on peut comparer avec l'Hippurite [1] de Roquefixade qui avait subi une chute dans son jeune âge. Il s'agissait là d'un traumatisme généralisé,

1. Astre (Gaston). Redressement et accélération consécutive de croissance chez un Hippurite, 1938. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e sér., t. VIII, pp. 287-295, fig. 1-6.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

vis-à-vis duquel le sujet avait réagi par une accélération temporaire de fonction du manteau, qui en subit un dommage, temporaire lui aussi, d'origine non plus externe, mais physiologique. Les deux cas sont opposés : pour les Toucasies la lésion de l'organe précéda la modification de son activité et en fut la cause ; pour l'Hippurite elle la suivit et en fut la conséquence.

Convergence de réaction physiologique avec les Gastéropodes. — Les Toucasies scalaires de Mas Tarrago offrent donc un intérêt, non seulement parce qu'elles nous éclairent sur la paléobiologie des Rudistes, mais encore parce qu'elles fournissent dans un cas précis une explication de la scalarité.

Les Rudistes sont des Lamellibranches, et pourtant ce n'est pas chez ces derniers qu'il faudra chercher des comparaisons utiles. On pourrait tout au plus évoquer le déroulement en corne des *Isocardia* ou la proéminence du crochet chez les Ostréidés, dispositions que l'on met en rapport avec un mode de vie plus libre, ou en eaux plus agitées.

Ce sont les Gastéropodes qui offriront les véritables documents sur la scalarité. Si les Toucasies sont des Lamellibranches, elles offrent en effet dans leur coquille une convergence avec celle des Gastéropodes ; les nécessités géométriques se répètent identiques dans des groupes biologiques différents.

Il serait hors de propos de traiter de la scalarité chez les Gastéropodes. On sait comment les échantillons scalaires furent recherchés par les collectionneurs des XVIIIe et XIXe siècles : point de traité de conchyliologie qui n'en fasse état, point de faune régionale qui n'en présente. Mais cette anomalie n'a guère reçu d'explication satisfaisante, ainsi que le faisait remarquer, après bien d'autres et sans être le dernier, Baudon [1] en 1884.

On l'a parfois attribuée à une insuffisance de calcaire, la coquille devenant assez molle pour qu'un obstacle apporté à sa croissance la dévie. Cette supposition, émise par exemple par Baudon [2] pour une monstruosité du Planorbe corné, ne saurait valoir pour des Rudistes, organismes de mers où abondaient les sels de calcium.

On peut aussi concevoir l'apparition de la scalarité par la présence d'un corps étranger vivant, parasite ou symbiote, qui

1. Baudon (A). Troisième catalogue des Mollusques vivants du département de l'Oise, 1884. *Journal de Conchyliologie*, 3e sér., t. XXIV (vol. XXXII), pp. 193-325, pl. VIII-X. Cf. pp. 319-323 « des monstruosités trouvées dans le département de l'Oise ».

2. Baudon. Cas d'albinisme et de monstruosité scalaire du Planorbe corné, 1858. *Journal de Conchyliologie*, 2e sér., t. III, pp. 310-314.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

gênerait la régularité de l'enroulement. G. Delpey [1] a signalé le cas d'une Nérinée sur laquelle l'encroûtement d'un Hydrozoaire entraîna la disjonction du dernier tour.

Mais, sans nous attarder à d'autres facteurs, mentionnons la scalarité par traumatisme, suivant un processus équivalent de celui de nos Toucasies fossiles. Parmi les Bulimes vivants de Nouvelle-Calédonie, Crosse [2] a décrit un animal qui, après début normal, subit un choc, avec fracture du test sur le côté externe ; une cicatrice de réparation se forma ; à partir de là, la coquille devint en quelque sorte scalaire.

L'explication que j'ai proposée pour les Toucasies me paraît ici s'appliquer. Sur le front externe de la coquille, prédisposé par sa position à recevoir de préférence les fractures, le manteau évidemment blessé prit désormais, vis-à-vis du côté interne, moins d'avance dans la sécrétion ; s'enroulant moins sur elle-même, la coquille devint scalaire.

C'est là un exemple intéressant au point de vue biologique. Nous avons remarqué, dès le début, que les Toucasies scalaires de Mas Tarrago offraient une *convergence de forme* avec une coquille de Gastéropode. La notion peut être poussée plus loin, ou plutôt s'applique également aux causes. C'est que nous venons en effet d'énoncer quelque chose de plus curieux : une *convergence de réactions physiologiques* dans la réparation post-traumatique. Un même accident, un choc extérieur, affecte de la même manière deux êtres aussi différents qu'un Rudiste du Crétacé et un Gastéropode actuel ; chez des animaux bien éloignés l'un de l'autre dans le temps, dans l'espace et dans la classification naturelle, les mêmes lésions ont entraîné une altération comparable des fonctions physiologiques, avec réactions similaires de la part des organismes blessés.

1. Delpey (Geneviève). Symbiose d'une Nérinée et d'un Hydrozoaire, 1937. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e sér., t. VII, pp. 353-358, pl. XXII-XXIII.

2. Crosse (H.). Note sur quelques monstruosités accidentelles du *Bulimus* (*Placostylus*) *fibratus*, Martyn, de la Nouvelle-Calédonie, 1880. *Journal de Conchyliologie*, 3e sér., t. XX (vol. XXIII), pp. 323-325, pl. XI, fig. 3-3 b. — Voir aussi : Crosse (H.). Note sur quelques formes monstrueuses du *Bulimus* (*Placostylus*) *Ouveanus*, Dotzauer, des îles Loyalty. 1884. *Ibid.*, 3e sér., t. XXIV (vol. XXXII), pp. 328-330, pl. VII, fig. 3-4.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1

2

2a

3

3a

4

5

5a

7

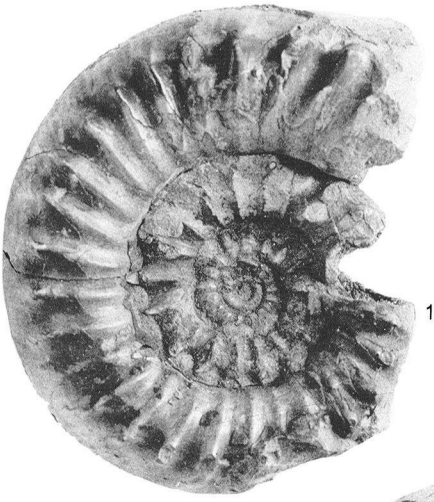
7a

6

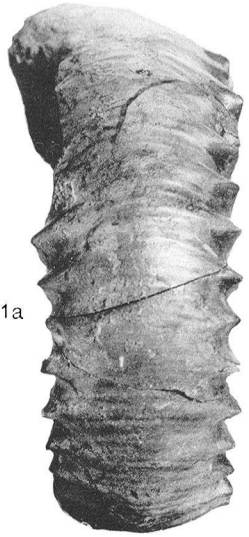
6a

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

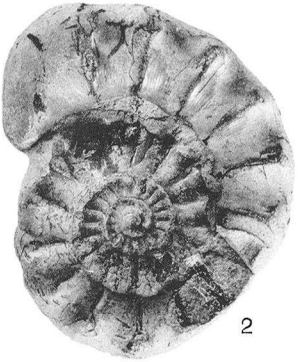
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



1



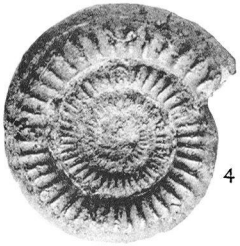
1a



2

2a

3

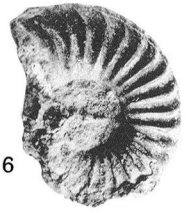


4

4a

5

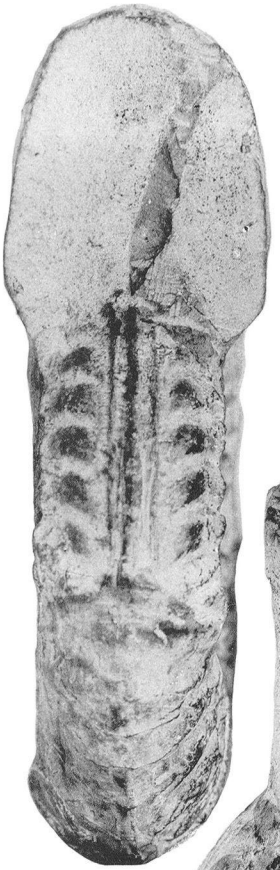
5a



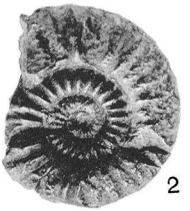
6

6a

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



1a



2

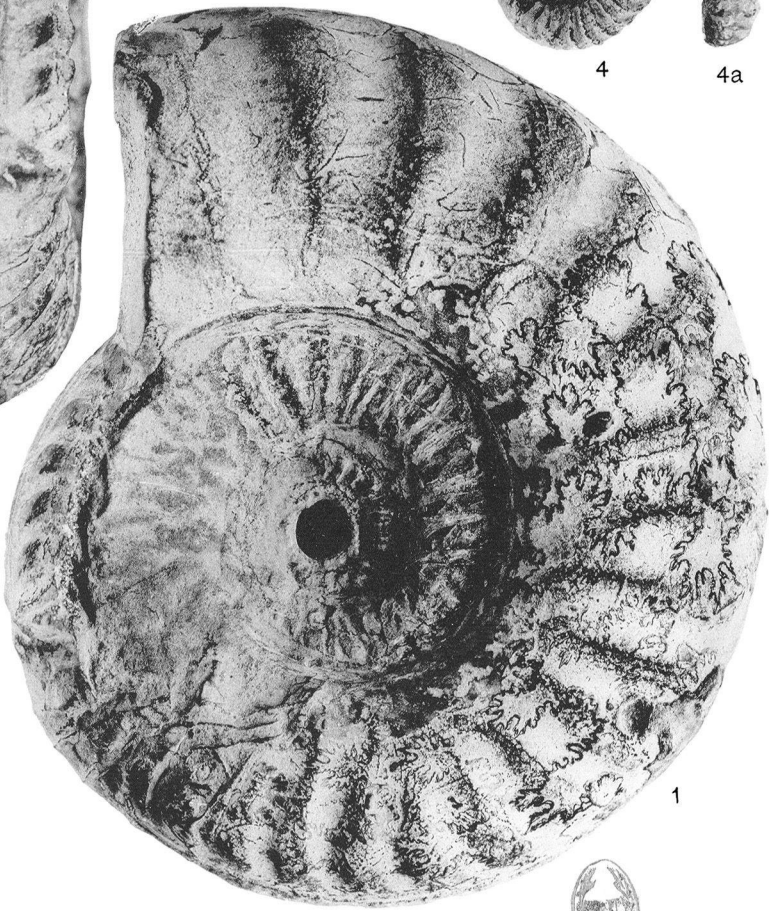
2a

3

3a

4

4a

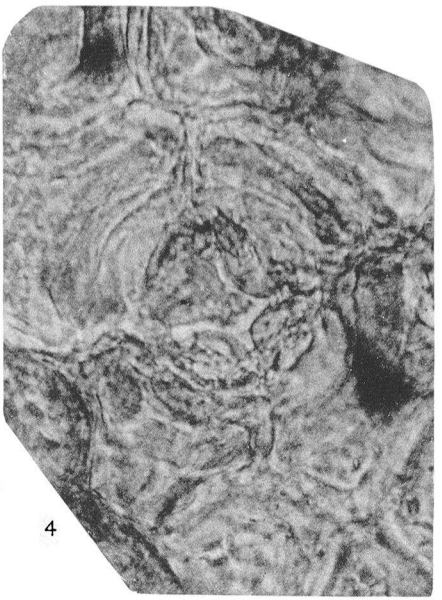


1

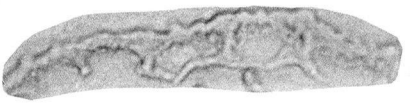
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

1

7

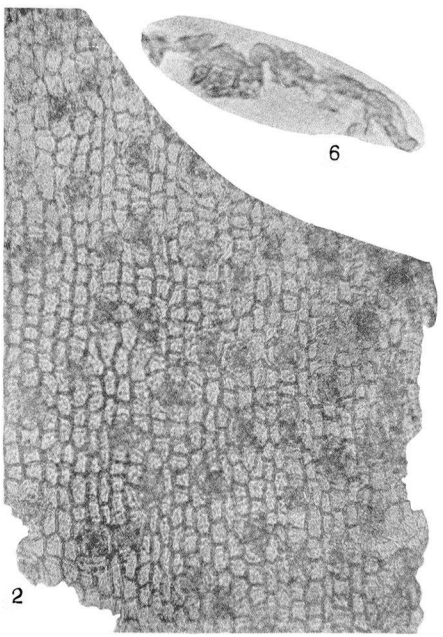


4

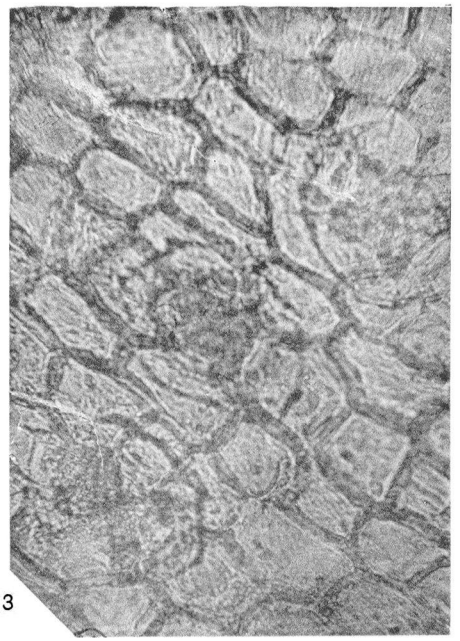


5

6



2

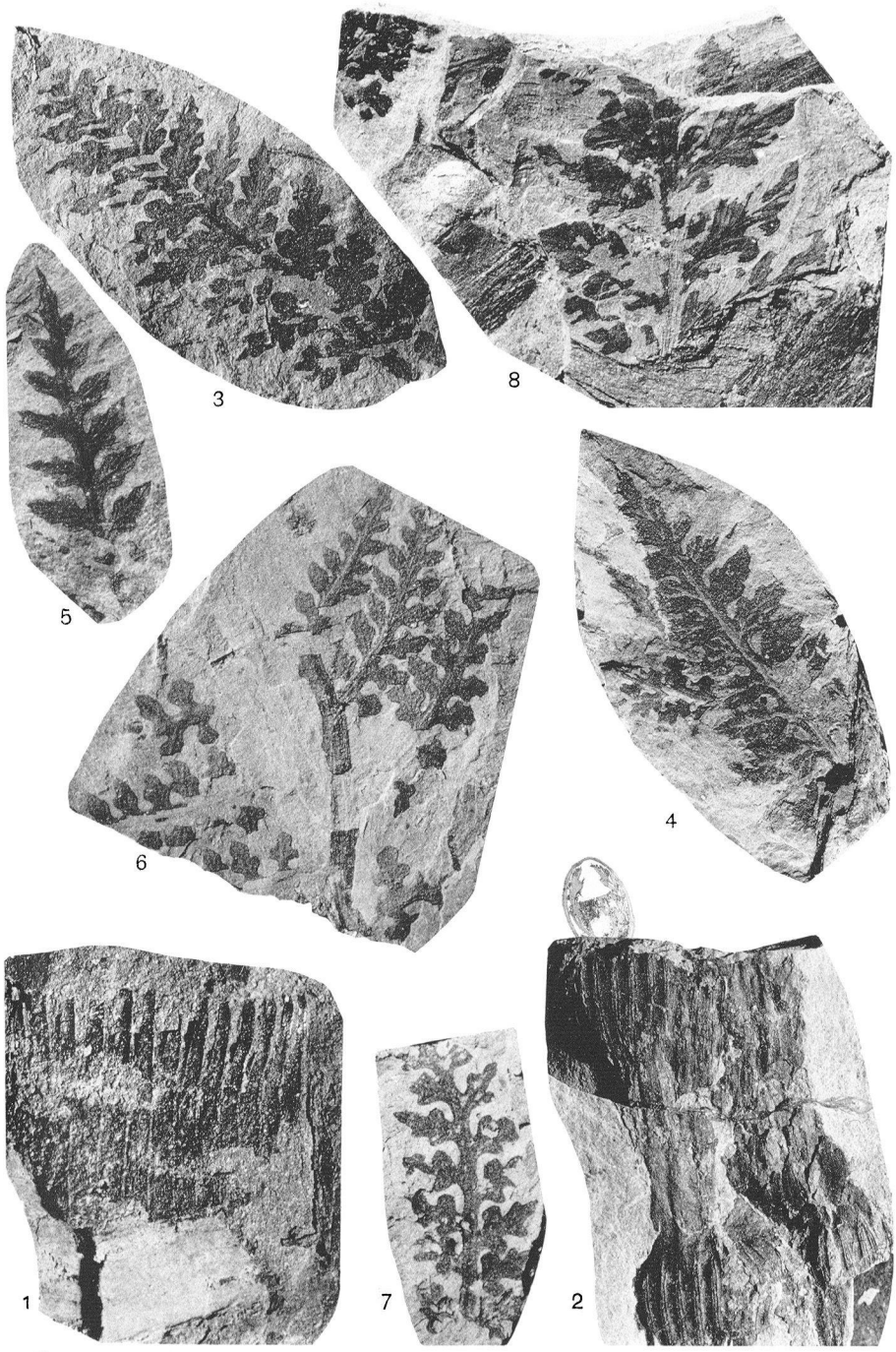


3

Clichés A. et P. Leblanc

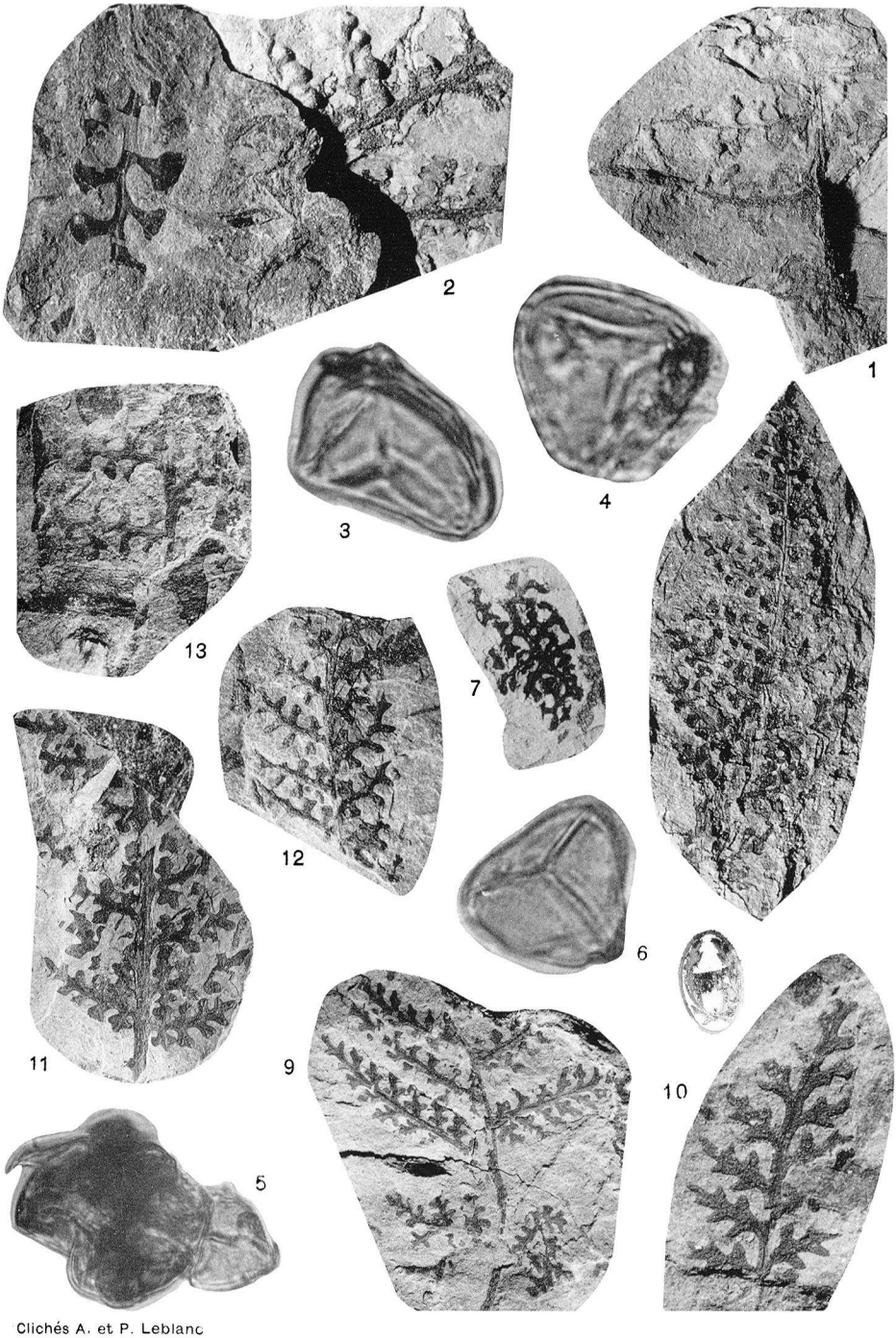
Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



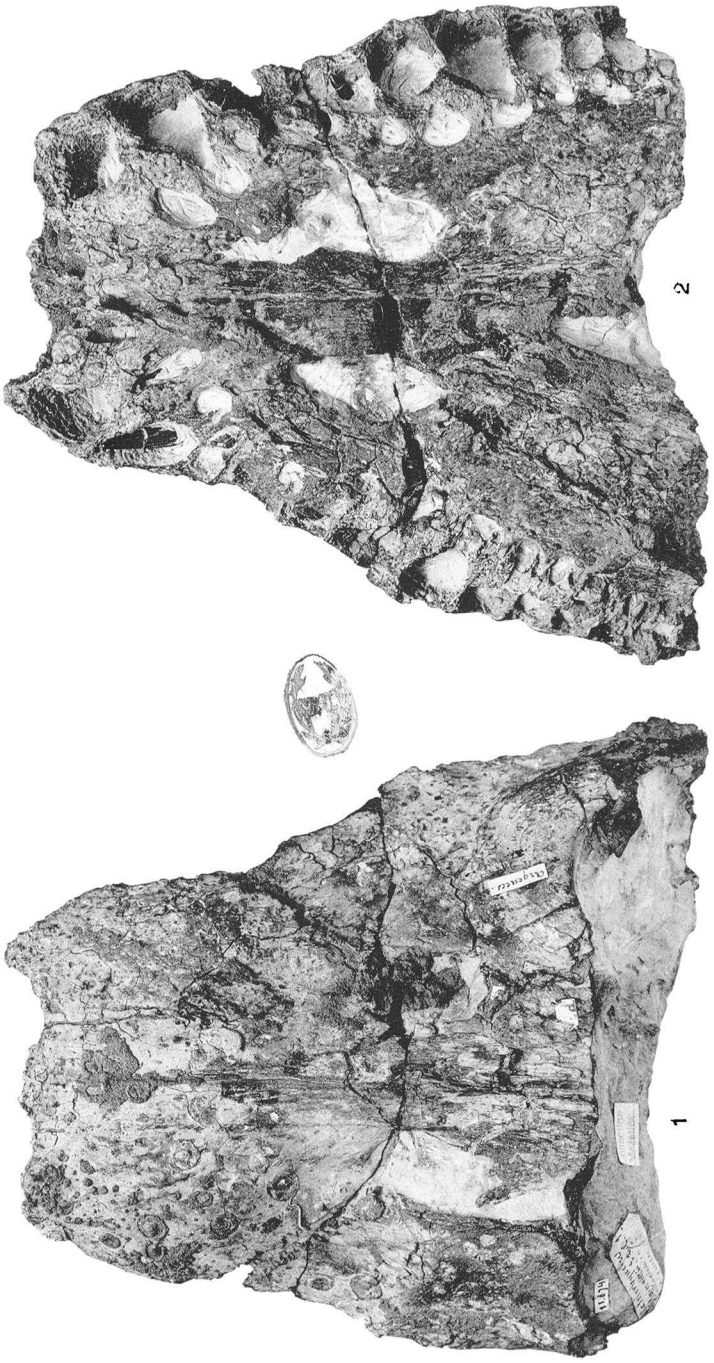
Clichés A. et P. Leblanc

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Clichés A. et P. Leblanc

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



2

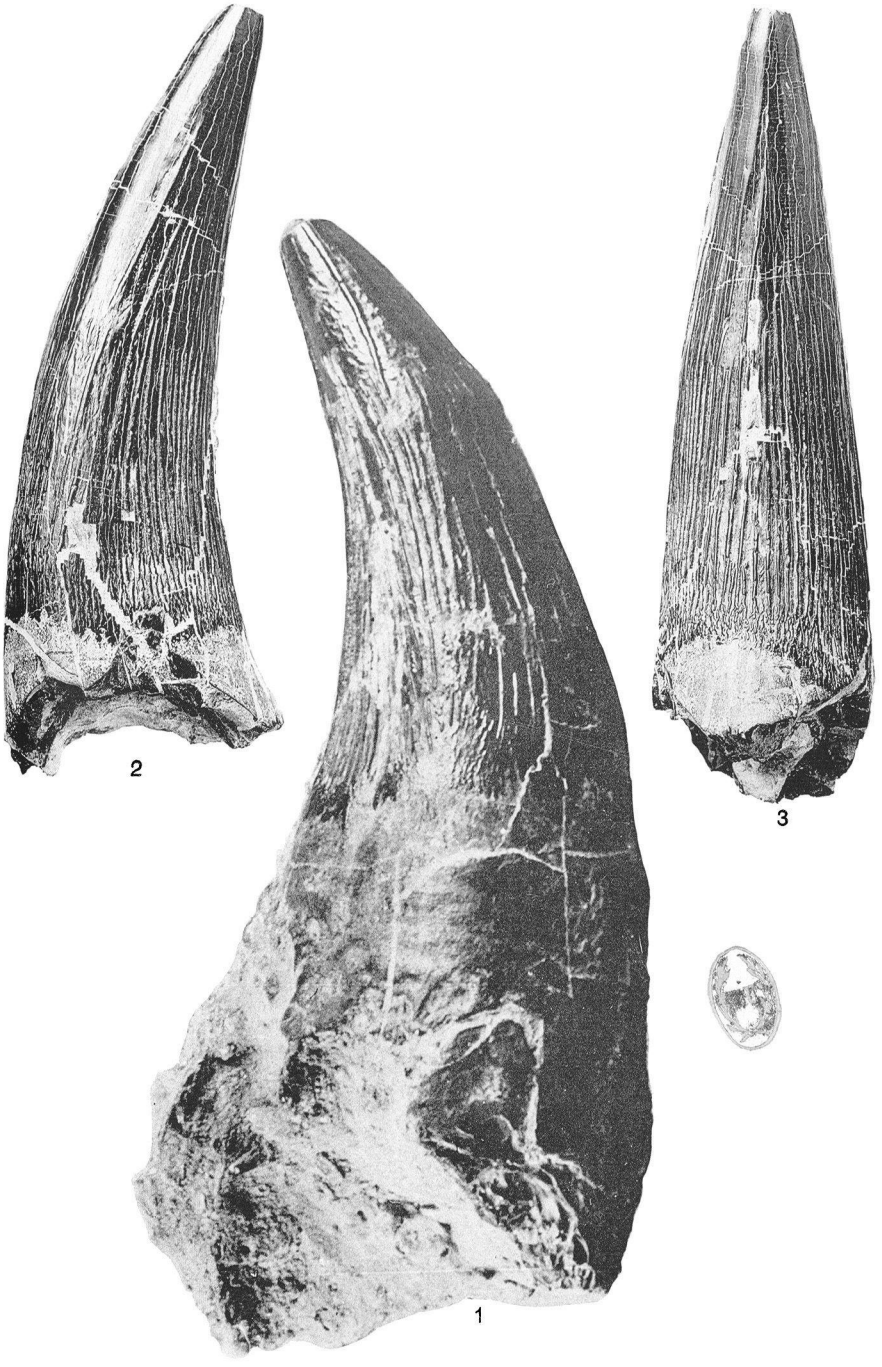
1

Murœnosaurus (?) Mazetieri n.sp.

Callovien du Fresne d' Argences (Calvados)

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

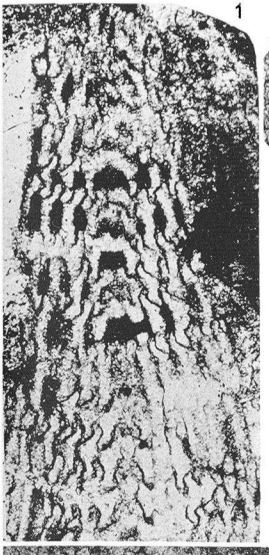
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

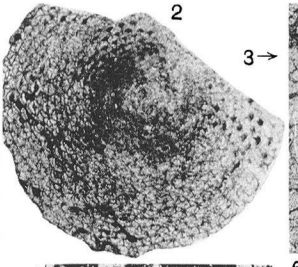


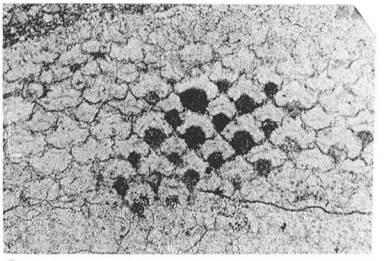
Cl. Mémin

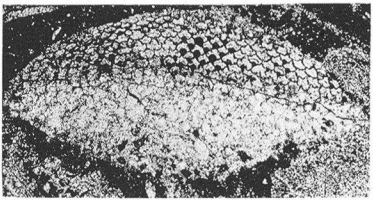
Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

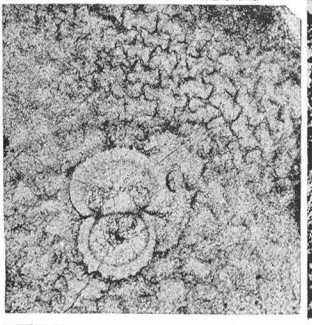
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

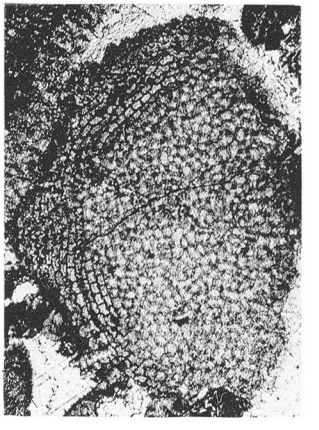


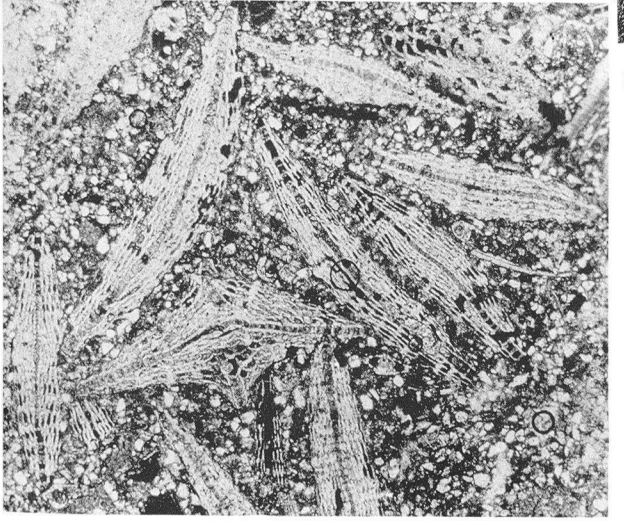


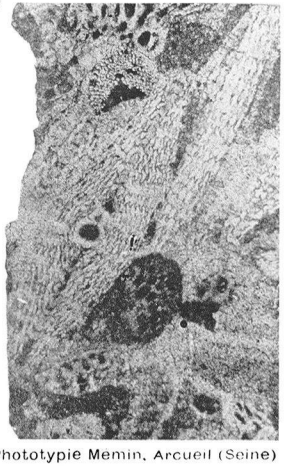












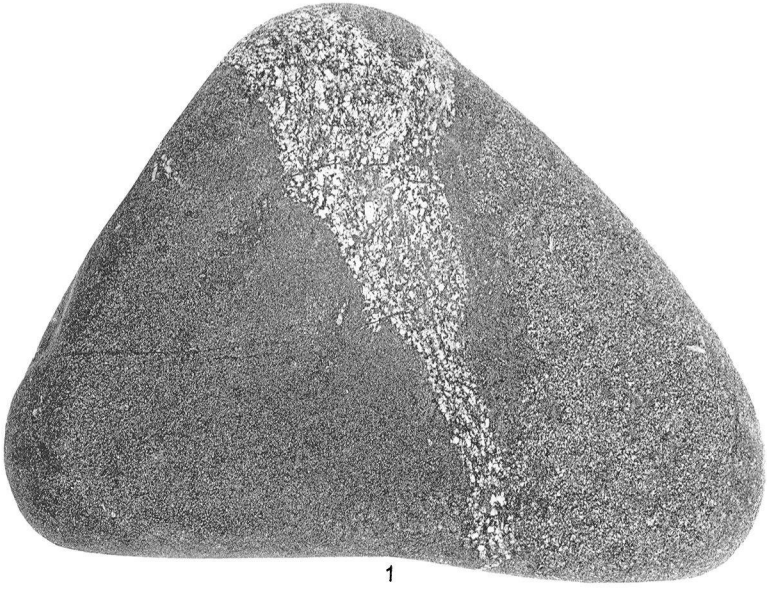
Phototypie Memin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2

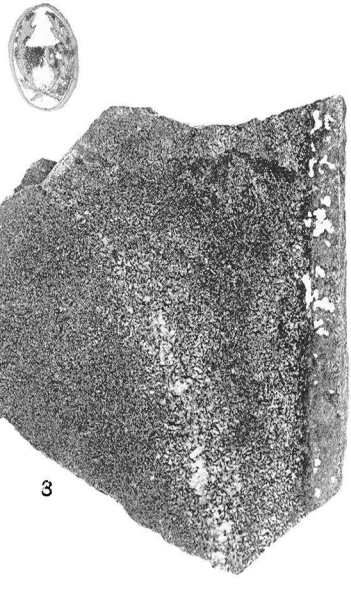
Cl. P. Mémin, Paris Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



1

2

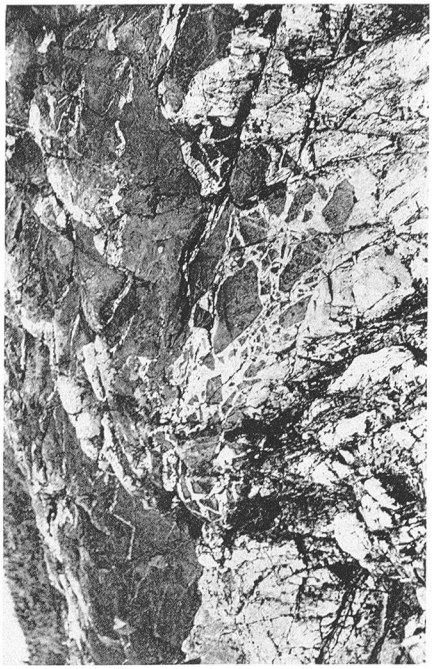


3

Cl. P. Mémin, Paris

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2



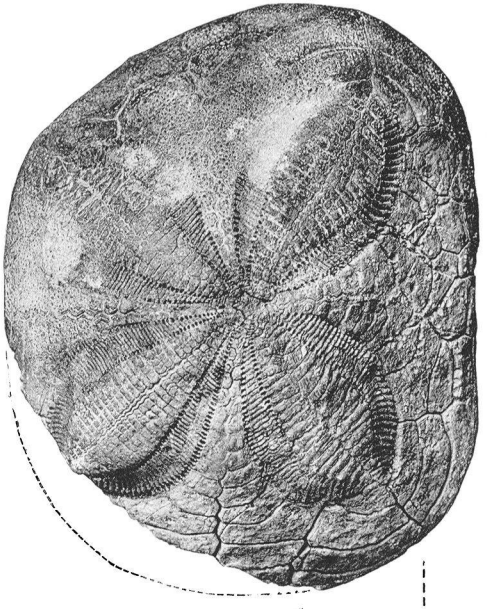
4

1

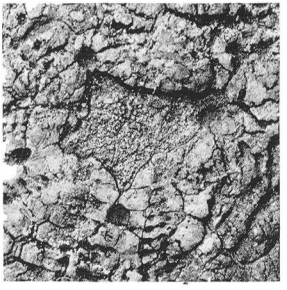
3

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

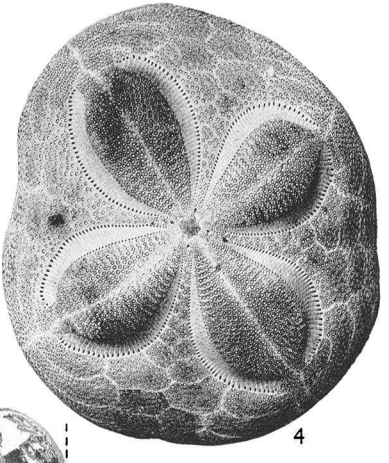
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



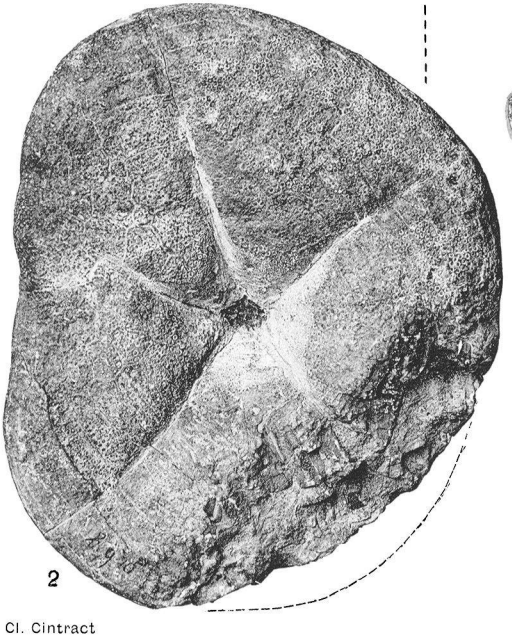
1



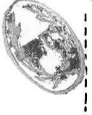
3

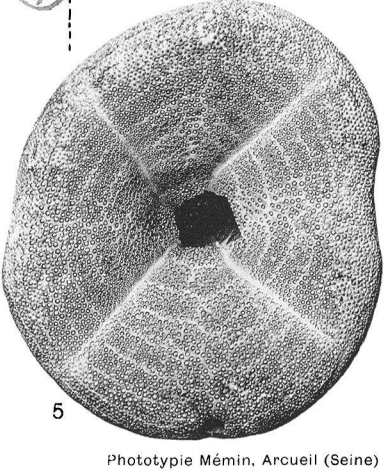


4



2





5

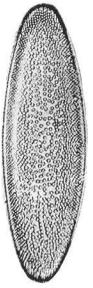
Cl. Cintract

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

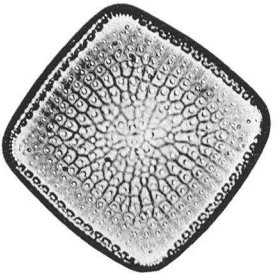
Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Bull. Soc. Géol. de France S. 5 ; t. VIII ; pl. XLIII

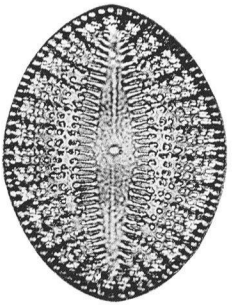
1



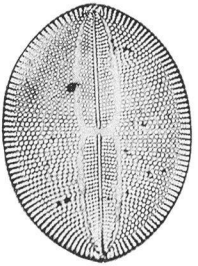
2



3



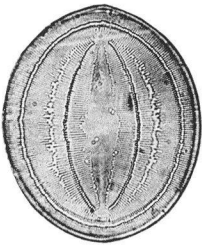
4



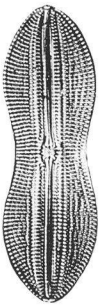
5

6

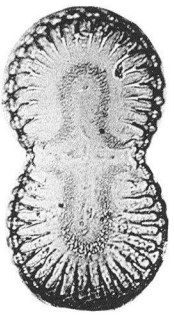
10/100 mm



7

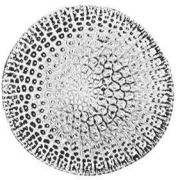


8

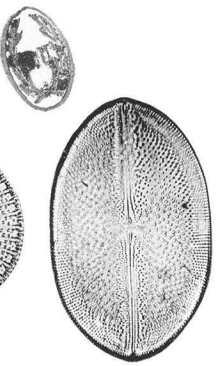


9

10/100 mm



10



11

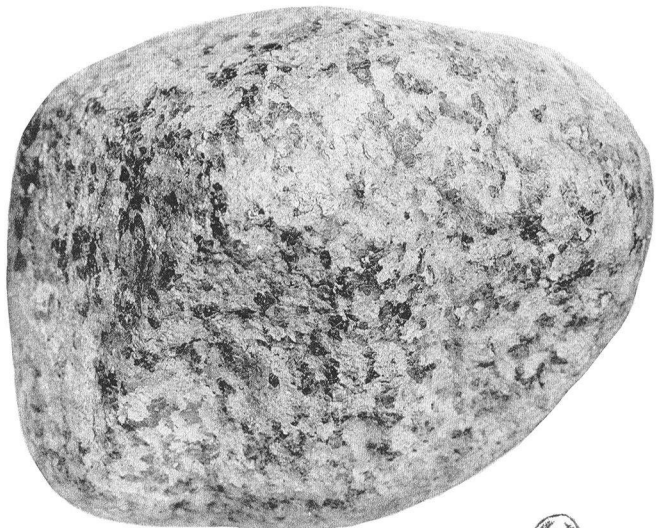
10/100 mm

10/100 mm

Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

- L. Raffard mp -

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

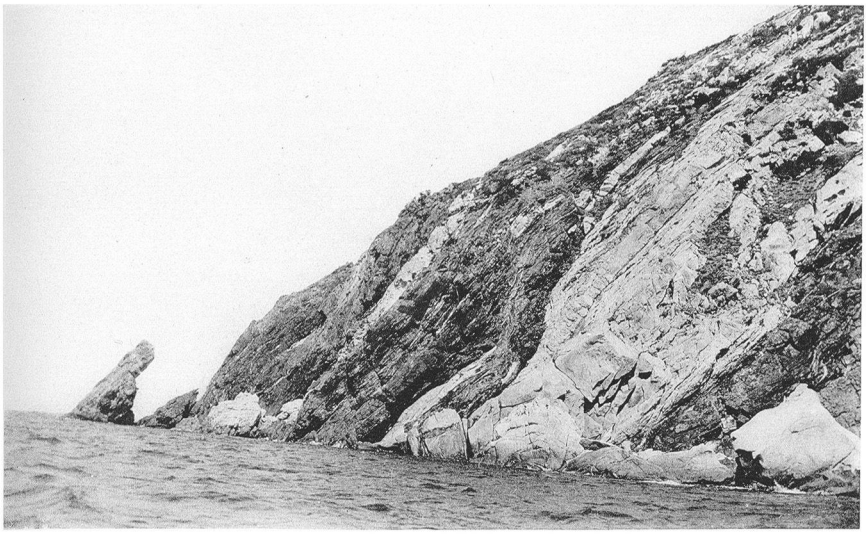


1

2

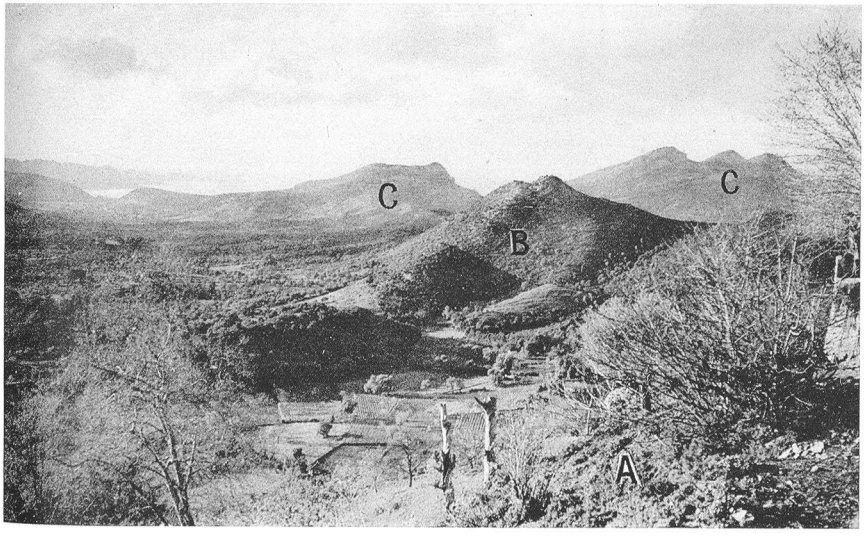
Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Cl. L. W. Collet

ELBE—. Côte W. entre P. Polveraja et P. Nera.
Filons-couches d'aplite dans les roches vertes de la nappe des radiolarites.

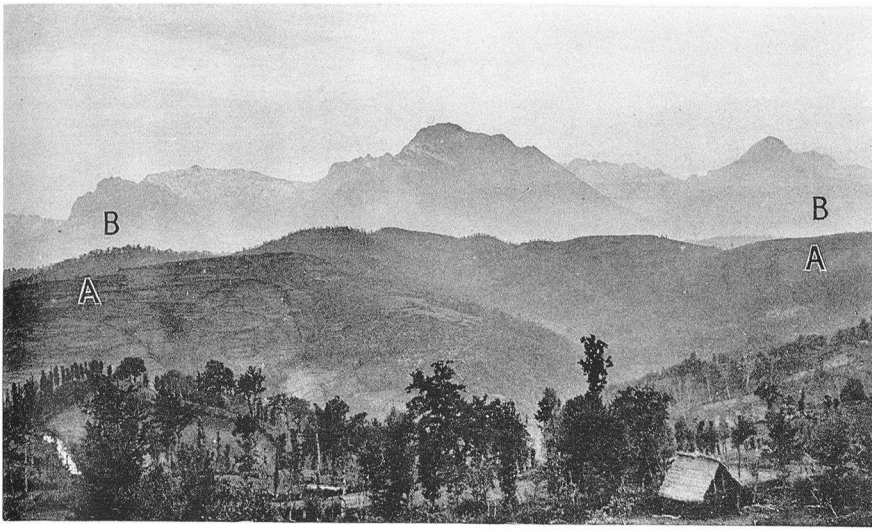


Cl. Augustin Lombard

CORSE.— Oletta.
A. Schistes lustrés.— *B*. Klippe P^{t} 217, en Trias-Lias-Flysch, sur les Schistes lustrés.— *C*. Miocène de St Florent.

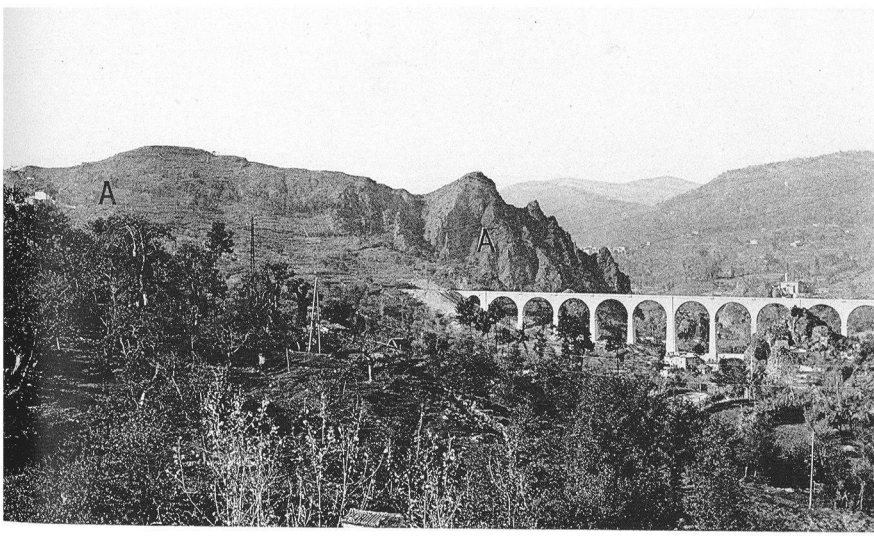
Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Cl. L. W. Collet

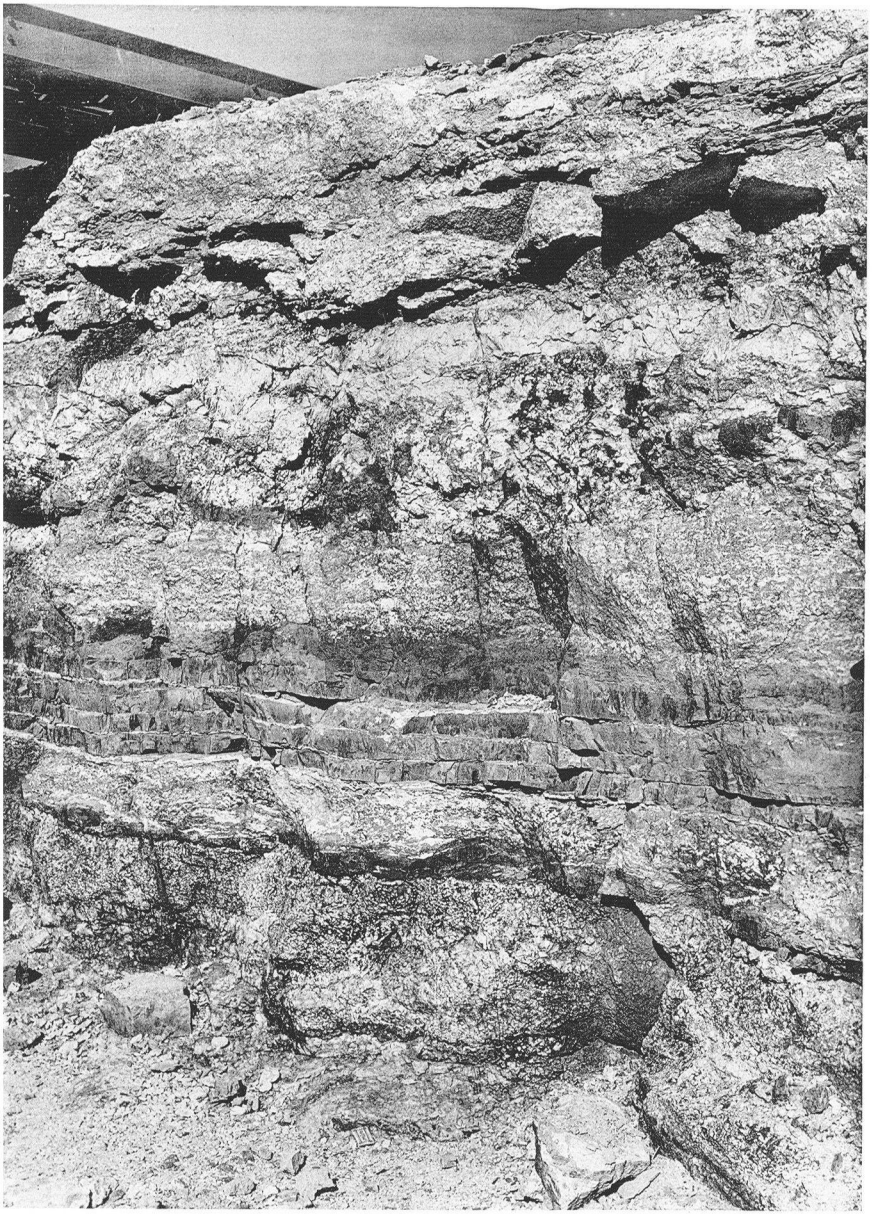
APENNIN.— Fenêtre des Alpes Apuanes, vue du N.
A A. Tertiaire, nappe de Spezzia.— *B B*. Nappe de Carrara.



Cl. L. W. Collet

APENNIN.— Camporgiano (Garfagnana).
A A. Klippe de roches vertes sur le Tertiaire de la nappe de Spezzia.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC



Phototypie Mémin, Arcueil (Seine)

Aspect du front de carrière.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Lignes de géodes dans la barytine.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La Corse, Elbe et l'Apennin,
du point de vue tectonique

par **Léon W. Collet** [1].

Planches XLV et XLVI.

INTRODUCTION

Argand a montré que les Alpes sont une chaîne à déversement unique et que les charriages et plissements des Dinarides ne sont que le contre-coup de l'affaissement adriatique et de la sous-poussée qu'il a produite (fig. 1).

Ce principe est en opposition avec celui d'Édouard Suess,

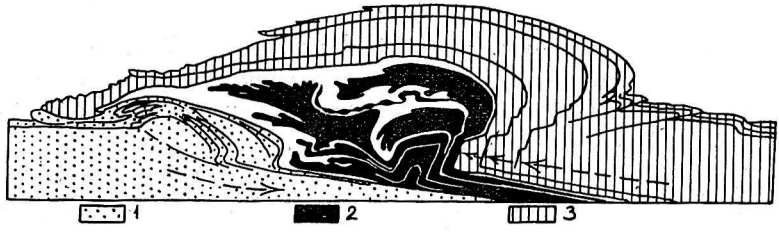


Fig. 1. — Les Alpes, chaîne à déversement unique, d'après E. Argand.
1. Avant- pays. 2. Nappes du géosynclinal. 3. Arrière-pays.

pour qui la chaîne alpine était à double déversement : les Alpes vers le Nord et les Dinarides vers le Sud.

Les vues d'Argand ont été adoptées par beaucoup de géologues alpins, tandis que d'autres acceptaient le principe de la chaîne à double déversement que Kober, en 1931, a repris de Suess en le développant considérablement.

Voyons, en nous basant sur la fig. 2, les éléments structuraux de la chaîne à double déversement de Kober.

Deux avant-pays limitent un géosynclinal divisé en deux parties par un « massif interposé » ou *internides*. Chaque avant-pays s'avançant vers le massif interposé déclenche la formation de nappes qui déferlent en sens contraire de la poussée. Les nappes qui recouvrent ainsi chaque avant-pays sont :

1. Conférence faite à la séance du 19 décembre 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

E. Les externides ou nappes du type des Hautes Alpes Calcaires, à faciès helvétique.

M. Les métamorphides, homologues des nappes penniques, caractérisées par les schistes lustrés et les ophiolites.

C. Les centralides, homologues des nappes austro-alpines (Austrides).

Kober, qui défend cette tectonique dans son livre « Das Alpine Europa », remarque *qu'elle n'est pas applicable aux*

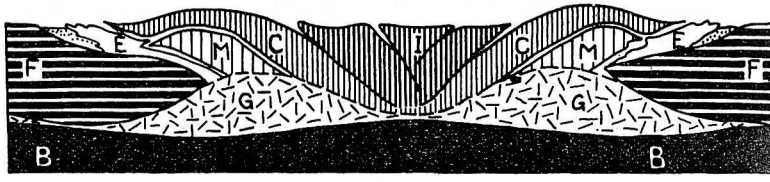


FIG. 2. — La chaîne à double déversement, d'après Kober.
F. Avant-pays. — E. Externides (nappes helvétiques et chaînes subalpines). — M. Métamorphides (nappes penniques). — C. Centralides (nappes austro-alpines). — I. Internides (massifs interposés). — G. Granite. — B. Basalte.

Alpes « sensu stricto ». En effet, dans ces dernières le massif interposé faisant défaut, les Alpes et l'Apennin sont en contact direct. La ligne de séparation entre les deux éléments tectoniques est la « limite alpino-dinarique ».

Stille et Seidlitz ont généralement adopté ce schéma tectonique dans leurs travaux sur la Méditerranée.

La Corse.

Termier et Maury, dans leur « Essai de synthèse tectonique », avaient distingué dans la Corse orientale les éléments tectoniques suivants, de bas en haut :

1. La Corse granitique, hercynienne.
2. La couverture sédimentaire de 1, tantôt collée à 1, tantôt décollée et rejetée en arrière par dessus 3, en gardant à sa base une lame de granite et de schistes cristallins.
3. La nappe de schistes lustrés, avec ses roches vertes et ses radiolarites, où règne partout le métamorphisme.
4. La nappe à radiolarites avec roches vertes, majolica et argille scagliose comme la nappe de la Margna (Grisons) ou la nappe de la Dent blanche.
5. Une nappe à faciès austro-alpin inférieur [1].

1. Pierre TERMIER et Eugène MAURY. Nouvelles observations dans la Corse orientale, Essai de synthèse tectonique. *CR. Acad. Sciences*, séance du 21 mai 1928, p. 1393.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

A la suite de l'excursion en Corse conduite par Termier et Maury, Staub publia en 1928 son « Deckenbau Korsikas und sein Zusammenhang mit Alpen und Apennin ».

La succession des éléments tectoniques se fait, d'après cet auteur, de la manière suivante :

Nappe austro-alpine inférieure	7*c*. La nappe des klippes de Caporalino-Santa Lucia-Servadio. 7*b*. Écaille d'Alturaja. 7*a*. Écaille de San Colombano.
Élément pennique supérieur	6*d*. Écaille de Pedani. 6*c*. La nappe de Radiolarites et d'Ophiolites.
Nappe de la Dent Blanche	6*b*. Écaille de Saint-Florent avec le flysch de la Balagne. 6*a* Écaille de Macinaggio.
Nappe du Mont Rose	5*b*. Écaille de Poggio d'Oletta-Centuri. 5*a*. Nappe des schistes lustrés de la chaîne de Tenda et du Cap Corse.
Nappe du Grand St-Bernard	4. Les schistes lustrés de Corse et la nappe de Poggio di Nazza. 3. Écaille des brèches calcaires de Corte. 2. Écaille basale de Corte. 1. Les coins de Soveria.

Staub retrouvait ainsi en Corse, à la suite d'une excursion rapide, une série de nappes des Alpes. Ces pages pleines d'enthousiasme m'engagèrent à me rendre en Corse en 1937 et 1938. Sur le terrain, des doutes sur la succession de certains éléments tectoniques de Staub, puis le procès-verbal des discussions qui eurent lieu lors de l'excursion de la Société Géologique de France, en 1933, m'incitèrent à reprendre en détail certains points de la géologie de la Corse alpine, sur lesquels je reviendrai plus loin.

Dans ses *Considérations et observations générales sur la réunion en Corse de la Société Géologique de France, 1933*, Maury a présenté les deux hypothèses suivantes, pour expliquer la présence de l'intéressant complexe du San Colombano :

1. La série ophiolitique est un lambeau d'une nappe austro-alpine.

2. C'est une série qui vient de la base des schistes lustrés, formant, comme au Gondran, la bordure occidentale du bassin métamorphique de ces schistes.

Maury conclut que c'est la première hypothèse qui lui plaît le mieux et qu'il adopte jusqu'à la preuve du contraire.

Jodot, dans ses *Notes de pétrographie sur la Corse*, estime que la nappe du San Colombano est une unité tectonique supé-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

rieure à celle des schistes lustrés. Il ne va donc pas si loin que Maury qui précise que cette nappe est un élément austro-alpin.

Des géologues alpins tels que Gignoux et Moret posèrent, avec l'autorité que leur donnait leur expérience, le problème de la présence d'éléments du Briançonnais dans la Corse alpine. Ces savants estimaient, non sans raison, qu'il était bon d'envisager des raccords entre la Corse et le proche Briançonnais avant de vouloir trouver dans l'Ile de Beauté des éléments des Grisons bien lointains.

Un de leurs jeunes élèves, Barbier, se mit au travail et découvrit en 1938, sous la klippe du Mont Tuda, au Sud d'Oletta, des calcaires en plaquettes dont les rares micro-organismes déterminaient un âge crétacé supérieur. Cette découverte était importante car cette formation est caractéristique de certains éléments du Briançonnais. La note de Barbier m'engagea à reprendre en détail cette région, d'autant plus qu'en 1937 j'avais trouvé dans le Trias, non loin de la ferme Paganelli, sur le versant ouest du Mont Tuda, un splendide sidérolithique imprégné de barytine. Des coupes microscopiques des calcaires en plaquettes que j'ai récoltés ce printemps sous le Mont Tuda, entre deux couches à Nummulites du Lutétien, me permettent non seulement de confirmer la découverte de Barbier, mais encore de signaler dans cette formation la présence de *Calpionella alpina*. Le faciès des calcaires en plaquettes du Mont Tuda s'étend donc du Jurassique supérieur au Crétacé supérieur. Le Trias sidérolifié de la ferme Paganelli[1], à faciès briançonnais typique, me paraît devoir être raccordé à l'élément des calcaires en plaquettes.

La présence d'un élément briançonnais en Corse se précise donc.

Dans un récent travail (1937), Andreas Pilger[2] a contrôlé et complété les travaux précédents sur la tectonique de la Corse, pour « jeter les bases de l'histoire du développement de la chaîne alpine en Corse ».

Les principales conclusions de cet auteur sont :

1. Il y a deux grandes nappes alpines en Corse, de bas en haut :

a) une nappe de schistes lustrés,

b) une nappe supérieure.

1. A l'Ouest de la cote 98.

2. Der alpine Deckenbau Korsikas und seine Granit-Intrusionen. Berlin, 1937, Waidmannsche Buchhandlung.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2. *La nappe des schistes lustrés*, principalement formée par des phyllites et des schistes calcaires avec des marbres épais, montre que le métamorphisme augmente du haut vers le bas. Ainsi les diabases du haut passent à des schistes à glaucophane vers le bas, tandis que les phyllites du haut passent vers le bas à des micaschistes.

Les schistes lustrés ont été injectés par de jeunes granites qui sont *syntectoniques*. Il n'y a pas de limite nettement marquée entre le granite et les schistes lustrés, mais entre ces deux formations se trouvent des schistes injectés.

3. *La nappe supérieure*, non métamorphique, n'est plus représentée que par des klippes. Durant le déferlement, la nappe a été sectionnée en plusieurs écailles montrant une même série sédimentaire.

4. La direction du mouvement est Est-Ouest.

5. La Corse alpine est comparable à la Ligurie.

Le travail de Pilger est accompagné de quatre cartes géologiques en couleurs, dont une carte générale de la Corse alpine, trois cartes originales au 1 : 50.000e de la région de Saint-Florent et Bastia, des klippes de la Balagne, de la klippe de Santa Lucia et des écailles de Corte. Trois planches de profils, dont deux en couleurs, permettent de suivre les développements tectoniques de l'auteur.

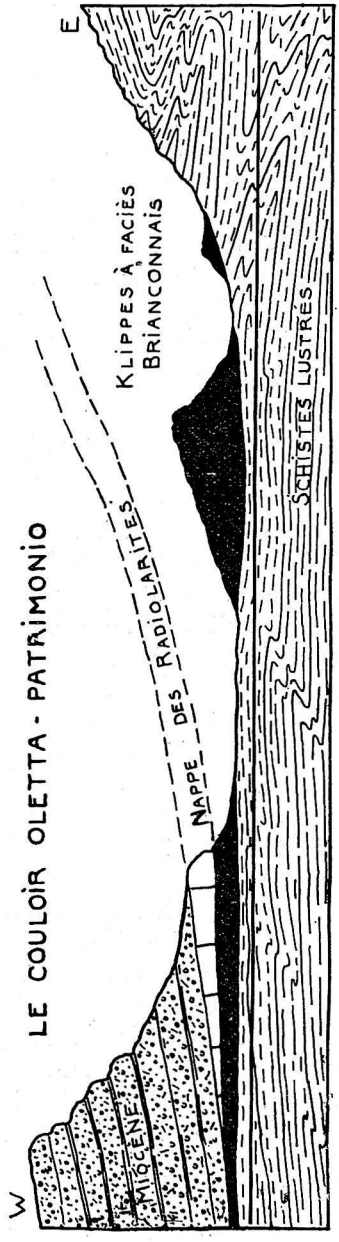


Fig. 3. — Profil schématique à travers les éléments tectoniques, entre le Miocène de Saint-Florent et les Schistes lustrés (Collet 1938).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La carte générale est basée sur les levés de Termier et Maury et sur les travaux de Staub et de Kober.

L'examen attentif du travail de Pilger montre que l'auteur est beaucoup plus préoccupé par la tectonique que par la stratigraphie, bien que ses trouvailles de Nummulites apportent de précieuses confirmations. Comme nous[1], il a retrouvé les radiolarites, calcaires à Calpionelles et ophiolites du San Colombano sous la falaise de Miocène de Saint-Florent, sur le versant Patrimonio (Fig. 3).

Pourquoi Pilger place-t-il les calcaires marneux, qui sont directement au Sud du Mutereno, dans sa nappe supérieure de la Balagne ? C'est qu'il les a déterminés, à tort, comme tertiaires. Ces calcaires, formant une colline, n'ont pas échappé à la sagacité de Maury qui les a placés sous jc dans sa carte du San Colombano au 1 : 50.000e. Si Pilger n'avait pas passé sous silence les recherches de Jodot sur la micrographie de certaines roches importantes de Corse, il aurait vu que cet auteur a signalé au Mutereno des *Spumellaria* trouvées par Rust dans le Gault de Zilli (Saxe). De mon côté, j'ai noté la présence de *Calpionella alpina* dans les calcaires marneux du versant Sud du col qui marque le contact avec les roches vertes du Mutereno. Ces microfossiles démontrent que Maury avait raison en plaçant dans le Jurassique-Crétacé les calcaires marneux du Mutereno.

La découverte de Pilger d'une *intrusion de granite syntectonique dans les schistes lustrés* est très intéressante. Mais l'auteur nous fournit-il la preuve irréfutable de son importante trouvaille ? Je ne le pense pas. On est très exigeant en pétrographie de nos jours ! Disons que Pilger a *posé le problème*, c'est déjà beaucoup.

La nappe supérieure de Pilger comprend les éléments tectoniques 2 et 4 de Termier et Maury. Je comprends que l'on puisse être tenté de voir dans les radiolarites et calcaires à Calpionelles du San Colombano le Jurassique et le Crétacé inférieur qui manquent aux klippes de Macinaggio, d'Oletta-Patrimonio, du Pedani et de l'Orianda, caractérisées par du cristallin, du Verrucano, du Trias, du Rhétien et du Lias. Cependant la distinction faite par Termier et Maury me paraît fondée, car mes

1. Léon W. Collet. Découverte d'un lambeau de la nappe du San Colombano sous le Miocène de Saint-Florent (Corse) et conséquences. *C. R. séances Soc. Phys. et Hist. Nat.*, Genève, p. 78-81, 1938.
Paul Jodot. Age des roches à Radiolaires de la nappe ophiolitique dans le NW de la Corse. *C. R. somm. Soc. Géol. France*. Séance du 29 juin 1931, p. 177-179.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

recherches ne me permettent pas de lier, du point de vue stratigraphique, la série du San Colombano à celle des klippes. En effet, dans la klippe située au bord de la mer, au Nord du village de Macinaggio, le Flysch transgresse directement sur les calcaires du Lias. De plus, au point 109 de l'arête Ouest du Tuda, où Pilger marque du Lias (fig. 14, p. 26), j'ai trouvé des brèches calcaires, dont le ciment contient *Nummulites granifer* Douv. du Lutétien, transgressant sur le Lias. Enfin, les radiolarites et calcaires à Calpionelles du San Colombano et de la base de la paroi du Miocène du San Angelo sont accompagnés de roches vertes.

Dans la supposition que nous n'aurions affaire qu'à une seule série dans la nappe supérieure de Pilger, les seules comparaisons possibles seraient d'une part avec le Briançonnais, d'autre part avec la nappe de la Spezzia que j'ai étudiée dans la région de Monsummano et de Montecatini Therme. Or, dans aucun de ces cas les radiolarites ne sont accompagnées de roches vertes. Le fait seul de la transgression du Lutétien sur le Lias de la klippe de Macinaggio et du Tuda prouve que Termier et Maury ont eu raison de voir deux éléments tectoniques ou Pilger n'en voit qu'un.

Les documents publiés par Pilger doivent être contrôlés et révisés. Ils prouvent, en effet, qu'une stratigraphie détaillée est nécessaire à des développements d'ordre tectonique.

Elbe.

C'est en 1910 que Termier découvrit que l'île d'Elbe était une région de nappes alpines. Il détermina les trois éléments structuraux suivants, de bas en haut :

1. Une base granitique.
2. Une nappe de schistes lustrés.
3. Une nappe de sédimentaire, non métamorphisé, caractérisée par la présence de Radiolarites et de roches vertes.

J'ai été à Elbe en 1931 et en 1932 avec mon ami Max Reinhard, professeur de pétrographie à l'Université de Bâle. Des excursions et une reconnaissance en bateau à moteur autour de l'île, où les falaises permettent de belles observations, me conduisirent à confirmer les vues de Lotti, Cadisch et Staub. Ces auteurs, en effet, voyaient deux éléments différents dans la *base granitique* de Termier :

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

a) le massif granitique tertiaire du Monte Capanne,

b) les gneiss plissés de la presqu'île de Calamita, avec plongement vers l'Ouest. C'est dans des calcaires métamorphisés, recouvrant ces gneiss, que se trouvent les gisements de fer bien connus.

De plus, l'examen rapide de la coupe du Rio Ortano me con-

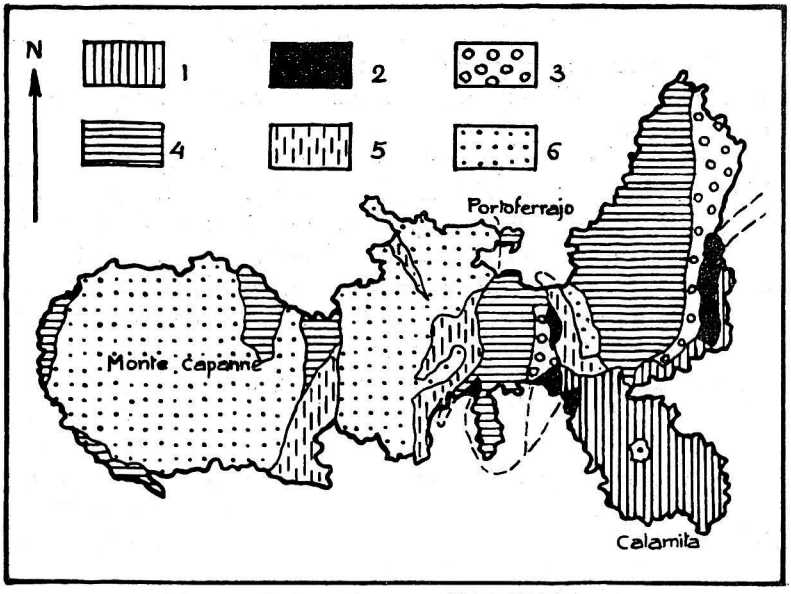


FIG. 4. — Carte tectonique d'Elbe (Collet 1935).
I. Gneiss de Calamita. — 2. Schistes lustrés. — 3. Nappe de la Spezzia. — 4. Nappe de radiolarites et ophiolites. — 5. Tertiaire. — 6. Granite tertiaire.

duisit à penser, comme Cadisch, que la nappe supérieure de Termier pouvait contenir les deux éléments tectoniques suivants :

a) une nappe de sédimentaire, non métamorphisé, avec des faciès rappelant ceux de la nappe de la Spezzia de l'Apennin.

b) Une nappe supérieure de sédimentaire, non métamorphisé, à radiolarites et ophiolites.

Dans ma « Structure of the Alps », deuxième édition (1935), je proposais l'hypothèse de travail suivante en vue de recherches détaillées sur la structure de l'île d'Elbe (Fig. 4).

Elbe est une région de nappes alpines comme l'a démontré Termier. Les éléments tectoniques sont les suivants, de bas en haut :

1. Les gneiss de Calamita, qui représentent peut-être une des nappes penniques des Alpes.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

2. Une nappe de schistes lustrés, avec roches vertes, prouvant la présence de roches appartenant au géosynclinal alpin.
3. Une nappe dont le sédimentaire, non métamorphisé, paraît ressembler à celui de la nappe de la Spezzia de l'Apennin (Alpes Apuanes).
4. Une nappe supérieure de sédimentaire non métamorphisé, caractérisée par un grand développement de radiolarites et d'ophiolites. Cette nappe paraît être l'homologue de la nappe supérieure de l'Apennin, connue sous le nom de nappe de Ligurie.

Tandis que j'étais occupé à la préparation de la seconde édition de ma « Structure of the Alps » paraissait à Amsterdam un gros volume de P. de Wijkerslooth : « Bau und Entwicklung des Apennins besonders der Gebirge Toscanas ». Je n'ai eu connaissance de ce travail que longtemps après la publication de mon volume, ce qui explique que je n'aie pas tenu compte des conclusions de son auteur.

Wijkerslooth reconnaît en effet à Elbe les éléments tectoniques de l'Apennin toscan, soit de bas en haut :

1. Les Toscanides I (nappe de Carrara de Staub).
2. Les Toscanides II (nappe de la Spezzia de Staub).
3. Les Ligurides (nappe de Ligurie auct.)

Les vues de Wijkerslooth diffèrent des miennes en ce que cet auteur ne voit à Elbe que trois éléments tectoniques au lieu de quatre, car le cristallin de Calamita appartient pour lui aux Toscanides I.

Mais ce qui est beaucoup plus important à mon sens, c'est que Wijkerslooth (p. 73) estime que Termier a pris à tort la » zona scistoso-calcarea » des Toscanides I pour des schistes lustrés, ce qui revient à nier la présence des schistes lustrés à Elbe. Termier a été, sans aucun doute, le plus grand connaisseur de schistes lustrés et comme j'ai pu m'en rendre compte sur le terrain il ne s'est pas trompé.

Les serpentines qui surmontent les schistes lustrés ont été pour les géologues alpins, qui ont vu cette région d'Elbe, la démonstration de la présence du géosynclinal alpin. Pour Wijkerslooth, ces serpentines appartiennent simplement à la nappe supérieure, celle de Ligurie.

Les schistes lustrés d'Elbe existent tant que l'on ne *prouve* pas le contraire.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

L'Apennin et la Fenêtre des Alpes Apuanes.

En suivant la route de Gênes à Livourne, on longe au bord de la mer, entre Sarzana et Viarreggio, une région d'aspect alpin. De belles cimes acérées s'élancent jusqu'à 2.000 m. de hauteur au-dessus des forêts de pins et d'oliviers. Les calcaires qui les forment sont encadrés par la carapace de l'Apennin toscan. Le géologue ne tarde donc pas à réaliser qu'il se trouve en présence d'une splendide « fenêtre » : celle des Alpes Apuanes dont l'importance tectonique fut relevée depuis longtemps par Termier, sur la base des travaux de Zaccagna et de Steinmann.

Tilmann, après avoir révisé et complété les travaux de Lencewicz, arriva en 1926 à la conclusion que les Alpes Apuanes étaient formées par trois nappes alpines : l'une pennique, l'autre austro-alpine, la dernière appartenant aux Dinarides. La succession des nappes de Tilmann étonnait, car elle était le contraire de celle des Alpes.

Argand, dans sa « Tectonique de l'Asie », pense que la nappe supérieure de l'Apennin, avec ses séries compréhensives (nappe dite ophiolitique), n'appartient que *géographiquement* à cette chaîne. Tectoniquement elle ferait partie de la zone pennique qui, par suite d'un plissement en retour de grande amplitude, reposerait sur le vrai Apennin des séries dinariques.

Staub visita alors les Alpes Apuanes sur la base des idées de Tilmann et proposa une nouvelle interprétation de la tectonique de l'Apennin ligure et toscan et de ses relations avec les Alpes.

Staub a reconnu dans les Alpes Apuanes les éléments tectoniques suivants, de bas en haut :

1. La nappe de Carrara.
2. La nappe de la Spezzia.
3. La nappe de Ligurie.

Partant du fait d'observation que les Alpes Apuanes sont une fenêtre sur une culmination axiale, la nappe de Carrara apparaît dans la fenêtre dont le cadre est représenté par la nappe de la Spezzia. Le Tertiaire de cette dernière nappe est recouvert par des klippes d'un complexe de roches vertes, de radiolarites et de calcaires fins, blancs ou gris, à grain fin, contenant *Calpionella alpina*, qui forme la nappe de Ligurie de Steinmann.

Staub voit dans la *nappe de Carrara* 1) du cristallin basal, 2) du Carbonifère, 3) du Verrucano, 4) du Trias (Grezzoni) de type austro-alpin inférieur, 5) du Rhétien, 6) du Lias (marbres de

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Carrara), 7) des schistes lustrés avec radiolarites et 8) du flysch. Cette nappe montre donc du métamorphisme. Pour Staub, elle est l'équivalent de la partie supérieure de la nappe de la Dent Blanche.

Dans la région de Massa, sur le bord NW de la nappe de Carrara, on note une zone d'écrasement, caractérisée par des écailles. Elle sépare la nappe de Carrara de celle de la Spezzia.

La *nappe de la Spezzia* est formée par la *série normale de l'Apennin toscan et ligure*. Staub y voit la série suivante : 1) du cristallin, 2) du Verrucano, 3) des quartzites et calcaires dolomitiques du Trias, 4) du Rhétien fossilifère, 5) du Lias et du Jurassique moyen, de faciès profond, 6) des radiolarites du Jurassique supérieur, 7) du Crétacé (Scaglia), 8) du Tertiaire (Macigno et calcaires nummulitiques).

Cette nappe ne montre pas de métamorphisme et *ne contient pas de roches vertes*.

Des radiolarites de cette nappe que j'ai récoltées entre Montecatini Therme et Montecatini Alto, montrant sous le microscope quelques grains de quartz et de zircon, ne représentent pas une formation abyssale.

D'après Staub, cette nappe appartient à un élément austro-alpin inférieur, et comprend les terrains de l'Apennin Nord jusqu'à une ligne marquée au SW par les localités suivantes : Orvieto, Arezzo, Florence, Pistoja, Parme.

La *nappe de Ligurie*. Bien que Launay, au Congrès de Mexico, ait annoncé que les roches vertes liées au gisement de cuivre de Montecatini étaient charriées par dessus le Tertiaire de l'Apennin toscan, c'est à la sagacité de Steinmann que nous devons la découverte de la nappe de Ligurie. C'est en effet lui qui étudia pendant plusieurs années le complexe de roches vertes, de radiolarites et de calcaires à grain fin (majolica ou alberese auct.) que les cartes géologiques d'Italie nommaient « Terciario ofiolitico ». Il montra que ces roches étaient d'âge jurassique-crétacé et formaient des klippes d'une grande nappe : celle de Ligurie.

Le déferlement. Pour Staub, le mouvement des nappes de l'Apennin ligure et toscan se fait vers l'Ouest. Cet auteur place la limite entre les Alpes et les Dinarides le long de la ligne : Orvietto, Arezzo, Florence, Pistoja, Parme (fig. 5).

Comme on rencontre aussi des klippes de la nappe de Ligurie au Sud de la limite alpino-dinarique, Staub pense que la nappe de Ligurie provient d'une mer profonde qui se trouvait entre les éléments austro-alpins (ou Austrides) et les Dinarides. La sous-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

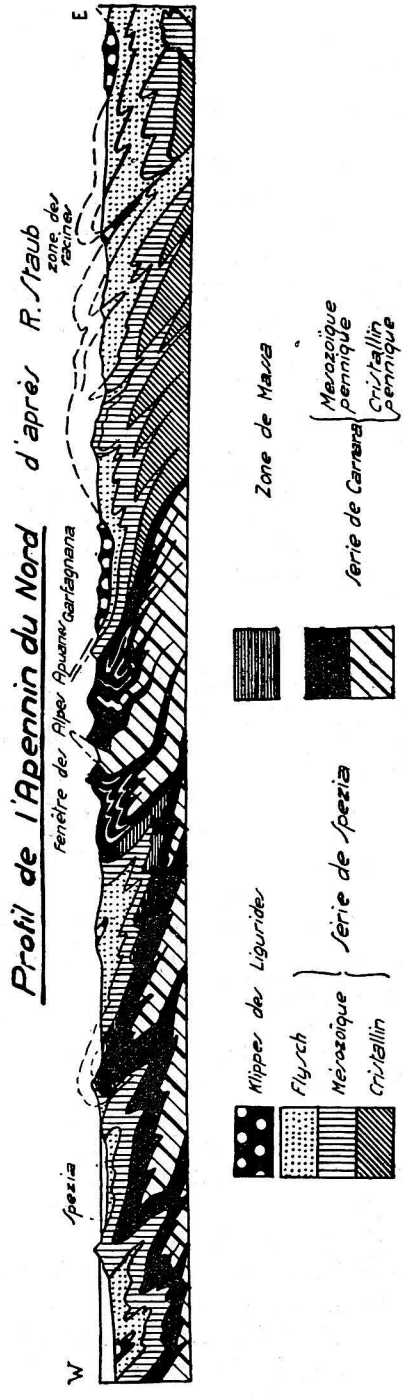


FIG. 5.

poussée qui a produit les Dinarides aurait développé un éventail dans la nappe de Ligurie, d'où il résulte que les klippes de cette nappe peuvent être trouvées au Nord comme au Sud de la limite alpino-dinarique.

Ainsi *pour Staub l'Apennin Nord appartient aux Alpes.*

Kober s'était aussi basé sur le métamorphisme de la nappe inférieure des Alpes Apuanes pour la séparer nettement de la nappe sus-jacente qui n'accuse pas ce phénomène. C'est ainsi que sous le nom de *Carraride* il désigne l'élément Est des *Métamorphides*, et sous le nom de *Toscanides* l'élément Est des *Centralides* de son schéma de la chaîne alpine à double déversement (voir fig. 2).

Kober voit donc dans les Alpes Apuanes des éléments dinariques.

Nous nous trouvons donc en présence de deux interprétations différentes quant à la position structurale de l'Apennin Nord dans la chaîne alpine, ce qui provient d'une divergence d'opinions entre Staub et Kober au sujet du sens du déferlement des nappes. Nous avons à la base de ce différend d'un côté la théorie d'Argand de la chaîne alpine à déferlement unique, avec un brillant

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

avocat : Staub ; de l'autre côté : Kober qui trouve dans l'Apennin de quoi étayer son principe de la chaîne à double déversement.

En 1933, Staub[1] publia le résultat de ses recherches sur l'ensemble de l'Apennin et plus particulièrement sur la région située entre l'Ombrie et la Calabre. Dans cette dernière étude cet auteur s'occupe spécialement de déterminer le sens du déferlement des divers éléments tectoniques de la péninsule. Il fut ainsi amené à confirmer que les nappes de l'Apennin ligure et toscan appartiennent bien aux Alpes et qu'elles se sont développées de l'Est à l'Ouest.

Nous ne pouvons pas suivre Staub en Ombrie et en Calabre sans sortir de notre sujet. Nous noterons simplement que cet auteur a trouvé des faits d'observations nouveaux qui lui permettent de ne pas accepter entre la Corse et l'Apennin la présence d'une chaîne à double déversement, comme le veut Kober.

Or, voici que paraît en 1934 un volume de 400 pages sur la question, sous la signature de P. de Wijkerslooth[2]. Dans la préface, l'auteur nous informe que ce travail est destiné à faire prendre en considération, plus que ce n'a été fait jusqu'ici, l'effet de mouvements verticaux dans l'étude de la zone alpine. C'est dire que Wijkerslooth voit dans l'Apennin toscan des structures dues à des phénomènes de glissement du type de celles qu'Haarmann a décrites dans son « Oszillationstheorie ».

Des vingt-trois conclusions de l'auteur, je ne retiendrai ici que celles qui me paraissent présenter un intérêt direct dans la question de la structure de l'Apennin ligure et toscan :

Wijkerslooth qualifie de « dégénéré » le tronçon des Alpes à direction Nord-Sud qui pour lui se termine avec la Corse. En Calabre, il retrouve un « Orogène » de type alpin (les Calabrides) qui n'est que l'arc NE de l'orogène auquel appartiennent pour lui l'Atlas, la Kabylie et le Rif (Atlatides).

Les Calabrides sont le tronçon dégénéré des Atlatides. L'Apennin, qui s'étend entre l'arc des Alpes occidentales et l'arc des Calabrides, possède une structure qui lui est propre, c'est le *type apennin* dû à des mouvements épirogéniques. Un géanticlinal s'est formé dans le géosynclinal ligure, d'où des lames glissèrent vers l'Ouest comme vers l'Est.

Tilmann avait déjà dit que les Toscanides représentaient des

1. R. Staub. Zur tektonischen Analyse des Apennins. *Vierteljahrsschrift d. Naturfor. Gesell.* Zurich, LXXVIII, 1933, p. 127-151.

2. Bau und Entwicklung des Apennins besonders der Gebirge Toscanas. *Selbstverlag. Geologisch. Instituut.* Amsterdam.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

lames et non pas des plis couchés au sens pennique. Termier même avait été de cet avis : « car, dit-il, il y a des nappes apennines ; et l'Apennin central, comme M. Steinman l'a montré, est un immense pays de nappes. Ces nappes ne ressemblent pas à celles des Alpes : ce sont des nappes du deuxième genre, selon toute apparence, et non pas des plis couchés superposés. »

Wijkerslooth oppose la tectonique de l'Apennin en lames glissées à celle des plis couchés des Alpes ! En ce faisant il oublie que les nappes austro-alpines ne sont pas des plis couchés mais bien des lames comme l'ont montré Argand, Staub, puis Wenk. Récemment, Stutz et Masson [1] arrivent à la même conclusion pour la nappe de la Dent Blanche, sur la base d'études pétrographiques détaillées en Valpelline.

En résumé, les différents auteurs qui se sont occupés de la tectonique de l'Apennin ligure et toscan (Steinmann, Termier, Tilmann, Staub, Kober et Wijkerslooth) arrivent à la même succession de nappes :

Kober	Staub	Tilmann et Wijkerslooth
III. Ligurides	N de Ligurie	Ligurides
II. Toscanides	N de la Spezzia	Toscanides II
I. Carrarides	N de Carrara	Toscanides I

Ce que j'ai vu de l'Apennin, durant deux voyages, me permet d'accepter *le sens Est-Ouest du déferlement* des nappes de l'Apennin du Nord.

Les raccords entre l'Apennin Nord et Elbe

Ce que nous avons dit de l'Ile d'Elbe et de l'Apennin montre que l'on trouve dans ces deux régions les mêmes éléments tectoniques caractérisés par les mêmes éléments stratigraphiques. Nous arrivons donc à la conclusion que *l'île d'Elbe appartient tectoniquement à l'Apennin Nord*. Le déferlement des nappes a lieu de l'Est à l'Ouest.

Les raccords entre la Corse et l'unité Elbe-Apennin.

Termier écrivait en 1911 que les nappes corses se prolongent à l'Est par les nappes de l'Ile d'Elbe et que la Corse orientale et l'Ile d'Elbe constituent une seule et même unité tectonique [2].

1. Zur Tektonik der Dent Blanche Decke. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd. XVIII, p. 40-53, 1938.

2. Problèmes de la géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale. Revue générale des Sciences, 30 mars 1911.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

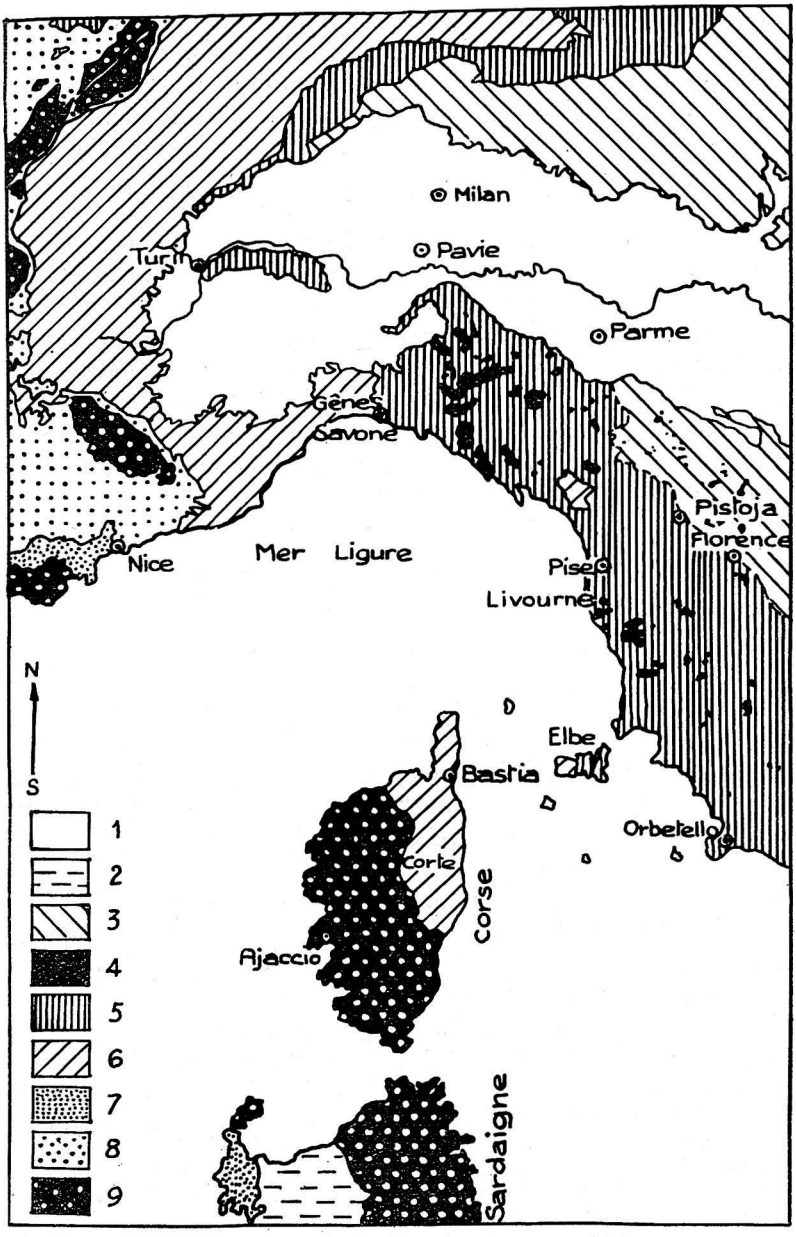


FIG. 6. — Les grandes unités des Alpes, de la Corse et de l'Apennin, d'après R. Staub.

1. Plaine du Po. — 2. Région volcanique de la Sardaigne. — 3. Les Dinarides. — 4. Klippes de la nappe de Ligurie. — 5. Nappe de la Spezzia. — 6. Les nappes penniques. — 7. Sédimentaire de Provence et de Sardaigne. — 8. Sédimentaire helvétique et des chaînes subalpines. — 9. Massifs hercyniens.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

J'ai indiqué plus haut la présence d'un élément du Briançonnais sous la klippe du Tuda (klippe de l'élément 2 de Termier et Maury). Dans l'état de nos connaissances, il est impossible de dire avec certitude ce que représentent tectoniquement les klippes de Macinaggio, d'Oletta-Patrimonio, du Pedani, de l'Orianda. Bien qu'à titre d'hypothèse de travail j'aie proposé de raccorder la nappe du San Colombano à radiolarites et roches vertes à celle de Ligurie, de l'île d'Elbe et de l'Apennin, j'ai la conviction qu'il est actuellement prématuré de vouloir établir des raccords entre la Corse et Elbe

La Corse alpine doit être étudiée très en détail, car elle s'avère plus compliquée qu'on ne le pensait. Sachons attendre pour faire de la tectonique et établir des raccords, que l'on ait déterminé l'âge des roches qui ont subi un dynamométamorphisme intense. Étude longue, difficile, mais passionnante. Je l'ai commencée et je la poursuivrai avec quelques-uns de mes élèves.

CONCLUSIONS

1. La Corse sédimentaire, Elbe et l'Apennin ligure et toscan appartiennent au géosynclinal alpin, car la présence d'une nappe de schistes lustrés avec ophiolites y est démontrée. Cette nappe a déferlé de l'Est à l'Ouest (Fig. 6).

2. Certains éléments structuraux de la Corse n'étant pas encore nettement définis, les relations tectoniques de détail entre cette île et l'unité Elbe-Apennin ne peuvent être précisées actuellement[1].

3. Un élément briançonnais existe en Corse.

4. A titre d'hypothèse de travail, on peut poser que le complexe de radiolarites, de calcaires à Calpionelles, et d'ophiolites qui forme l'élément structural supérieur de ces trois régions appartient à une seule et même nappe : celle de Ligurie.

5. Seules des études stratigraphiques très détaillées permet-

1. Une opinion très intéressante, basée sur des faits d'observation, a été émise par D. Schneegans (ce Bulletin, 1933, p. 766). Pour cet auteur l'écaille de Trias et de Lias de la Cima di Pedani *perce les Schistes lustrés* et « représente sans doute un *copeau* arraché au substratum par la nappe des Schistes lustrés lors de son avancée vers la Corse cristalline ».

Ajoutons aux observations de Schneegans qu'au-dessus de Lano on voit la barre calcaire de Caporalino *sortir de dessous les radiolarites de la base des Schistes lustrés*, monter au San Angelo puis descendre en plis vers Caporalino et Francardo.

On peut se demander si les klippes de Macinaggio, d'Oletta-Patrimonio, d'Orianda ne sont pas dues à la même tectonique ?

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tront de déterminer avec sûreté tous les éléments tectoniques de la Corse.

En terminant, qu'il me soit permis de remercier MM. Augustin Lombard, A. Lillie, W. Schroeder et Ernest Pictet, qui m'ont rejoint en Corse à deux reprises pendant quelques jours avec les étudiants de mon Laboratoire. Leur aide m'a été précieuse tant au laboratoire pour l'étude des matériaux récoltés, que sur le terrain pour multiplier le plus possible les points d'observation.

M. **P. Jodot** est heureux d'entendre confirmer par M. Collet, dans sa belle synthèse, que la nappe de San Colombano est « l'élément tectonique supérieur » de la Corse, opinion qu'il n'a cessé de soutenir. Cette nappe est un complexe d'écailles dont 2 principales : l'une formée de la série des roches (Malm) comprises entre le pont sur la Navaccia (tranchées du chemin de fer) jusqu'à la Cima del Mutereno (Albien) ; peut-être avec un éclat de cette écaille aux bergeries de Servadio ; l'autre correspond au Grand Rocher aux Radiolarites rouges (fontaine de San Colombano) et aux digitations des brèches de Toccone ; etc.

Il pense également que les unités tectoniques de Macinaggio, de Saint-Florent et de Cima di Pedani flottent sur la nappe des schistes lustrés. Il est moins affirmatif sur la position tectonique du calcaire de Caporalino (Hydrozoaires, Nérinées et peut-être Ammonites) attribué au Malm.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Le gisement de Barytine de Pessens, près de Rodez (Aveyron)

par **J. Durand** et **E. Raguin** [1].

Planches XLVII et XLVIII.

Résumé.

Le gisement de barytine, interstratifié dans le Lias, est de caractère métasomatique. Il s'accompagne d'une silicification étendue des terrains voisins. Il paraît se rattacher à des venues hydrothermales plombozincifères d'âge tertiaire.

SITUATION GÉNÉRALE [2].

A 6 km. à l'Est de Rodez, dans la commune de La Loubière, près du hameau de Pessens, la Société des Couleurs Zinciques [3] (Aubervilliers-Bouchain) exploite un important gisement de barytine connu depuis longtemps, mais exploité intensément depuis seulement une dizaine d'années. Depuis 1926, le tonnage extrait est d'environ 100.000 tonnes. La barytine, très peu siliceuse, lavée pour éliminer le calcaire et l'argile (30 % de déchets environ), est broyée pour couleur ou utilisée pour la fabrication du lithopone.

Le gisement de barytine affleure au milieu même du village de Pessens à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau de l'Aveyron, dans le Lias calcaire. Des sondages ont montré qu'il s'étendait horizontalement sur une vingtaine d'hectares, à peu de profondeur, vers le sommet d'un plateau légèrement ondulé qui culmine à la cote 619. Les terrains encaissants font partie géologiquement de la région connue sous le nom de Détroit de Rodez, fosse de subsidence allongée E-W, de Sévérac-le-Château à Decazeville entre les massifs cristallins du Rouergue au S et de la Viadène-Aubrac au N. Sur un remplissage de grès permiens

1. Note présentée à la séance du 19 décembre 1938.

2. Le gisement a été visité en commun le 2 septembre 1938. Antérieurement, l'un de nous y avait guidé MM. C. H. Behre, professeur de Géologie à l'Université d'Evanston (Illinois U. S. A., et F. Blondel, ingénieur en Chef des Mines. M. Behre venait d'étudier, en liaison avec ses recherches sur le Tri-State district des États-Unis, les gisements métasomatiques du pourtour de la Méditerranée ; l'échange de vues sur la genèse de ce type de gisements est à l'origine du présent article.

3. Nous remercions vivement la Société et particulièrement son Directeur local, M. Roustan, des renseignements fournis.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

grossiers, atteignant 1.300 à 1.400 mètres d'épaisseur, légèrement inclinés, les sédiments jurassiques reposent horizontalement mais sont disloqués par de nombreuses failles. La région de Pessens est plus particulièrement morcelée par un champ de fractures, les unes WNW parallèles aux failles-limites du Détroit de Rodez, les autres N légèrement E. La carte ci-jointe montre la disposition de ces failles et la nature géologique des terrains (tracés revus pour la deuxième édition de la feuille de Rodez).

Le gisement se trouve immédiatement au N d'une faille, limite septentrionale d'un petit fossé d'effondrement dont l'enfoncement relatif par rapport aux terrains jurassiques du N atteint une centaine de mètres et amène le Bajocien de la Croux au niveau du Lias inférieur de Pessens. Ce fossé d'effondrement jalonne d'ailleurs une grande faille le long de laquelle l'ensemble des terrains jurassiques du N a subi un abaissement d'une centaine de mètres par rapport à ceux qui reposent au S sur le socle métamorphique.

A 3 km. environ à l'E de Pessens une faille de direction N légèrement E marque un enfoncement relatif du panneau de Pessens (enfoncement antérieur au précédent) de 200 à 300 m. par rapport au Massif des Palanges. Le panneau qui contient le gisement de Pessens se trouve ainsi limité par des failles importantes ; il présente d'ailleurs de nombreuses cassures secondaires.

A l'aplomb du gisement la coupe des terrains montrerait de haut en bas [1] :

Hettangien : calcaires (parfois oolithiques) ou cargneules, calcaires marneux, lumachelles.

Rhétien : calcaires marneux, marnes jaunes et vertes surmontant des grès qui sont peut-être en partie triasiques.

Métamorphique : gneiss œillés rosés.

Entre le métamorphique et le Rhétien s'intercalent peut-être des terrains autuniens ou houillers qui affleurent non loin de Pessens mais qui n'ont pas été reconus à proximité immédiate.

DISPOSITION DU GISEMENT

Le gisement se trouve interstratifié dans l'épaisseur du Lias inférieur horizontal, tantôt en affleurement, tantôt à quelques mètres de profondeur sous la surface du sol. Il est découvert sur un front de carrière d'environ 200 m. allongé W-E. Le banc

1. Y. Boisse de Black. Le Détroit de Rodez et ses bordures cristallines. *Bull. Services Carte géol. France*, XXXVI, 1932-33, pages 213-493.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

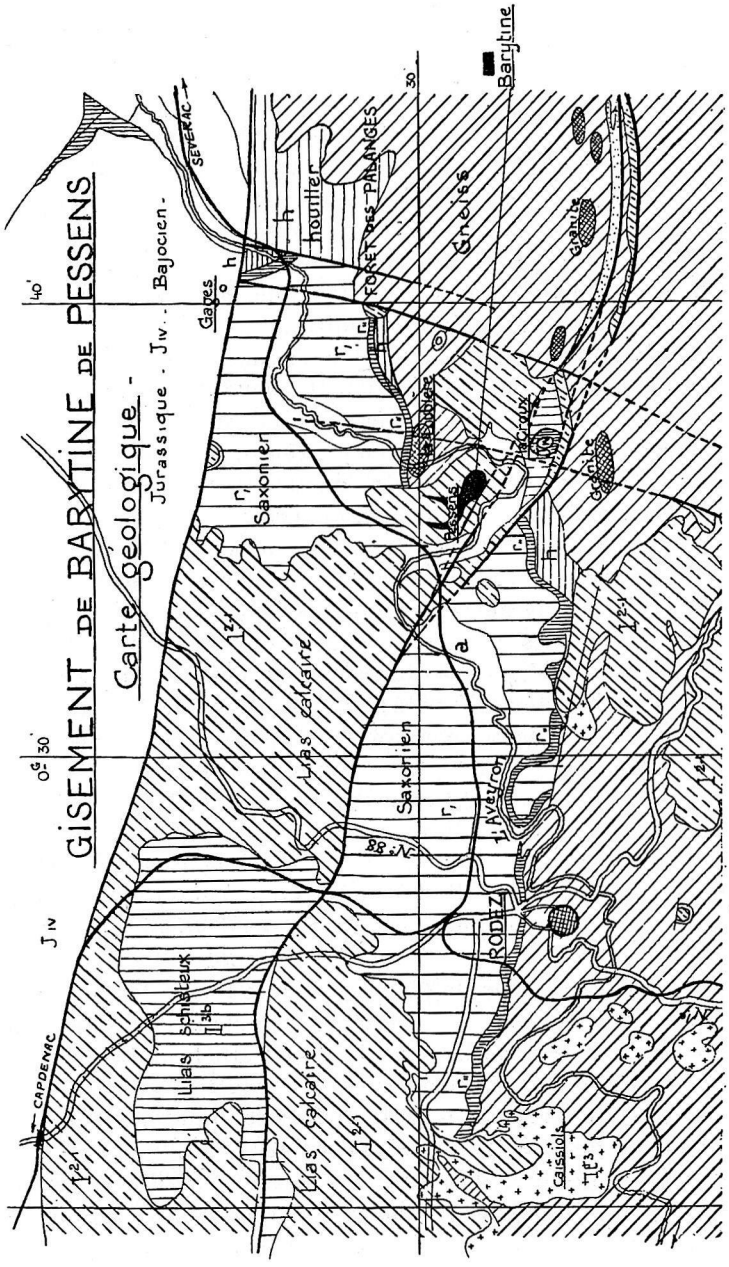


FIG. 1. — Carte géologique des environs de Rodez.

minéralisé en barytine a 2 à 3 m. d'épaisseur, mais contient des lits marneux stériles intercalés, ou des essaims d'enclaves marneuses noyées dans la barytine et correspondant à des lits inter-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

calés devenus discontinus à cause du développement de la barytine. L'épaisseur de barytine utile est généralement de l'ordre de 1 m., parfois 2 mètres.

Dans la partie ouest de la carrière, les lits et enclaves intercalés sont en une roche siliceuse, dont nous verrons l'origine épigénique (« jaspéroïde »). Dans le reste de la carrière, la silicification diminue, l'un des bancs enclavés se poursuivant plus longtemps à l'état de jaspéroïde, mais les autres étant marneux. Aucun vrai calcaire de la formation liasique primitive n'est conservé, mais seulement des lits dolomitiques, plus ou moins silicifiés. La plupart des carbonates de l'assise liasique ont été détruits au cours de la minéralisation. La couche exploitée comporte plusieurs bancs massifs et très purs, de quelques décimètres d'épaisseur, avec limite nette en dessous et en dessus (soit contre des bancs de jaspéroïde, soit contre d'autres bancs barytiques) et zone géodique médiane, parfois bien ouverte. La barytine se présente en grandes lamelles radiées partant des limites et se terminant par les « crêtes » classiques ; ces crêtes sont souvent couvertes d'enduits ferrugineux ou manganésifères ; parfois le vide paraît limité par des surfaces de dissolution ; dans d'autres régions, il est comblé par de la calcite largement cristallisée. Quelquefois un banc massif se résout en plusieurs lits cristallisés avec disposition symétrique comportant chacun une zone médiane réduite à une pellicule ferrugineuse, sinueuse et irrégulière.

Vers l'Est, les bancs purs et massifs sont subordonnés à des bancs de barytine « truitée » ou « mouchetée » dans lesquels des débris marneux, jaunes ou verdâtres, sont disséminés dans de la barytine largement cristallisée, mais sans ordre. Dans cette masse, on trouve fréquemment de petites géodes isolées de calcite avec rarement du quartz ou de la fluorine.

En dehors des bancs exploités, la barytine forme des filonnets de quelques centimètres d'épaisseur répartis dans le stérile, concordants ou en travers de la stratification ; elle forme également des mouches qui paraissent isolées.

Les cavités du jaspéroïde sont parfois remplies de barytine qui peut même former des traînées continues.

La barytine présente, de place en place, de petites mouches de malachite ; la fréquence semble croître quand on se rapproche de la faille-limite Sud ; dans cette direction également, on trouve des blocs avec passées ferrugineuses assez épaisses.

En dehors de la carrière s'étend au SE du village une vaste zone de jaspéroïdes. Quant aux lits de barytine, ils s'amincissent vers le N à 350 ou 400 m. du village et tombent à quelques

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

décimètres d'épaisseur totale. Vers l'W, fort épais encore, ils sont tranchés par l'abaissement de la surface topographique. Vers le SE ils paraissent se poursuivre quelque temps, mais sont plus irréguliers, sans doute en rapport avec les failles.

MINÉRALISATION

Les lits de barytine intercalés dans les bancs liasiques sont d'une remarquable pureté. Mises à part les géodes contenant surtout calcite et quartz, il n'y a pas d'autre gangue que la roche encaissante elle-même, constituée par les couches qui sont au mur et au toit du gisement ou qui sont intercalées avec plus ou moins de continuité entre les lits de barytine. Cette roche encaissante se présente comme une marne argileuse jaunâtre ou une roche siliceuse légère et souvent poreuse, due manifestement à une silicification épigénique et méritant le nom de *jaspéroïde* (suivant la terminologie des métasomatoses siliceuses près de gîtes métallifères). Des fossiles silicifiés, petits Lamellibranches, s'y rencontrent parfois, dans la zone hors de la carrière au SE du village. La silicification a remplacé souvent complètement les lits calcaires ou dolomitiques, à l'exclusion des lits argileux, sur des étendues notables soit dans la carrière, soit en dehors.

En effet les roches siliceuses au SE du village, loin de la carrière, sont identiques à celles de la carrière. Dans les jaspéroïdes stériles situés de ce côté, on trouve parfois de très petites veinules de barytine, ou des moules cubiques ayant appartenu sans doute à des cristaux de fluorine. Il en est ainsi sur une grande distance au voisinage, la barytine paraissant d'ailleurs déborder au delà de la zone silicifiée. Mais la liaison de la venue siliceuse et de la venue barytique s'affirme avec évidence.

D'après l'examen de ces jaspéroïdes au microscope, deux types se distinguent.

Le premier type est très riche en petits globules siliceux d'un mm. ou d'une fraction de mm., tantôt presque jointifs, tantôt plus écartés. Des vides tapissés d'une argile ferrugineuse s'observent çà et là à côté de ces globules. Dans les globules et dans leurs intervalles, la roche consiste en un agrégat de petites particules de quartz, généralement allongées quoique sans contours géométriques, et à extinction de signe positif suivant l'allongement. Il s'agit donc de petits quartz prismatiques, forme habituelle dans les jaspéroïdes. Les globules sont constitués de ce quartz de petite dimension (30 à 90 μ de longueur et 2 à 3 fois moins de largeur) assez régulièrement calibré, mais ne présentant

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

pas de disposition concentrique, ni radiale, ni d'arrangement quelconque. Des zones d'inclusions opaques, impuretés ferrugineuses ou autres, sont réparties concentriquement avec une grande régularité dans chaque globule ; elles forment des auréoles simples ou multiples, souvent parfaitement sphériques, tantôt nettes, tantôt diffuses, ou bien des plages sphéroïdes entourées au contraire d'une auréole dépourvue d'impuretés et limpide. Dans l'intervalle des globules, la matière est formée par ce même petit quartz irrégulièrement distribué, mais mêlé d'une proportion de quartz de faciès analogue mais de calibre beaucoup plus grand (jusqu'à 1/4 ou 1/2 mm. de long). Parfois, ce grand quartz pénètre dans les globules, mais il y est plus rare qu'en dehors. Enfin de petits filonnets quartzeux recoupent l'ensemble, tranchent les globules siliceux et sont formés par des individus de quartz normaux aux épontes des filonnets et d'aspect analogue au grand quartz précédent. Il paraît évident que les globules résultent de la *silicification d'oolithes calcaires* et nullement d'une cristallisation sphéroïdale de silice, puisque le quartz des globules n'a pas d'arrangement sphérolitique. Après la silicification diffuse qui a formé la mosaïque irrégulière du jaspéroïde et qui a été complète, s'est produite une phase de microfractures qui ont été elles-mêmes remplies de quartz (fig. 2).

Le second type de jaspéroïde a l'aspect d'un grès très fin, plus homogène. Il est constitué par un agrégat de très petits rhomboèdres de dolomie (6 μ) et de quartz analogue au quartz précédent et de petit calibre (90 μ de longueur moyenne). La dolomie est tantôt en agrégat jointif, tantôt dispersée en inclusions dans les cristaux de quartz. Certaines zones, grossièrement globuleuses mais non sphériques, sont très riches en quartz avec des inclusions dolomitiques très dispersées ; la masse ambiante est, au contraire, beaucoup plus riche en dolomie. La roche est ainsi silicifiée par petites masses discontinues dont la dimension est de l'ordre du mm. ou davantage. Comme dans le premier type, des microfilonnets de quartz postérieurs recoupent l'ensemble. Il s'agit d'une silicification discontinue et incomplète dans une dolomie finement grenue. Il est peu probable, en effet, que cette dolomie soit due à une épigénie connexe de la minéralisation, à cause de sa finesse et de sa régularité.

Il est possible de se représenter de la manière suivante la suite des phénomènes. Dans une formation calcaire comprenant des lits oolithiques et des lits dolomitiques, ainsi que des intercalations argileuses, une silicification diffuse s'est opérée, d'abord très fine, se portant de préférence sur des oolithes ou sur des

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plages discontinues de la dolomie, à l'exclusion des intercalations argileuses. Dans la suite le quartz a cristallisé plus largement et l'élimination des carbonates a été tantôt complète, laissant même des vides, tantôt partielle. Puis de multiples petites cas-

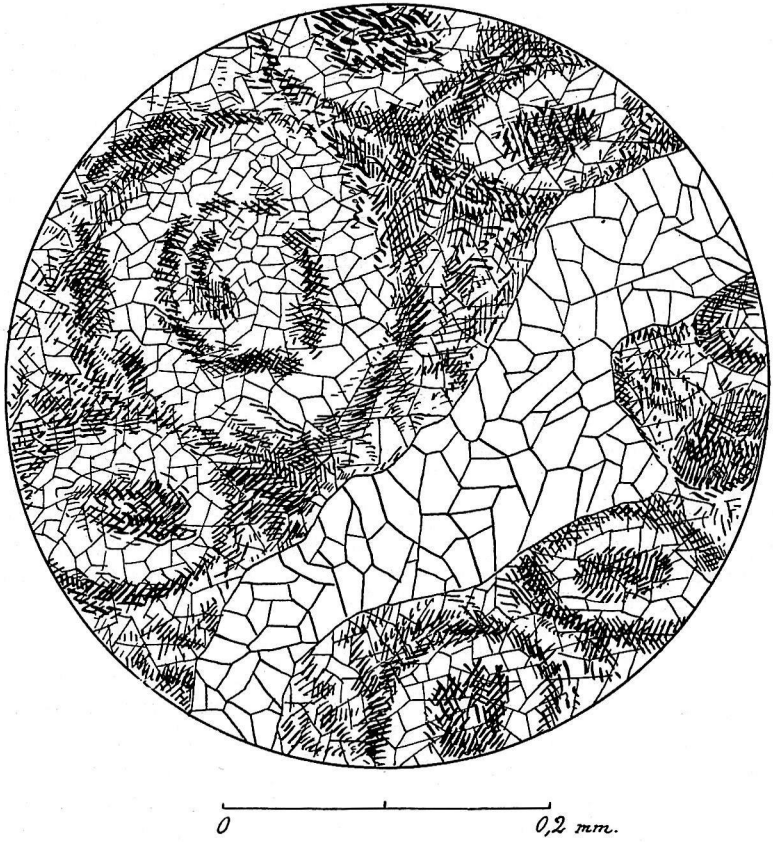


FIG. 2. — Aspect au microscope d'un jaspéroïde formé aux dépens de calcaire oolithique.

sures se sont produites et ont été elles-mêmes remplies par du quartz. La venue barytique paraît en majeure partie postérieure, puisque des veinules de barytine recoupent souvent le jaspéroïde, tandis que nous n'avons pas observé de filonnets de quartz dans la barytine.

La pénétration très intime de la barytine au sein des lits stratifiés, donnant la variété mouchetée où les morceaux de marnes paraissent peu déplacés, indique une origine métasomatique de la barytisation. L'aspect des lits de barytine en filons-couches, avec épontes et zone géodique médiane, suggère un phénomène

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

hydrothermal avec dissolution de la roche préexistante, puis précipitation de la barytine pure remplissant le vide, et non métasomatose en milieu solide ; mais il est probable que seule la fin du dépôt de barytine présente ce caractère, le début ayant consisté en une substitution progressive au calcaire, à la dolomie, au jaspéroïde. D'ailleurs, toute métasomatose impliqué une soustraction de substance et un apport, les deux opérations se balançant à peu près. Or, il est possible que la soustraction de substance ait dominé momentanément et que les cavités produites se soient ensuite remplies par l'apport barytique prenant à son tour le dessus. Enfin, la phase terminale a produit les petites géodes de calcite, quartz, fluorine.

Le rôle de la silicification est remarquable : elle intervient dans la phase initiale et à la fin. Dans la phase initiale, la métasomatose du jaspéroïde est extrêmement ménagée, conservant de délicates structures (zones concentriques des oolithes), et, dans la suite, le caractère devient de plus en plus semblable à un phénomène hydrothermal (filonnets, géodes).

En définitive, le gisement de Pessens présente un cas extrême de métasomatose, aboutissant à la suppression complète d'épais bancs marno-calcaires et à leur remplacement par de la barytine massive et pure. Toutefois, ce phénomène, précédé et suivi d'une silicification comportant plusieurs phases, a une allure complexe.

Age de la Minéralisation

Sur le versant méridional de la cote 619 au SE de Pessens, une faille verticale dirigée NW-SE recoupe la formation siliceuse sensiblement horizontale et se suit sur plusieurs centaines de mètres à partir d'un point situé à 300 m. à peu près du village ; elle se compose de plusieurs cassures parallèles. La faille est jalonnée par des pointements de roche silicifiée compacte et résistante où l'on peut observer des surfaces striées qui sont évidemment d'anciens miroirs de faille. Il ne s'agit pas de stries postérieures à la silicification, mais de miroirs « silicifiés », les parties séparées par ces surfaces de glissement ayant été transformées après coup, de sorte qu'un bloc « faillé » se casse hors de cette surface ; la faille paraît bien antérieure à la silicification. Cette impression est confirmée par le fait que la barytine est certainement venue après la faille : on en trouve parfois en effet des placages non striés sur les miroirs de faille. De plus, sur l'alignement de cette faille, à 250 m. environ du village de Pessens vers le SE, on observe trois gros filons subver-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ticaux de barytine, épais de 50 à 80 cm. et bien parallèles. Ces filons ont été explorés jusqu'à 14 m. de profondeur par un puits de recherches. La faille doit avoir servi de voie d'accès aux solutions qui ont produit la minéralisation.

Cette faille recoupe uniquement les terrains du Lias, mais elle appartient manifestement au système du Détroit de Rodez ; on peut affirmer en raison des observations proches qu'elle est post-bajocienne ou plus récente. A peu de distance au S, la faille bordière du Massif des Palanges limite un lambeau d'argiles à graviers tertiaires (oligocènes) ; toutefois on ne peut affirmer que ce lambeau ait été coupé par la faille, le dépôt ayant pu se « mouler » le long du redan de la faille. Quoi qu'il en soit, les observations de Y. Boisse de Black établissent que le réseau de failles du Détroit de Rodez serait d'âge tertiaire, les cassures E-W (directions « pyrénéennes ») étant du début du Stampien, les cassures N-S (directions « alpines ») étant plus récentes ; cet âge relatif paraît d'ailleurs subir des inversions, notamment dans la région examinée ici. On peut au moins, semble-t-il, affirmer que la faille qui borde le gisement de Pessens est oligocène ; partant, la minéralisation serait post-oligocène.

COMPARAISONS AVEC D'AUTRES GISEMENTS

L. de Launay[1] a signalé de nombreux filons barytiques, à peu près dépourvus de sulfures métalliques, sur le Plateau Central français et en particulier à sa périphérie. « Le Plateau Central et ses annexes ont été l'objet sur leurs bords de transgressions partielles ayant, suivant les points, commencé pendant le Permien, le Trias, le Lias, le Jurassique, ou seulement pendant l'Oligocène. On trouve dans ces terrains transgressifs d'âge divers des filons de barytine qui montrent tout au moins la prolongation du phénomène jusqu'à l'époque miocène. La forme des filons-couches, que ces épanchements ont parfois prise, a conduit à les envisager comme contemporains du Trias, dans lequel cette imprégnation a été d'abord observée. Nous allons voir le même fait se reproduire dans des terrains beaucoup plus récents ». Il mentionne ensuite de nombreux exemples. En particulier, auprès du Morvan, au Nord d'Avallon et vers Thoste, le Sinémurien est pénétré de venues barytiques. « De ce côté, dans l'Auxois, le Rhétien et l'Hettangien du bassin ont été entièrement silicifiés et souvent chargés de baryte. On connaît également, plus au S encore, les anciennes concessions de Chitry-aux-Mines près

1. L. de Launay. Traité de métallogénie. Paris, 1913, tome II, p. 198.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de Corbigny, où le groupement quartz-barytine-fluorine-galène imprègne les marnes irisées qui sont là directement superposées au granite ». D'après L. de Launay, « ce cas passe par bien des transitions à celui des filons sulfurés métallifères à gangue barytique ; cependant, il n'est pas toujours certain que ces deux groupes de filons aient une même origine ». Dans la Haute-Loire, les filons de barytine et de fluorine des environs de Brioude sont au voisinage de filons de galène, stibine, boulangérite à gangue de quartz et barytine de Freycenet.

Dans la région méridionale du Plateau Central, non loin de Pessens, il y a également des gisements de barytine, avec ou sans sulfures, qui suggèrent une communauté d'origine entre les venues métallifères sulfurées et les venues barytiques.

Tout d'abord, de nombreux filons de barytine, presque strictement stériles en minéraux métallifères, sont connus : aux environs de Montbazens (30 km. NW de Rodez) dans les gneiss, certains de ces filons étant accompagnés d'un peu d'oligiste vraisemblablement manganésifère ; aux environs de Saint-Rome-de-Tarn (40 km. SW de Rodez) dans l'Autunien, on a exploité ou exploré, en raison de leur teneur en blende, galène, chalcopyrite, des filons à gangue presque exclusivement barytique ; à Saint-Géniez-d'Olt (35 km. ENE de Rodez) dans les schistes métamorphiques[1] ; au Minier du Tarn et à Soulobres (40 km. au SSE et au SE de Rodez) dans l'Autunien et le Lias calcaire. Des gisements, partie filoniens, partie métasomatiques ont été exploités pour barytine à Buzeins (35 km. E de Rodez) dans le Lias calcaire ; à Barjac (6 km. W de Mende) on exploite un filon de barytine dans le Lias calcaire.

Il semble que ces divers gisements soient du même âge et correspondent à des venues filoniennes, siliceuses et barytiques, tertiaires.

1. Le filon est exploité pour barytine entre les cotes 800 et 600 (avec 96 % au moins de SO^4Ba) ; plus bas il se charge en galène de façon appréciable et contient alors surtout du quartz et de la fluorine.

EXPLICATION DES PLANCHES XLVII ET XLVIII

Planche XLVII.

Aspect du front de carrière montrant des lits clairs de barytine, massive ou truitée, alternant avec des lits marneux sombres.

Planche XLVIII.

Lignes de géodes au milieu des bancs de barytine.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

UNE NOUVELLE FORME DE TAPIRIDÉ OLIGOCÈNE : *TAPIRUS (PROTAPIRUS) AGINENSIS* NOV. SP.

PAR **Marguerite Richard**[1].

Les collections de Paléontologie de l'École Nationale des Mines à Paris renferment quelques restes de Mammifères tertiaires provenant du Bassin d'Aquitaine ; parmi eux une demi-mâchoire de Tapiridé m'a paru présenter quelque intérêt.

L'échantillon provient du riche gisement de Lamilloque, maintes fois signalé, à 6 km. au SW du village de Penne, dans le Lot-et-Garonne (Carte géol. 1/80.000e Agen [205] quart NW). La couche fossilifère se trouve immédiatement au-dessous du Calcaire blanc de l'Agenais, Aquitanien inférieur ; elle représente donc le Stampien supérieur. La présence d'une faune à *Microbunodon* confirme d'ailleurs cette attribution stratigraphique.

Schaub[2] a déjà signalé dans cette faune quelques restes de Tapiridés (2 M3 supérieures, 1 P4 supérieure, 1 P4 inférieure et un astragale gauche) conservés au Musée de Bâle, et les a attribués à *Tapirus helvetius* MYR.

DESCRIPTION DE LA PIÈCE. — Il s'agit d'une portion de maxillaire supérieur droit supportant, outre l'alvéole vide de P1, P2, P3, P4 intactes, M1 dont la moitié interne est brisée, et M2 entière ; toutes ces dents à peine usées et en bon état de conservation.

Dimensions : P2 — M2 = 7 cm. 87.
P2 — P4 = 4 cm. 44.
P1 (bord externe de l'alvéole) — P4 = 5 cm. 73.

Molaires et prémolaires sont caractéristiques de Tapiridés, groupe qui présente dans son ensemble une dentition très uniforme, et où les espèces se différencient par la taille et surtout par une homodontie plus ou moins poussée.

M2 présente une large vallée médiane séparant deux crêtes un peu divergentes. La crête antérieure est légèrement oblique sur la muraille externe, la crête postérieure, plus oblique et

1. Note présentée à la séance du 19 décembre 1938.

2. SCHAUB (S.). Der Tapirschädel von Haslen. Ein Beitrag zur Revision der oligocänen Tapiriden Europas. *Mém. Soc. Pal. Suisse*, vol. XLVII (1927-1928), pp. 14-17, fig. 5, pl. I, fig. 4, 5 et 6.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

plus courte, le tubercule interne postérieur étant alors en retrait par rapport au tubercule interne antérieur. Le parastyle est assez fort, le bourrelet basilaire limité à la base des crêtes antérieure et postérieure.

M1, autant qu'on en puisse juger, est semblable à M2, avec un parastyle assez fort et bien détaché.

P4 est caractéristique. Sa crête antérieure est très oblique sur la muraille externe, elle est longue et large tandis que la crête postérieure, beaucoup plus courte et étroite, est perpendiculaire par rapport à la même muraille. Les deux tubercules internes se trouvent au même niveau, et très rapprochés l'un de l'autre, presque accolés. Ce resserrement de la dent dans sa partie interne lui confère une forme subtriangulaire très caractéristique; la dent pourrait être inscrite dans un triangle isocèle dont le sommet se trouverait dans le prolongement de la scissure entre les deux tubercules internes. De plus, la dent est entourée par un large bourrelet basilaire s'atténuant un peu sur la face externe et se relevant à l'angle antéro-externe en un parastyle bien accentué. Ce bourrelet basilaire est presque continu ; il ne s'interrompt qu'à la base du tubercule interne sur 1 mm. 5 seulement.

P3 est à peu près semblable, avec une inclinaison un peu plus grande de la crête antérieure ; celle-ci s'interrompt un peu plus tôt, et les deux tubercules internes ne sont pas tout à fait aussi proches l'un de l'autre que dans P4 ; d'où l'allure plus quadrangulaire de la dent. Le parastyle est fort, le bourrelet basilaire large et à peu près continu comme dans P4.

P2 retrouve la forme subtriangulaire, les deux tubercules internes étant très rapprochés, la crête antérieure fortement inclinée. Le bourrelet basilaire n'est bien développé que sur la partie postérieure de la dent.

Dans l'ensemble, cette dentition de Tapiridé est donc caractérisée par la forme triangulaire de ses prémolaires, avec deux crêtes convergentes, alors que les molaires sont quadrangulaires et formées de deux crêtes divergentes.

Rapports et différences. — Les auteurs s'accordent à reconnaître dans les Tapiridés deux groupes :

L'un à dentition homodonte, qui apparaît au Stampien avec *Tapirus helvetius* Myr., se continue à l'Aquitanien par *T. intermedius* Filh., *T. robustus* v. Koenigs., *T. Poirrieri* Pom., au Miocène et au Pliocène par des formes de plus en plus homodontes, pour aboutir aux Tapirs actuels.

L'autre à dentition hétérodonte, débute par la forme très pri-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

mitive des Phosphorites du Quercy, *Protapirus priscus* FILH., est représenté à l'Aquitanien, où il disparaît d'ailleurs, par *T. moguntiacus* v. KOENIGS. et *T. Douvillei* FILH. Ces données sont d'ailleurs parfaitement établies dans les révisions récentes de Schaub et de von Koenigswald[1].

La forme de Lamilloque, dont j'ai déjà fait remarquer l'hétérodontie caractéristique, se rattache donc au second de ces groupes. Un simple coup d'œil suffit pour le différencier par exemple de *T. helvetius* MYR., forme qui lui est contemporaine, dans laquelle P4, nettement quadrangulaire, possède deux crêtes transversales presque parallèles et un bourrelet basilaire beaucoup moins développé.

Dans le groupe même des Tapiridés hétérodontes, la forme de Lamilloque se distingue :

1) De *T. moguntiacus* VON KOENIGS. de l'Aquitanien de Mayence, dans lequel P4 est un peu moins triangulaire avec une pointe postérieure en retrait sur la pointe antérieure. Le bourrelet basilaire paraît moins large et le parastyle un peu moins fort. P2 et P3 sont beaucoup plus quadrangulaires avec un écartement sensible entre les deux pointes internes. Dans l'ensemble, la dentition est un peu plus forte, les dents sont moins fines, plus larges et plus massives.

2) de *T. Douvillei* FILH. de l'Aquitanien de Saint-Gérand-le-Puy, dont la taille est légèrement inférieure (P2 — M2 = 7 cm. 19 au lieu de 7 cm. 87). Les crêtes des molaires y sont moins obliques, les molaires proportionnellement plus larges, les tubercules plus mousses et le bourrelet basilaire moins fort. Dans P4 la crête antérieure est moins oblique ; elle se recourbe vers l'extrémité interne pour rapprocher les deux tubercules qui paraissent moins nettement séparés que dans la forme de Lamilloque. P3 présente les mêmes différences, mais elle est plus large et plus massive. Le bourrelet basilaire et le parastyle sont beaucoup moins développés.

Ces différences me paraissent suffisantes pour faire de ce Tapir de la région agenaise une nouvelle espèce que je nommerai *Tapirus aginensis*, et qui sera ainsi définie :

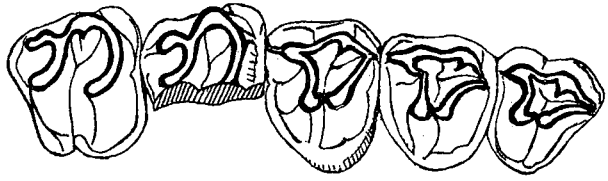
Tapiridé appartenant au groupe hétérodonte, et caractérisé par une construction particulière des prémolaires dont la crête postérieure est perpendiculaire sur la muraille externe et la crête antérieure très oblique, les deux tubercules internes se

1. VON KOENIGSWALD (R.). Die Tapirreste aus dem Aquitan von Ulm und Mainz. *Palaeontographica*, vol. LXXIII, 1930, pp. 1-29, pl. I-IV.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

trouvant alors au même niveau, côte à côte, mais très nettement séparés.

Ce groupe, représenté seulement jusqu'ici par la forme très primitive des Phosphorites du Quercy et les deux formes de l'Aquitanien, s'enrichit donc d'une forme nouvelle appartenant au Stampien supérieur. Mais cette forme ne peut être considérée comme l'ancêtre direct de l'une ou l'autre des formes aquitaniennes, car elle présente à la fois des caractères plus primi-



Tapirus (*Protapirus*) *aginensis* nov. sp. P4-M2 supérieures droites.

tifs — bourrelet basilaire plus fort, plus continu, parastyle plus accentué — et d'autres considérés comme plus évolués — P4 un peu moins triangulaire avec les deux tubercules internes nettement séparés —. Chacune de ces formes appartient donc à un phylum différent.

J'ai signalé plus haut que Schaub a décrit quelques dents et un os provenant de ce même gisement de Lamilloque et les a attribués à *Tapirus helvetius* Myr. Ces dents, surtout P4 supérieure, me paraissent s'éloigner assez du type de l'espèce. Schaub y remarque lui-même quelques différences et insiste sur la présence dans P4 d'un bourrelet basilaire très développé et d'un parastyle plus fort ; sur la photographie accompagnant le texte (pl. I, fig. 4) on remarque très nettement que les crêtes transversales ne sont pas parallèles, mais que la crête antérieure est très oblique et les deux tubercules internes bien rapprochés, quoique nettement distincts comme dans l'échantillon décrit ci-dessus. Il ne me paraît pas impossible que les dents décrites par Schaub appartiennent à l'espèce *aginensis* plutôt qu'à l'espèce *helvetius*. Schaub signale lui-même qu'il doit s'agir là d'une forme un peu différente.

Presque tous les auteurs français réservent le nom générique de *Protapirus* aux formes hétérodontes et celui de *Paratapirus* aux premières formes homodontes (*Paratapirus helvetius*, *intermedius*, *Poirrieri*), lesquelles donneraient plus tard les *Tapirus* vrais. Schaub et von Kœnigswald s'élèvent contre l'emploi de cette nomenclature, car pour eux les termes de *Pro-* et *Paratapirus* paraissent désigner des stades successifs d'un même phy-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

lum, alors qu'il s'agit en réalité de stades dans des rameaux différents. Étant donné la très grande ressemblance entre les Tapirs fossiles et les actuels, ils donnent à tous le nom générique de *Tapirus*.

Je me rallie parfaitement à ce point de vue ; car si nous nous trouvons ici en face de formes dans lesquelles on peut suivre un sens très net d'évolution (molarisation croissante des prémolaires), il paraît très difficile de séparer de véritables phylums, les autres caractères ne se mettant pas toujours en série.

Cependant, il semble que, pour le groupe des Tapiridés hétérodontes, nettement différencié, très homogène et s'éteignant très tôt, on peut conserver le terme générique de *Protapirus* qui a l'avantage d'exprimer le caractère primitif du groupe, sans pour cela impliquer l'idée d'une ascendance directe par rapport aux vrais *Tapirus*.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Contribution a l'étude du bord méridional des unités prérifaines entre Hajra el Baz et Moulay Yacoub (Maroc occidental)

par **Raymond Lévy** [1].

Planches XLIX et L.

Collaborant aux recherches de la Société Chérifienne des Pétroles (S. C. P.), nous avons été chargé d'exécuter des levés géologiques détaillés (à l'échelle du 1/50.000e et du 1/20.000e) pendant les années 1935-1937 ; nous avons été autorisé à publier une partie de ces travaux. Il nous est agréable d'en remercier M. Vigier, Directeur du Bureau de Recherches et de Participations Minières (B. R. P. M.) et Administrateur-Délégué de la S. C.P., et M. Lassauzé, Directeur de la S. C. P.

Dernier venu parmi les géologues de la S. C. P. et du B. R. P. M., nous avons été assez heureux pour bénéficier, en plus des conclusions que MM. Daguin et Lacoste avaient publiées dans leurs ouvrages de Thèse [2], de nombreux travaux, pour la plupart encore inédits, effectués par nos devanciers depuis 1930.

Notre tâche s'est, d'ailleurs, trouvée facilitée par la situation de notre région d'étude entre des zones dans lesquelles nos prédécesseurs, et en particulier M. Bruderer, avaient déjà mis en évidence les grandes lignes tectoniques principales. Il ne faut donc voir dans notre étude qu'un exemple d'application à un cas concret des théories générales auxquelles conduisent les travaux du Service Géologique de la S. C. P. tout entier [3].

Il nous est difficile, dans le cadre restreint de cette note, de mettre en relief la part de chacun de nos Collègues dans les conclusions auxquelles nous arrivons, mais il nous est un agréable devoir de rendre un juste hommage à l'importance des résultats obtenus par la collaboration de tous les géologues de la S. C. P. et du B. R. P. M.

1. Note présentée à la séance du 19 décembre 1938.

2. Cf. les deux ouvrages : F. Daguin. Contribution à l'étude géologique de la Région prérifaine. *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc*, 1927.
J. Lacoste. Études géologiques dans la Région rifaine méridionale. *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc*, 1934.

3. Je tiens à signaler la part importante prise dans ces travaux par MM. Bruderer, Delga, Gouskov, Gubler, Lacoste, Marie, Mourou, Ostrowsky, Rey, Senn, Tenaille, Tilloy, etc...

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Nos derniers levés s'étendent sur une portion de la région prérifaine dont l'interprétation tectonique a suscité de nombreuses controverses. En s'en tenant aux travaux des dix dernières années [1], on passe, en effet, de la notion de déplacements tangentiels importants (grande nappe complètement décollée du substratum et pouvant présenter *un déplacement de l'ordre de 80-100 km. sur un plan subhorizontal relativement superficiel*) à une conception beaucoup moins mobiliste substituant aux mouvements horizontaux des déformations *en « plis assez courts offrant fréquemment l'aspect d'écailles autochtones chevauchantes »* avec superposition d'une tectonique salifère s'ordonnant dans le cadre tectonique régional [2]. A la suite des dernières recherches effectuées par la S. C. P. (explorations par sondages profonds, études stratigraphiques détaillées basées sur l'emploi des Foraminifères, levés géologiques de détail sur un fond topographique précis, etc.), cette dernière conception évolue elle-même rapidement et on reprend, sous une autre forme mais en la limitant, *la notion de déplacements horizontaux* [3]. Tout en continuant à attribuer une grande importance à la tectonique salifère, on admet, en effet, aujourd'hui, l'existence de décollements importants (principalement au niveau des séries plastiques du Crétacé) et l'empilement d'écailles déracinées cheminant sous l'action de fortes poussées tangentielles le long de plans de chevauchement très inclinés ; *on s'éloigne cependant de la conception de la grande nappe « superficielle » en limitant le déplacement horizontal à une valeur voisine de 30 km. et en reportant le plan de chevauchement principal à une grande profondeur (de l'ordre de 2.000 m.)* [4].

Nos derniers levés intéressent précisément une partie de ce grand plan de chevauchement frontal et nous nous proposons de fixer, dans le cadre des conceptions actuelles du Service Géologique de la S. C. P., les traits essentiels de la géologie de cette zone compliquée [5].

1. Historique dans F. Daguin. *Op. cit.*, p. 353. J. Lacoste. *Op. cit.*, p. 407.

2. J. Lacoste. *Op. cit.*, p. 481.

3. W. Bruderer. Structures jurassiques de la région de Petitjean... *2e Congrès mondial du Pétrole*, Paris 1937, t. I, pp. 447-453.

J. Lacoste et J. Marçais. Sur la nature et l'importance des chevauchements entre le Haut Ouergha et le Haut Leben (Nord Marocain), *C. R. som. S. G. F.*, f. 7-4, 4-avril 1938, pp. 111-113.

4. Il convient de signaler ici la part importante prise par M. W. Bruderer dans l'évolution de ces conceptions : il avait mis en évidence, sur le terrain, le chevauchement frontal dès 1933 en lui donnant la valeur que nous lui reconnaissons actuellement et les résultats si démonstratifs du sondage de Gueddara (1938) n'ont été que la confirmation de ses théories tectoniques.

5. Je remercie bien vivement M. le Professeur Fallot, MM. J. Lacoste et W. Bruderer qui m'ont aidé de leurs précieux conseils.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

I. ESQUISSE GÉOGRAPHIQUE

La zone décollée et charriée s'oppose nettement à la région considérée comme autochtone. C'est un pays de collines dénudées, à relief mou, « une confusion de mamelonnements blanchâtres percés de taches lie-de-vin » [1] s'inscrivant vers l'Ouest et le Sud-Ouest dans l'arc montagneux formé par la guirlande des rides Tselfat-Zerhoun et débordant vers le Sud sur les argiles miocènes ou même sur le calcaire lacustre terminal d'un avant-pays tabulaire. Le pays charrié, ce chaos monotone, révèle cependant dans le détail une grande diversité : collines blanches et nues éocènes ou miocènes dont les versants sud ou ouest presque toujours profondément ravinés, abrupts, crevassés par la chaleur ou burinés par l'eau, s'opposent au versant nord en pente douce, uni et couvert de végétation ; grandes plaines mollement ondulées occupées par les monotones argiles grises du Vindobonien supérieur et dominées par les falaises gréseuses de Sidi Chahed ou de Guerzine ; escarpements arides où alternent les grès et les marnes oligocènes ; profondes dépressions où les « tirs » noirs crétacés forment un saisissant contraste avec les cirques où le Salifère révèle un monde aux couleurs et aux formes extraordinaires. A lui seul, ce Salifère confère un étrange cachet au pays [2] : marnes roses, rouge-vif, violettes ou bleues disséquées à l'infini par des ravins ramifiés ; pitons hardis de roches éruptives verdâtres et patinées ; blocs arrondis de dolomies noires ; enduits de sel d'une blancheur éclatante tapissant le fond plat des vallées, le bord des nombreuses sources salées et soulignant les ravinements des parois multicolores ; bancs de gypse et de sel massif sculptés en lapiès bizarres ; avens de toutes tailles se recoupant en arêtes fragiles et aériennes ; montagnes de sel chaotiques : pays un peu effrayant mais ne manquant pas de grandeur.

Dans ces terrains hétérogènes, l'oued Mikkès, tributaire du Sebou, et son chevelu compliqué d'oueds et de ravins affluents ont un cours très complexe. L'oued Mellah, important affluent de droite et exutoire des eaux sulfureuses de Moulay Yacoub, montre un tracé particulièrement suggestif : sollicité par les dépressions occupées par le Salifère, il va de l'une à l'autre en un cours

1. J. Dresch. Essai sur l'évolution du relief dans la région prérifaine. *Public. Hautes Études Marocaines*, 1933, Larose édit., t. XXVI, p. 11.

2. J. Dresch. *Op. cit.*, pp. 60-74. Étude détaillée du relief karstique dans le sel.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sinueux et, depuis sa naissance au pied du Dj. Guebgueb, il ne traverse pas moins de cinq grandes zones où domine le complexe tendre salifère (Mriret el Hamra, Azibs Si Driss el Marnissi, Ouled Embarek, Mellah ben Zerzour, Ouled Abbou).

II. APERÇU STRATIGRAPHIQUE

Autochtone. — Nous ne décrirons ici que les terrains autochtones immédiatement voisins du grand contact anormal frontal.

Miocène de la couverture du Zerhoun : Ce sont les marnes de Béni-Amar [1] que la partie charriée vient surmonter ici. Elles se présentent sous forme de marnes mollassiques, bleuâtres ou gris-clair, souvent très gypseuses. Elles montrent fréquemment, au milieu d'une masse noduleuse, veinée de minces ramifications gypseuses, des bancs de grès très sableux.

Ces marnes ne donnent pas ici de macrofossiles. Seule, la faune de Foraminifères [2] permet de ranger ces terrains dans la partie supérieure des marnes de Beni-Amar : faune assez calcaire s'opposant à la faune essentiellement arénacée de la base de l'étage et montrant les premiers éléments du Vindobonien supérieur. La discussion de l'âge de ces marnes sort du cadre de cette note ; nous les assimilerons à l'Helvétien [3].

Néogène de l'avant-pays du Sud : Nous distinguerons les éléments suivants :

1. Marnes de Beni-Amar affleurant dans la boutonnière anticlinale faillée de Moulay Yacoub et dans les écailles pincées sous le chevauchement.
2. Marnes et grès du Vindobonien supérieur.
3. Formation lacustre dite du Saïs.

1. Marnes de Beni-Amar. — Elles apparaissent sous un faciès blanc-bleuâtre, gypseux, semblable à celui décrit plus haut. Leur détermination est basée sur une faune identique à celle signalée

1. Cf. F. Daguin. *Op. cit.*, p. 331.
J. Lacoste et M. Rey. Sur l'âge et la répartition de certains faciès du Miocène dans le Prérif *B. S. G. F.* (5), t. VIII, 1938.
M. Rey, V. Ostrowsky, N. Gorskov. Études des terrains post-jurassiques et répartition des indices d'hydrocarbures de l'W prérifain. 2e *Congrès mondial du Pétrole*, Paris, 1937, t. I, pp. 467-473.
2. La plupart des déterminations ont été faites au Laboratoire de la S. C. P. par M. Rey à qui j'exprime tous mes remerciements.
3. J. Lacoste et M. Rey. *Op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

précédemment. C'est dans ces marnes que jaillissent les eaux thermales (52°) sulfureuses de Moulay Yacoub, à la faveur d'une faille (cf. coupe n° 10, pl. L).

De grandes lignes de puits à main orientées N-S. ont montré la présence d'écailles de marnes du Miocène inférieur remontées par failles au voisinage du grand plan de décollement frontal (cf. coupes 5 et 10, pl. L) ; la faune, assez pauvre, permet de les assimiler avec un point de doute aux marnes de Beni-Amar.

2. Vindobonien supérieur. — Il correspond à de belles marnes grises, souvent très gypseuses ; vers le sommet, apparaissent plusieurs niveaux de grès roux ferrugineux très zoogènes (Bryozoaires, débris d'Échinides et de Pectinidés) ; le dernier de ces niveaux forme une véritable falaise (bancs réguliers à stratification entrecroisée) qui couronne le Dj. Guerzine. Les marnes ne contiennent pas de macrofossiles, les associations de Foraminifères indiquent le Vindobonien supérieur [1]. Certains éléments de cette faune (*Rotalia beccarii* Linné, *Nonion incisum* Cush., *Elphidium macellum* Fichtel et Moll) marquent un faciès peu profond et s'accordent parfaitement avec l'apparition de niveaux gréseux témoignant des influences littorales annonciatrices de la régression finale.

3. Formation lacustre du Saïs. — On a beaucoup discuté et on discute encore de l'âge exact de ce complexe qui s'étend largement vers le S et occupe l'immense plateau de Fès à l'oued Beth [2]. Cette formation n'a pas donné, jusqu'à présent, d'arguments paléontologiques certains permettant de la dater. Elle montre une base conglomératique surmontée de calcaires massifs d'origine lacustre souvent décalcifiés en surface ou recouverts de croûtes de dessiccation. L'ensemble a subi des mouvements tectoniques importants et, pour cette raison, il est intéressant d'essayer de le dater : les conglomérats de base ont été attribués au Tortonien (Gentil), au Sahélien, au Pliocène (Russo), au Pliocène sup. (Savornin) ; les calcaires lacustres ont été rapportés au Sahélien-Pontien (Brives, Gentil, Dépéret, Daguin), au Pliocène supérieur (Savornin), au Quaternaire (Bourcart).

1. J. Lacoste et M. Rey. *Op. cit.* (sans doute Tortonien).

2. F. Daguin. *Op. cit.*, pp. 47-49 et p. 402.

J. Bourcart. Essai de classement des formations continentales quaternaires du Maroc occidental. *C. R. som. S. G. F.*, f. 16, 1931, pp. 256-259.

J. Lacoste. *Op. cit.*, p. 402.

J. Dresch. *Op. cit.*, p. 117, et Remarques sur le cours de l'Oued Sebou dans la région de Fès. *Inst. Hautes Études Maroc*, Paris, 1935, t. 19, f. 1-2.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Nous avons étudié une partie de la bordure septentrionale de cette formation et avons noté les coupes suivantes (fig. 1).

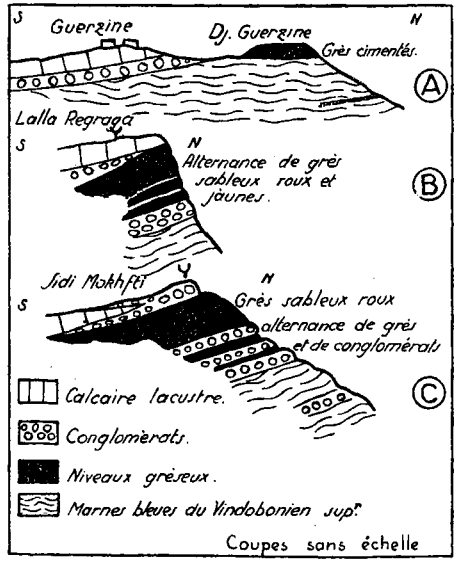


FIG. 1.

Ces coupes montrent la présence constante d'un niveau de conglomérats à la base des calcaires (avec possibilité d'intrications entre ces faciès). La coupe A semblerait prouver que ces conglomérats ravinent les grès bien cimentés du Vindobonien mais les coupes B et C révèlent l'apparition des conglomérats dans le faciès gréseux lui-même, voire dans les marnes du Vindobonien supérieur (C). On n'a, d'ailleurs, aucune raison paléontologique ou lithologique de séparer les différents niveaux de grès de la coupe C par exemple. Ces faits sont en complet accord avec les observations que nous avons faites plus à l'Est dans la région de Fès et à l'Ouest sur la rive gauche de l'oued Mikkès dans la zone des collines comprises entre la terminaison orientale du Dj. Nosrani et l'oued Sidi Abdellah (les conglomérats et les grès y apparaissent sous forme de lentilles au sein même des marnes du Vindobonien supérieur).

La succession typique serait donc la suivante :

1. Calcaires lacustres.
2. Conglomérats de base.
3. Conglomérats apparaissant sous forme de lentilles dès le sommet du Vindobonien supérieur.

Le niveau 3 ne peut pas être séparé du Tortonien ; il traduit les influences littorales marquant la fin du Vindobonien. L'âge

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

des niveaux 1 et 2 n'est toujours pas précisé : les conglomérats de la zone 2 ravinent la partie terminale du niveau 3 (au moins localement), mais la discordance paraît peu importante et souvent même on ne peut la déceler ; ces conglomérats peuvent représenter l'extrême sommet du Sahélien (Pontien) ; les calcaires lacustres du niveau 1 auxquels ils passent insensiblement apparaîtraient dès le Pontien ou le Pliocène ancien [1]. Mais il est évident que l'évolution du lac a dû être très longue et qu'elle a pu se poursuivre pendant le Quaternaire [2] : les marais actuels de Douyet et les nombreuses dépressions qui retiennent l'eau pendant la saison des pluies n'en seraient que le terme final.

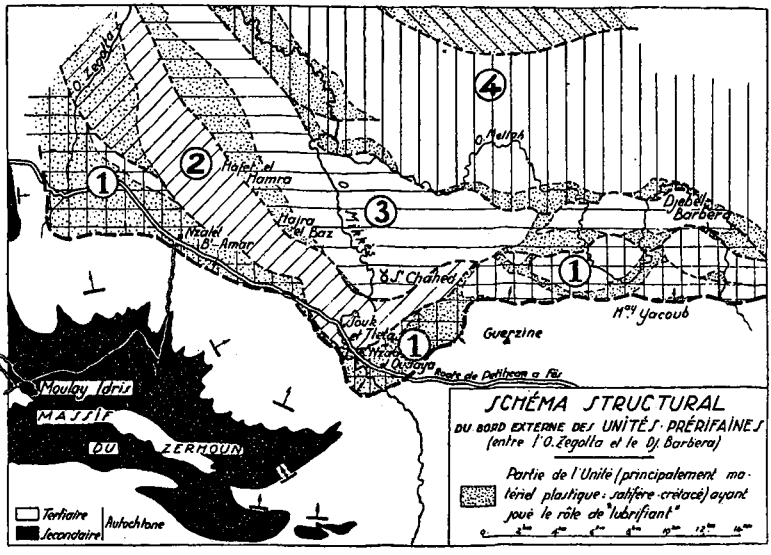


FIG. 2.

Zone des écailles. — Pour faciliter l'inventaire stratigraphique de cette zone compliquée, nous commencerons par en donner une rapide esquisse tectonique (fig. 2).

En pénétrant vers la partie interne de la région des écailles, on traverse de grandes zones de dislocations complexes jalonnées

1. J. DRESCH, *op. cit.*, qui, en étudiant les terrasses des oueds affluents du Sebou dans la région de Fès et le mode de creusement des oueds Rdom, Kell, Ouchket dans le plateau de Meknès, montre qu'il est difficile de rapporter la formation du lac au Quaternaire.

2. Évolution compliquée et comprenant plusieurs épisodes comme le montre par exemple la discordance importante qu'on peut relever entre certaines assises du calcaire lui-même : cf. en 514. 500-384. 300 (le premier nombre indique l'abcisse, le second l'ordonnée dans le quadrillage LAMBERT NORD-MAROC) et en 514.500-384.700.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

par l'apparition de terrains très plastiques (Salifère-Crétacé marneux). Ces dislocations mettent en évidence des plans de chevauchement s'intercalant entre des unités tectoniques grossièrement concentriques qui se poursuivent de part et d'autre sur les levés voisins. Conformément aux hypothèses formulées par M. W. Bruderer depuis longtemps déjà, il est probable que ces plans successifs se raccordent assez rapidement en profondeur au grand plan de décollement frontal (cf. coupes pl. L). Pour simplifier notre étude, nous donnerons un numéro d'ordre aux diverses écailles chevauchantes (fig. 2) sans vouloir cependant attacher une valeur trop rigoureuse à cette subdivision qui est, avant tout, un procédé commode d'exposition.

L'écaille n° 1 s'étend immédiatement au voisinage du décollement frontal ; elle montre un abondant matériel plastique (Crétacé de la Nzala de Beni-Amar, Salifère de la Nzala des Oudayas) et des dislocations compliquées au Nord de Moulay Yacoub.

L'écaille n° 2 est mal individualisée ; son matériel plastique n'est apparent que dans la région de l'oued Zegotta, hors de notre secteur. Vers l'Est, l'écaille semble se coincer en profondeur.

L'écaille n° 3 montre à l'Ouest de l'oued Mikkès un abondant matériel plastique au milieu duquel apparaissent les deux anticlinaux déracinés d'Hafet el Hamra et d'Hajra el Baz ; à l'Est, on note d'importantes dislocations frontales ; le Vindobonien supérieur recouvre transgressivement la zone de décollement dans la région de Sidi Chahed.

L'écaille n° 4 est nettement individualisée par sa bordure méridionale presque continue de Salifère et de Crétacé (O. Mikkès, Ouled Abbou, Mellah ben Zerzour, Azibs Si Driss el Marnissi, etc...).

Salifère. — Nous désignons sous ce terme le complexe gypso-salin des marnes bariolées. Les marnes sont rouges, rose-violacé, parfois bleuâtres, verdâtres ou noires. Elles renferment du gypse en abondance, beaucoup de sel, des débris de roches éruptives, des dolomies, et de nombreux autres éléments d'origine variée (éléments paléozoïques, calcaires jurassiques, grès miocènes, etc...).

Sans tenir compte des éléments nettement exotiques associés aux marnes par des phénomènes tectoniques que nous décrirons plus loin, l'âge triasique de la formation gypso-salifère a été fixé par des documents paléontologiques certains dans le Prérif oriental[1]. Généralisée dans tout le Prérif, cette attribution confirmerait les conclusions des divers auteurs[2] qui plaçaient la plus

1. J. Marçais. Découverte de fossiles dans le Trias du Prérif oriental. *Bull. S. Sc. Nat. du Maroc*, Rabat, 1934, t. 14, n° 4, p. 159.
J. Marçais. A propos d'un gisement de Trias fossilifère dans le Rif oriental. *CR. Ac. Sc.*, t. 44, n°s 5-6.

2. Observations de MM. Bourcart, Daguin, Fallot, Lacoste, Russo, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

grande partie du complexe dans le Trias. Mais il est fort possible, comme le montre M. J. Lacoste dans le Rif méridional [1], que l'Infra-Lias soit également représenté dans ce faciès lagunaire [2]. En l'absence de fossiles typiquement liés au complexe salé et du fait des relations toujours anormales entre le Salifère et les terrains encaissants, il n'est pas possible de préciser davantage dans la région étudiée.

Le Salifère est un des éléments les plus importants du matériel plastique. Doué d'une remarquable mobilité, il s'est insinué « en avance tectonique » dans les zones de fractures et sa présence fréquente à la base de chaque unité souligne d'une façon très nette les grands plans de dislocations.

Les éléments suivants viennent s'associer aux marnes :

Gypse. Le gypse est l'élément le plus abondant dans le complexe. Il apparaît sous forme de cristaux souvent en fer-de-lance, de grosses masses fibreuses et saccharoïdes, parfois de couches stratifiées dans les marnes (Mellah ben Zerzour). Il y a peut-être une relation entre ce gypse et l'anhydrite que les forages des rides recoupent sur une grande épaisseur sous les calcaires liasiques [3].

Sel. L'abondance des sources salées, les nombreuses exploitations indigènes atteignant le sel massif, indiquent la présence d'un niveau salifère important; la montagne de sel de l'oued Mellah Aïcha m'Goutaya n'en serait qu'une manifestation [4].

Dolomies. Elles existent en fragments de toutes tailles dans le complexe. Elles sont souvent noires ou bleues et répandent à la cassure une forte odeur d'hydrogène sulfuré.

Ces dolomies peuvent se débiter en plaquettes et sous ce faciès elles rappellent, d'après M. Fallot, les dolomies à *Eodiadema* de Gzouli [5] ou les niveaux fossilifères découverts par M. J. Marçais [6] dans le Rif oriental. Jusqu'à présent, elles se sont révélées non fossilifères dans le secteur étudié.

Roches éruptives. Elles montrent des types variés et sont associées d'une façon constante au complexe salifère sous forme

1. J. Lacoste. *Op. cit.*, p. 133.
2. Il n'est pas exclu non plus d'admettre, d'après les observations de MM. Lacoste (*op. cit.*, p. 250) et Bruderer (renseignement oral) qu'une grande partie du gypse puisse être également d'origine crétacée.
3. La transformation d'anhydrite en gypse pourrait être un agent moteur important dans la tectonique salifère.
4. Un puissant niveau de sel massif est recoupé sous l'anhydrite par certains forages de la S. C. P.
5. J. Lacoste. *Op. cit.*, p. 133.
6. J. Marçais. *Op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de masses parfois énormes évoquant de véritables culots volcaniques (pitons d'Hajra el Belboul, de Mergueb Rhaïo) ou de blocs de toutes tailles emballés dans les marnes. Ces roches sont souvent très altérées ; elles sont désignées sous le nom de « roches vertes ».

Elles n'ont pas encore fait, à notre connaissance, l'objet d'un travail pétrographique d'ensemble, bien que les divers auteurs en décrivent certains types dans leurs régions d'étude [1]. P. Russo cite des dolérites, des basaltes doléritiques ; J. Lacoste décrit des andésites amphiboliques, des gabbros ophitiques, des dolérites ; F. Daguin, des basaltes doléritiques, etc..., toutes roches appartenant à la famille des gabbros.

L'âge de ces roches a été très discuté. Les auteurs s'accordent généralement pour fixer leur mise en place au Trias [2].

En relation avec le Salifère, les éléments suivants apparaissent également, mais avec moins d'abondance :

Eléments paléozoïques. On attribue au Paléozoïque des quartzites gris ou blancs, des calcaires marmorisés, des schistes sériciteux ou grenatifères (à noter un bel affleurement de schistes à l'Ouest du Dahar Si Brahim en 514.000-389.750) qui sont emballés dans le Salifère.

Calcaires jurassiques. Près de l'oued Mikkès, M. F. Daguin a signalé le piton de Hajra Kahla [3]. Ce rocher montre une brèche dolomitique ressemblant beaucoup aux dolomies mylonitisées d'âge domérien (ou pliensbachien ?) de la région de la Daya de Moussaoua dans le Zerhoun.

Dans le Salifère du Mellah ben Zerzour, il cite des calcaires blancs [4] rappelant l'Aalénien ou le Bajocien du Zerhoun. Ces calcaires, fréquents à l'état de blocs isolés dans les marnes bariolées, forment de véritables barres rocheuses près de la citerne d'el Harra ; ils peuvent même apparaître en plein Miocène (Dj. el Halloufa) et témoigner ainsi de la grande complexité des phases tectoniques et transgressives. Ce sont des calcaires blancs, zoogènes, souvent oolithiques, pouvant devenir parfois assez marneux. Ils nous ont donné un mauvais débris d'Ammonite et de nombreux moules de Bivalves malheureusement indéterminables.

1. F. Daguin. *Op. cit.*, p. 87.
J. Lacoste. *Op. cit.*, p. 124.
2. J. Lacoste. *Op. cit.*, pp. 122-123. Des éruptions plus récentes auraient pu, par la suite, pénétrer les masses salifères à la faveur des diverses phases orogéniques.
3. F. Daguin. *Op. cit.*, p. 90.
4. F. Daguin. *Op. cit.*, p. 92.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Au Nord de Zaouiet Chehab et d'el Gourama, nous avons trouvé des calcaires semblables en relation avec la zone complexe se plaçant en avant de l'écaille n° 3 : à l'Est, près de l'oued Mellah, les calcaires très oolithiques et zoogènes rappellent le Domérien ; vers 517.600-391.200, un énorme bloc emballé dans les marnes bariolées semble constitué par une colonie de Polypiers ; vers le sommet de Zaouiet Chehab, les calcaires oolithiques, zoogènes ou à grain très fin, m'ont montré une empreinte d'Ammonite indéterminable.

Dans la région de l'oued Mellah Aïcha m'Goutaya, nous avons noté des calcaires identiques vers 508.900-386.700. Un bloc de calcaire sublithographique nous a donné deux mauvais moules d'Ammonites et des sections d'Échinides.

Sans préjuger de l'âge exact de tous ces calcaires d'allure jurassique, dont la présence dans le Salifère est liée à des efforts tectoniques, nous les distinguerons sur la carte et dans les coupes par le terme : *Jurassique indéterminé de la région des Écailles*.

Pour terminer ce rapide inventaire du complexe salifère, nous noterons la présence assez fréquente de grès jaunes à Échinides et à Pectinidés semblant être burdigaliens, de silex noirs d'origine éocène, de nombreuses Nummulites lutétiennes apportées sans doute par les alluvions quaternaires (Mellah ben Zerzour), de minéraux variés : rognons de barytine, blocs d'oligiste, etc...

Crétacé. — Nous décrirons successivement :

1. Le Crétacé supérieur marneux abondamment répandu et daté exclusivement par ses faunes de Foraminifères.
2. Le Crétacé néritique et fossilifère d'Hajra el Baz.
3. Le Crétacé fossilifère d'El Harra (Mellah ben Zerzour).

1. Crétacé supérieur marneux. Il est fréquemment associé mécaniquement au Salifère. Son rôle a été très important dans la genèse des chevauchements car le décollement s'est vraisemblablement produit à son niveau[1].

Il comprend des marnes grises, noires ou vertes, plus rarement rouges[2], souvent très gypseuses et toujours finement schisteuses. Sous leur faciès gris et avant l'étude de leur microfaune,

1. W. Bruderer. *Op. cit.*

2. Une analyse effectuée par le Laboratoire de la S. C. P. a montré la présence de carbonate ferreux et de carbonate de chaux dans les marnes vertes, de carbonate ferreux et d'oxyde ferrique dans les marnes rouges : les premières seraient de véritables marnes, tandis que les secondes seraient des argiles.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

elles ont pu être confondues avec des marnes miocènes (ce qui a souvent conduit à des interprétations tectoniques défectueuses)[1].

Sous leur faciès rouge très gypseux, elles miment les marnes bariolées du Salifère mais s'en distinguent cependant par l'absence de roches éruptives. En de nombreux points, le mélange tectonique du Salifère et du Crétacé est si intime qu'on ne peut les distinguer pratiquement l'un de l'autre : nous avons adopté un figuré spécial pour représenter ce mélange (cf. pl. XLIX).

Nous avons remarqué dans les marnes la présence presque constante de débris schisto-gréseux noirs. L'analyse chimique de ces fragments indique leur richesse en fer et la présence du manganèse[2].

La faune de Foraminifères est caractéristique du Crétacé supérieur. Sauf en de rares points (contact frontal dans le ravin de Moulay Yacoub, environs de l'oued Zaouia Lacheheb) où nous avons noté la présence de Rosalines, la faune comprend essentiellement des formes à test arénacé associées à diverses espèces de *Gumbelina*.

Les couches terminales (Danien) à *Rzehakina* ont pu être identifiées en de très rares points au Nord de Moulay Yacoub ; elles sont le plus généralement absentes dans notre secteur.

Remarques. — 1. Des schistes bitumineux associés au Salifère de Moulay Yacoub nous ont donné des débris de poissons (non déterminés) vers 521.500-389.000. Des débris analogues sont cités par M. F. Daguin à l'Est du Tselfat et attribués, avec un point de doute, au Crétacé[3].

2. Au Nord-Ouest de Moulay Yacoub, en relation avec le contact frontal (518.700-388.600) nous signalerons un piton de beaux calcaires noirs, sublithographiques, schisteux, sonores, à minuscules mouches de pyrite dont l'âge en l'absence de tout fossile ne peut être précisé, mais qui, par leur faciès, pourraient évoquer, d'après M. le Professeur Fallot, certains niveaux du Crétacé du Rif.

2. Crétacé d'Hajra el Baz. Les éléments que nous avons recueillis lors des levés au 1/20.000e de ce petit anticlinal (fig. 3 et 4) ne font que confirmer les faits signalés par M. F. Daguin dans sa minutieuse étude stratigraphique et paléontologique du Crétacé de ce qu'il nomme « Ride VI »[4].

1. J. Lacoste. *Op. cit.*, pp. 293-301.

2. Les analyses effectuées par le Laboratoire de la S. C. P. ont donné les résultats suivants :

	SiO^2	Fe^2O^3	$CO^2 + H^2O$	Mn^3O^4	Indosés	Divers
échant. n° 1	7,89 °/o	75,90 °/o	13,04 °/o	2,57 °/o	—	t. de Mg
échant. n° 2	4,74 °/o	67,17 °/o	22,28 °/o	0,75 °/o	5,06 °/o	t. de Ba

3. F. Daguin. *Op. cit.*, p. 95.

4. F. Daguin. *Op. cit.*, pp. 235-247-255.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Il suffit de rappeler les grands traits de cette analyse : l'Eocrétacé est représenté par un faciès néritique ; sa faune évoque certaines associations urgo-aptiennes ; sa partie supérieure appartiendrait à l'Aptien. Il est surmonté d'un Cénomanien marno-calcaire très fossilifère et de faciès encore littoral. La série se termine par un Sénonien néritique à Nérinées et Actéonelles présentant de curieuses affinités avec les faunes du Mexique.

3. Crétacé d'El Harra. Nous signalerons la présence d'une écaille de marnes et marno-calcaires crétacés dans la zone de dislocation se plaçant en avant de l'écaille n° 4 dans le Salifère du Mellah ben Zerzour (au N-E. du douar d'el Harra en 516.000-394.300).

La série des assises crétacées comporte ici plusieurs niveaux. Outre *Placenticeras syrtale* var. *Guadalupe* Hyatt qui est sénonien, on note l'Albien-Cénomanien, représenté par *Diplodia* (*Tetragramma*) *variolare* Brongn., *Hemiaster* se rapprochant de *H. Fourneli*, *Echinospatagus* sp., *Holectypus macropygus*, *Cardita* cf. *Forgemoli* var. *Beuguei* Coq., *Anisocardia* cf. *Hermitei* Choffat, *Tylostoma syriacum* Coq., *Gyrodes* cf. *Gaultina* d'Orb. ;

le Barrémo-Aptien par *Pusozia Melchioris* Tietze, *Exogyra latissima* Lmk var. *aquila* d'Orb., *Tylostoma ponticum* P. et C., *Zeilleria pseudojurensis* Leym., *Zeilleria* cf. *pseudojurensis* Leym. var. *Tylbyensis* Dav. ;

le Néocomien par *Desmoceras* sp., *Neithea atava* Roem., *Venus Dupiniana* d'Orb., *Nucula* cf. *planata*, *Exogyra Tombeckiana* d'Orb., *Crassatella* sp. gr. de *Sabaudiana*, *Terebratula sella* Sow., *Rhynchonella multiformis* Roem. var. *rotundiscota* Jac. et Fall., *Rh. multiformis* Roem. var. *ardescica* Jac. et Fall.

Outre ces diverses formes, des organismes indéterminables spécifiquement : *Venericardia* sp., *Cardium* sp., *Trigonia* sp., *Pectunculus* sp., *Venus* sp., *Pholadomya* sp., *Scalaria* sp., *Serpula* sp., concourent à donner à la faune un cachet néritique[1].

Éocène. — Il est abondamment représenté au Nord de Moulay-Yacoub dans l'écaille n° 1 ; il forme également quelques lambeaux pincés au front de l'écaille n° 3.

Il comprend principalement du Lutétien. La distinction de l'Éocène inférieur et du Bartonien a été faite en quelques points.

1. Les déterminations sont dues à M. le Professeur Fallot et à Mlles Dechaseaux et Delpey, que je tiens à remercier vivement ici.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Éocène inférieur. Nous attribuons à l'Éocène inférieur, avec un point de doute, les marnes siliceuses gris-clair, d'apparence schisteuse, à nombreux nodules de pyrite oxydée qui forment le cœur du petit anticlinal complexe de l'oued Zaouia Lacheheb (écaille n° 1). Ce niveau est très peu fossilifère. La microfaune nous a cependant donné *Flabellina rugosa* d'Orb., *Globorotalia velascoensis* Cush., *Eponides Trümpyi* Nuttal, etc... Cette association indiquerait l'Éocène très inférieur avec passage au Crétacé supérieur (Dano-Montien)[1].

L'Éocène inférieur n'a été identifié nulle part ailleurs dans notre région d'étude.

Lutétien. Il apparaît après une discordance semblant générale dans cette région du Prérif.

Nous en donnerons la coupe suivante prise au Nord de Moulay Yacoub où il est le plus complet :

1. Marnes siliceuses blanches ou verdâtres peu fossilifères; la microfaune comprend *Eponides Trümpyi* Nuttal, *Globigerina topilensis* Cush., *Globorotalia velascoensis* Cush., etc...

2. Marnes et marno-calcaires blancs à rares bancs de grès rosâtres zoogènes. Ce niveau est très fossilifère. Il contient une faune de Nummulites associée aux formes citées précédemment. M. J. Flandrin, qui a bien voulu l'examiner, y a reconnu :

Nummulites irregularis Deshayes.
Nummulites irregularis var. *Rollandi* Mun.-Ch.
Nummulites atacicus Leymerie.
Nummulites Gizehensis Forskal (taille petite ou moyenne).

Cette association est caractéristique du Lutétien inférieur.

3. Marnes blanches à silex noirs, grises en profondeur, très blanches en surface. Elles sont peu fossilifères. Leur microfaune est semblable à celle du niveau 1. Il semble que les niveaux 2 et 3 puissent passer latéralement de l'un à l'autre.

Nous n'avons pas, dans cette coupe, d'arguments démontrant l'existence du Lutétien supérieur; nous signalerons cependant au front de l'écaille n° 3 des klippes de marnes blanches souvent rubéfiées semblant, d'après leur faune, représenter un terme élevé du Lutétien ou peut-être même déjà le Bartonien.

Bartonien. La coupe du synclinal de Bel Aïnime (N. de Moulay Yacoub) montre une puissante série de marnes verdâtres et

1. V. Ostrowsky. Note préliminaire sur la répartition stratigraphique des petits Foraminifères dans le Nummulitique du Prérif. *B. S. G. F.* (5), t. VIII, 1938.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

de minces lits de grès sableux roux reposant sur les marnes à silex de la coupe précédente. L'apparition de *Globorotalia cocoensis* Cush. et la présence d'*Hantkenina alabamensis* Cush., de *Cibicides Grimsdalei* Nuttal démontreraient que cette série représente le Bartonien. Vers le haut, la série passe insensiblement à l'Oligocène inférieur.

Le Bartonien largement représenté dans le synclinal de Bel Aïnime n'a pu être identifié ailleurs avec certitude.

Oligocène. — Il existe sous deux faciès que nous considérons comme normalement superposés :

1. Faciès « flysch » représentant la base de l'Oligocène.
2. Faciès marneux blanc attribué à l'Oligocène supérieur (?)

Le premier est abondamment représenté dans l'écaille n° 1 (synclinal de Bel Aïnime, région nord du salifère de la Nzala des Oudayas). Nous l'avons également identifié au front de l'écaille n° 4 (Azibs Si Driss el Marnissi).

Le second a été reconnu dans toutes les écailles sauf dans l'Unité n° 2 (au moins dans notre secteur). Il est particulièrement abondant dans la zone de cassure se plaçant en avant de l'écaille n° 3 (Zaouiet Chehab).

Oligocène inférieur (faciès « *flysch* »). La coupe du synclinal de Bel Aïnime montre une alternance régulière de marnes vert-clair souvent gypseuses et de bancs épais de grès zoogènes glauconieux (parfois à *Cancellophycus*) succédant aux marnes et grès sableux attribués au Bartonien. La limite inférieure, essentiellement paléontologique, paraît correspondre à l'apparition des premiers bancs de grès puissants au sommet de la falaise sud de Bel Aïnime.

La microfaune des marnes montre la présence d'éléments abondants à l'Éocène tels que *Chilostomelloides eocenica* Cush., *Cibicides perlucida* Nuttal, etc..., associés à un *Eponides* nov. sp. qui dans le Prérif caractérise l'Oligocène [1]. La survivance des espèces éocènes indiquerait l'Oligocène inférieur.

M. J. Flandrin a reconnu dans la faune des grès ;

Nephrolepidina Tournoueri Lem. et R. Douv. — — var. *simplex* H. Douv. } très abondantes
Nephrolepidina cf. *marginata* Micht.
Eulepidina sp.

1. M. Rey. Distribution stratigraphique des *Hantkenina* dans le Nummulitique du Rharb. *B. S. G. F.* (5), t. VIII, 1938, p. 334.
V. Ostrowsky. *Op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Operculina complanata Defr. (abondantes).
— — var. *Heterostegina* Silvestri.
Heterostegina sp.
Amphistegina sp. (abondantes).

Oligocène supérieur. Nous lui attribuons des marnes blanches ou verdâtres à rares intercalations de marno-calcaires siliceux plus durs. Nous ne possédons qu'une coupe douteuse démontrant la superposition de ces marnes au faciès flysch cité précédemment (Si el Mahjoub 522.400-390.500), mais nous les rangeons cependant dans l'Oligocène sup. par comparaison avec des faciès semblables étudiés plus à l'Est et en raison de leur microfaune où les éléments de l'Éocène ont complètement disparu.

Miocène. — Le passage de l'Oligocène au Miocène sous un faciès gréso-marneux, tel qu'il a été observé plus à l'Est (Oued Bertal) n'a pu être identifié ici.

Burdigalien. Nous décrirons successivement ses deux faciès:

1. *Faciès gréseux.* Nous avons signalé la présence de grès burdigaliens à Pectinidés et à Échinides (*Amussium* sp., *Clypeaster* sp., etc.) dans le complexe salifère. Ce faciès est semblable à celui des rides du Zerhoun décrit par M. F. Daguin [1]. Nous distinguons ces grès sur la carte dans la région du Mellah ben Zerzour où ils deviennent particulièrement importants au contact du Crétacé d'el Harra.

Ils sont également représentés sur le flanc nord d'Hajra el Baz. Ils recouvrent des grès blancs calciteux, non fossilifères, que nous assimilerons à la formation attribuée dans le massif du Zerhoun à l'Aquitanien marin [2]. Les deux niveaux semblent se succéder ici d'une façon continue et nous adopterons le terme d'Aquitano-Burdigalien pour désigner l'ensemble gréseux (l'échelle de la carte ne permet pas une subdivision plus détaillée).

2. *Faciès marneux.* A la suite des études paléontologiques réalisées par la S. C. P. et en grande partie inédites, le Burdigalien est connu sous un faciès marneux [3]. Ce faciès est repré-

1. F. Daguin. *Op. cit.*, pp. 313-320.

2. Cette attribution due aux travaux de M. F. Daguin dans le massif du Zerhoun (*Op. cit.* pp. 299-307) serait à étendre aux calcaires gréseux transgressifs (calc. nummulitiques « type Beni-Amar ») décrits par ce même auteur sous la formation aquitanienne. Il convient, d'ailleurs, de signaler que nous avons trouvé dans les couches de base de ces calcaires gréseux, aux environs de Talerhza, une faune qui, d'après M. le Professeur Roman, aurait un cachet burdigalien très net et qui pourrait ainsi nous amener à faire débuter le Burdigalien dès la base du calcaire gréseux.

3. J. Lacoste et M. Rey. *Op. cit.*

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

senté dans toutes les écailles, sauf dans l'écaille n° 2 où il est impossible de le distinguer de l'Helvétien.

Il comprend des marnes très blanches ou parfois grises, souvent peu différentes des marnes de Beni-Amar, mais s'en distinguant cependant par une microfaune où les derniers éléments nummulitiques s'associent à des espèces typiquement burdigaliennes ou burdigalo-helvétiennes.

Marnes de Beni-Amar (*Helvétien*). Elles sont largement représentées et succèdent normalement au Burdigalien marneux[1]. Elles sont en général beaucoup moins mollassiques que dans l'autochtone. Leur microfaune est sensiblement moins riche et souvent moins caractéristique. Elles présentent ici des intercalations de marno-calcaires durs, très blancs, non fossilifères, apparaissant sous forme de lentilles et formant des reliefs caractéristiques au milieu des molles ondulations marneuses.

La subdivision en marnes de Beni-Amar inférieures et supérieures ne peut être généralisée ici.

Vindobonien supérieur (*Tortonien*). Les marnes du Vindobonien supérieur occupent les vastes cuvettes synclinales de Sidi Chahed, de Sidi bou Knadel, des Ouled ben Yetto.

Elles se présentent avec les mêmes caractères lithologiques et paléontologiques que dans la région autochtone. Des grès roux, ferrugineux, très zoogènes, à stratification entrecroisée apparaissent au sommet de la série, dans le synclinal de Sidi Chahed. Ils sont identiques aux grès signalés au Dj. Guerzine.

Les marnes du Vindobonien supérieur semblent succéder sans interruption aux marnes de Beni-Amar, au moins dans la partie centrale des cuvettes synclinales. Sur les bords, elles peuvent devenir transgressives : ainsi au Nord des Azibs Si Driss el Marnissi, elles viennent raviner le Salifère de la base de l'écaille n° 4 et elles montrent dans un faciès nettement conglomératique (galets de marnes burdigaliennes, élément du salifère, etc.) des Foraminifères typiquement vindoboniens (*Marginulina* cf. *regularis* d'Orb., *Rotalia beccarii*, etc.) associés à d'autres formes plus anciennes visiblement remaniées (*Amphistegina* sp., *Cibicides* cf. *Deusseni* Weinzierl et Applin). La transgression paraît également très nette, malgré l'absence de niveaux conglomératiques de base, aux environs des Ouled Ziad où les marnes bleues viennent masquer le contact anormal se plaçant en avant de l'écaille n° 3.

1. Notons que nous avons trouvé ces marnes transgressives sur du Jurassique en une région du massif du Zerhoun (Dj. Tahiat à l'E du Dj. Kannoufa).

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Pliocène. — Nous n'avons pu le caractériser avec certitude dans la région étudiée.

Quaternaire. — L'oued Mikkès montre de belles terrasses, surtout dans le bassin de la Nzala des Oudayas et au confluent de l'oued Mellah Aïcha m'Goutaya. La carte au 1/50.000e donne une précision suffisante pour constater qu'elles représentent les niveaux 30, 50 et 100[1].

III. TECTONIQUE

Il convient de souligner le caractère *interprétatif* de nos coupes. Elles sont basées sur un fait précis : la coupe donnée par le sondage de Gueddara situé à l'intérieur de l'arc Tselfat-Zerhoun et au voisinage de la ride du Tselfat. Il peut paraître téméraire de généraliser ainsi les résultats d'une seule coupe profonde, mais la notion de décollements importants au niveau du Crétacé, déjà acquise à la suite de forages précédents[2] (el Hajer, Oulja), s'est trouvée encore confirmée par les levés géologiques de détail faisant ressortir de grandes lignes tectoniques concentriques situées d'ordinaire à la base du Crétacé marneux et qu'il est évidemment séduisant d'interpréter comme l'intersection d'une série de plans de chevauchement successifs avec la surface topographique.

Dans la plupart des cas, nous manquons encore de données précises sur la forme, l'inclinaison et la profondeur exactes de ces diverses surfaces de chevauchement, car si Gueddara a montré que le plan de décollement principal atteignait déjà une profondeur voisine de 1.900 m. à une distance de 6-7 km. du bord frontal de l'écaille, nous ne possédons pas actuellement de renseignements aussi précis, ni sur la profondeur de ce même plan à une plus grande distance à l'intérieur de la zone décollée ou dans les régions de Moulay Yacoub, Nzala des Oudayas, etc..., ni sur la situation en profondeur des plans de chevauchement plus internes. *Nos coupes resteront donc hypothétiques en ce qui concerne la représentation des grands accidents en profondeur : elles n'ont que la valeur d'un essai cherchant à ordonner dans le cadre des conceptions tectoniques actuelles, mais d'une façon aussi logique que possible, les nombreuses coupes de détail données par nos derniers levés.*

1. J. Dresch. Essai sur l'évolution du relief dans la région prérifaine. *Op. cit.*, pp. 126-135.
2. W. Bruderer. *Op. cit.* et nombreux rapports intérieurs de la S. C. P.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

La description méthodique de ces coupes et des divers dispositifs tectoniques qu'elles révèlent sortirait du cadre de cette note : nous en représentons les principaux aspects dans notre planche de coupes (cf. pl. L). On notera la forme en synclinaux aigus, très pincés, des petites écailles entraînées en avant des unités s'opposant aux larges ondulations qui affectent la masse principale des écailles.

Le dispositif anticlinal d'Hajra el Baz mérite une brève description, car il a fourni des arguments pour prouver l'existence d'une grande nappe superficielle (comme représentant une ride du substratum perçant la nappe) ou pour montrer au contraire que la notion de grands déplacements tangentiels devait être très limitée (l'anticlinal n'étant qu'une ride préformée évoluant comme un haut fond entre des faciès plus profonds et ayant, par la suite, « subi un serrage intense lors des mouvements post-miocènes qui ont aussi affecté les séries marneuses latérales [1] »). Nos levés de détail (cf. fig. 3 et 4) soulignent son allure d'anticlinal très disloqué, déversé vers le Sud-Ouest, montrant sur un noyau de Crétacé néritique, une couverture de grès aquitano-burdigaliens. Le Salifère et le Crétacé marneux sont visibles sous les éboulis, de part et d'autre de la ride. Nous considérons actuellement cet anticlinal (et Hafet el Hamra, son prolongement vers le N-W.) comme un lambeau du substratum autochtone, arraché par la nappe de décollement et entraîné dans le matériel plastique se trouvant à la base de l'Unité n° 3. L'écaille de Crétacé néritique signalé à El Harra, les grès miocènes notés à son voisinage ou dans d'autres affleurements de Salifère, une partie des calcaires jurassiques auraient une origine analogue.

Bien que l'interprétation des grands accidents de profondeur demeure assez hypothétique, il est très instructif d'étudier en détail le grand contact frontal pour essayer de déduire de sa forme générale l'allure probable des terrains autochtones chevauchés. C'est ainsi que la forme de ce contact traduit, à l'Ouest de l'oued Mikkès, la faible inclinaison du plan de chevauchement et, par suite, l'allure régulière et faiblement plongeante du flanc nord et nord-est de l'anticlinal du Zerhoun. Au Nord de Guerzine et de Moulay Yacoub, au contraire, le redressement général de tous les plans de chevauchement (pouvant même aboutir à leur renversement vers le N) indique la présence probable d'un obstacle important à plongement nord très accusé sous le Néogène du plateau de Saïs. Il est assez séduisant de voir dans cet obs-

1. J. Lacoste. *Op. cit.*, pp 564-568.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

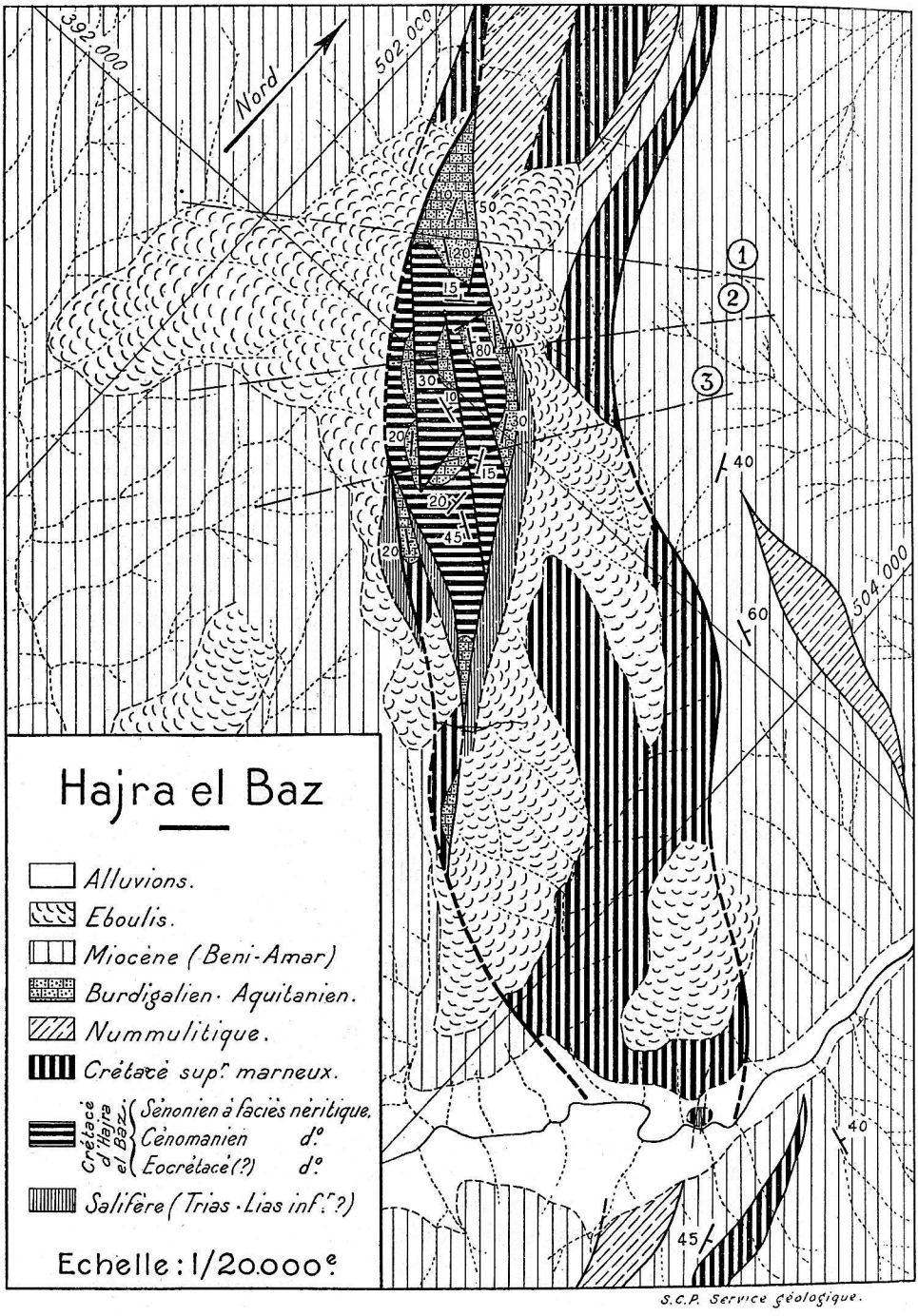


FIG. 3.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

tacle le bord septentrional, sans doute brusquement plongeant, du pays tabulaire atlasique [1] (cf. coupes pl. L). Par contrecoup,

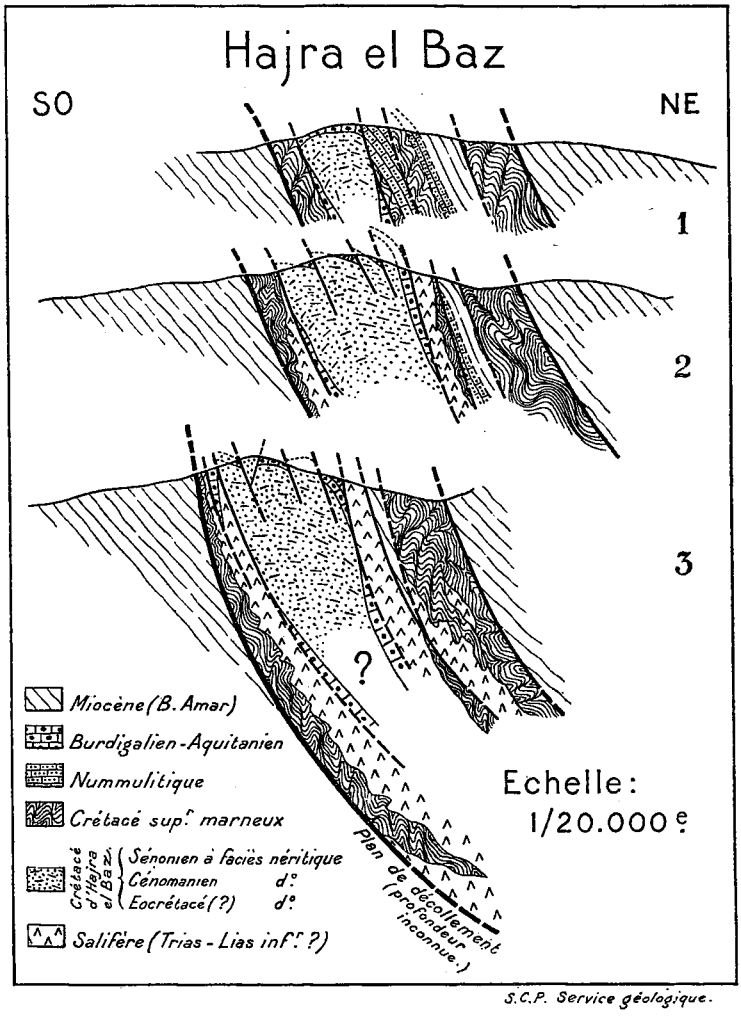


FIG. 4.

ce bord et sa couverture néogène ont également subi des déformations importantes sous l'action des multiples poussées exercées par les écailles dans leur mouvement vers le Sud et telle serait l'origine des accidents soulignés par nos levés (anticlinal

1. Le sondage du piton Bellot a montré la présence du Lias sous le Néogène du plateau. Cf. YOVANOVITCH. Deux profils de forages profonds dans le Prérif. *C. R. som. S. G. F.*, f. 8-9, 24 avril 1933, p. 95-96.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

faillé de Moulay Yacoub[1], failles dans le Miocène autochtone voisin du contact frontal, ondulations affectant la couverture néogène jusqu'aux calcaires du Saïs).

Les conceptions actuelles du Service géologique de la S. C. P. supposent un décollement important au niveau du Crétacé marneux. Ce décollement, rationnel du point de vue mécanique, se trouve également confirmé par nos levés : la série apparaît continue, du Crétacé au début du Miocène et, si elle présente quelques lacunes stratigraphiques, il n'est pas possible d'y déceler une coupure générale ayant pour cause un phénomène mécanique important. Au contraire, le Crétacé paraît toujours séparé tectoniquement des terrains sous-jacents. (Gueddara a montré la position anormale du Crétacé marneux sur le Miocène autochtone.) Sa nature très plastique[2] suffit à expliquer sa situation souvent aberrante « en avance tectonique » et la dysharmonie fréquente qu'on a pu noter entre ces niveaux marneux et les couches marno-calcaires éocènes les surmontant.

Son association très fréquente avec le Salifère pose un autre problème dont la solution est liée à la connaissance de l'origine exacte du complexe salifère. A la suite des minutieuses études de M. J. Lacoste sur la « Tectonique des terrains salifères[3] », il semble démontré que l'origine première des extrusions de Salifère doive être recherchée dans des fractures du socle et dans l'évolution en plis diapirs de la masse gypso-saline (et de son cortège de débris cristallins ou paléozoïques arrachés au socle, parfois de lambeaux empruntés à la couverture) dont l'ascension se trouve être ainsi amorcée. Il est alors logique d'admettre que ce complexe, éminemment plastique, s'est trouvé facilement entraîné par le matelas de marnes crétacées de la base de l'écaille et intimement incorporé à lui. Par la suite, ce Salifère, ainsi déplacé, a pu continuer à évoluer suivant sa tectonique propre ; aussi le montrons-nous dans nos coupes injecté dans les moindres fractures.

Nous n'avons pas encore de renseignements très exacts, au moins dans notre région d'étude, sur l'ampleur du chevauchement. Il semble, d'après les hypothèses formulées à la suite des

1. Cf. coupe n° 10 pl. L. La coupe de l'anticlinal de Moulay Yacoub est déduite des résultats donnés par les forages du Dj. Tratt (5 km. N-W de Fès) et du piton Bellot.

2. M. Didier et J. Lacoste. Relations entre les caractères colloïdaux de certaines marnes et leur comportement dans les sondages profonds et en tectonique. *C. R. som. S. G. F.*, f. 8, 2 mai 1938, pp. 137-139.

3. J. Lacoste. *Op. cit.*, pp. 577-617.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

résultats du sondage de Gueddara, que le déplacement tangentiel sur la transversale de ce forage ne puisse pas être inférieur à une vingtaine de kilomètres, mais en l'absence d'autres sondages dans des régions plus internes, il est prématuré de donner une valeur au déplacement maximum de la masse chevauchante.

Le déplacement relatif de chaque unité doit être également limité : l'absence de grandes variations dans la composition de chaque écaille et dans les faciès qui y sont liés est, en effet, un argument en faveur de déplacements relativement faibles ayant amené en contact des zones isopiques peu différenciées par suite de leur contiguïté au moment de leur genèse.

La question de l'enracinement des écailles n'est pas encore résolue et notre étude porte sur une région trop externe et trop peu étendue pour fournir des éléments nouveaux intéressant ce problème.

L'étude complète des diverses phases orogéniques ayant affecté cette région du Prérif est un problème extrêmement complexe par suite de la multiplicité de ces phases. Sans reprendre l'histoire détaillée des nombreux plissements anté-vindoboniens ayant laissé leur empreinte dans le matériel actuellement incorporé dans les écailles, nous ne retiendrons que le dernier et le plus important de ces mouvements, celui qui est responsable, au moins en grande partie, du chevauchement des Unités prérifaines. Le paroxysme de ce mouvement semble se placer dans notre région d'étude *juste avant le Vindobonien supérieur* : nous avons, en effet, noté que le Vindobonien supérieur pouvait être transgressif sur les contacts anormaux limitant les diverses écailles ; il paraît, d'ailleurs, présenter le même caractère en certains points de la région de Guerzine où il montre à sa base, au voisinage du contact frontal, des grès glauconieux et des conglomérats à éléments empruntés au Salifère (ex. en 512.500-386.900) ; nous ne l'avons, d'autre part, jamais trouvé incorporé aux accidents aigus caractérisant les mouvements tangentiels importants, mais au contraire, nous avons noté son allure tranquille.

Les levés du contact frontal montrent que la nappe de décollement vient reposer *sur le Vindobonien supérieur* dans la région de Guerzine-Moulay Yacoub. Ce fait semblerait en désaccord avec l'âge que nous attribuons aux mouvements principaux, si nous n'admettions l'existence de multiples rejeux ayant continué la phase orogénique majeure jusqu'à une époque récente. Ces rejeux seraient également la cause des déformations souvent importantes pouvant affecter le Vindobonien supérieur lui-même

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

ou des terrains aussi récents que les calcaires du Saïs (la bordure septentrionale de la formation lacustre accuse des pendages S souvent très redressés se renversant même vers le N et les calcaires décrivent un beau synclinal à flanc N-E très redressé dans la région du Dj. Aïcha m'Goutaya, à l'W de Guerzine).

Il est difficile de faire, dans ces plissements post-vindoboniens, la part exacte des mouvements dus seulement à la tectonique salifère. Cette tectonique particulière a cependant joué un rôle très important lors des phases posthumes signalées plus haut. Sa part doit être très grande dans la formation du synclinal du Dj. Aïcha m'Goutaya, mais elle devient particulièrement importante dans l'ennoyage de ce synclinal, vers le Nord-Ouest nous voyons à l'origine de cet ennoyage (cf. coupe n° 3 pl. L) un mouvement de bascule dû à la surchage apportée par une masse salifère s'extravasant vers le Sud et venant « baver » à l'intérieur du synclinal. De tels accidents ne doivent pas cependant représenter un style propre : il est plus en accord avec les faits d'y voir les manifestations des dernières phases de la tectonique d'ensemble localement exagérées par la nature même du complexe salifère.

EXPLICATION DES PLANCHES XLIX ET L

Planche XLIX

Carte géologique au 1/50.000e du Bord méridional des Unités prérifaines entre Hajra el Baz et Moulay Yacoub.

Planche L

Coupes interprétatives au 1/50.000e du Bord méridional des Unités prérifaines entre Hajra el Baz et Moulay Yacoub.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

RAPPORT DE LA COMMISSION DE COMPTABILITÉ

EXAMEN DES COMPTES DE 1938.

A. — BUDGET DE LA SOCIÉTÉ

Recettes.

Revenus. — Les revenus sont de 16.830,99 à peu près égaux à ceux de 1937 (16.451,18). Ces chiffres ne comprennent pas les revenus de l'immeuble Boiton que le Conseil a décidé de capitaliser pour faire face aux dépenses entraînées par la remise en état de la maison et par la dotation de la fondation créée l'année dernière en mémoire de notre confrère Boiton.

Cotisations. — Le nombre des membres de la Société, fin 1938, est de 911, contre 878 fin 1937 (a). La Société a malheureusement perdu, en 1938, 10 membres décédés ; 6 autres ont démissionné, mais 49 nouveaux membres se sont inscrits en 1938. Il est à souhaiter que l'effort de propagande s'accentue, de manière à accroître encore le nombre de membres.

Le nombre des membres à vie était de 111 fin 1937 (a) ; 2 sont décédés en 1938 et 3 nouveaux se sont inscrits : le nombre total fin 1938 est donc de 112.

Le nombre de membres perpétuels est sans changement : 67 (a).

La Société aurait dû recevoir, en 1938, 746 cotisations (b), soit la somme de 74.600 francs inscrite en recette aux cotisations.

Ce chiffre de 74.600 comprend donc non seulement les cotisations réellement encaissées, mais aussi celles qui sont encore dues pour l'exercice en revue (166 membres). **Il serait souhaitable que les sociétaires missent plus d'empressement à acquitter leurs cotisations.** Certaines de ces cotisations seront malheureusement irrécouvrables ;

a) Ces nombres doivent être pris en remplacement de ceux qui sont cités dans le rapport de l'année dernière et qui étaient légèrement erronés.

b) Au début de 1938, ce nombre était de 700, différence entre le nombre total (878) et la somme des membres à vie (111) et des membres perpétuels (67). Au cours de l'année 1938, 3 membres ont remplacé la cotisation annuelle par une cotisation à vie et 49 membres nouveaux se sont inscrits. Au début de 1939, le nombre de cotisations à recevoir n'est plus que de 732, par déduction des décès (8) des cotisants annuels et des démissionnaires (6) de 1938 ; il faut prévoir, en outre, la radiation d'une trentaine de membres pour non-paiement de cotisation.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

c'est, en partie, pour en tenir compte qu'un poste « créances douteuses » est inscrit aux dépenses.

Ventes et abonnements. — Les ventes et abonnements — en dehors de recettes exceptionnelles, non portées au budget ordinaire, mais que l'on retrouve dans la situation — ont atteint 71.578,20 contre 55.000 prévus au projet de budget. C'est là un résultat fort remarquable, mais dont il serait imprudent d'espérer le maintien dans l'avenir.

Contribution des auteurs. — La contribution des auteurs est de 63.089 fr. Elle avait été indiquée pour mémoire au projet de budget puisqu'elle trouve sa contrepartie dans les dépenses de publications. Il est regrettable que la Société soit obligée d'être aussi stricte sur ce point, mais l'équilibre de ses finances l'impose malheureusement.

D'autre part, afin d'assurer la trésorerie de la Société, la Commission insiste pour que, avant toute dépense correspondante, la Société soit couverte par des engagements des auteurs, qui devraient être fournis, au moins pour les sommes élevées, sous la forme de traites escomptables.

Subvention. — Grâce à des concours dévoués, la subvention a atteint 30.000 fr. environ, contre 10.000 au projet de budget. L'examen des comptes montre que cette subvention est absolument indispensable pour que le déficit ne devienne pas intolérable.

Recettes diverses. — Elles atteignent 1.782,13 en forte diminution sur 1937 (4.809,69) et sur le projet de budget (3.000).

Au *total* les recettes atteignent 257.880,02, l'accroissement étant dû, comme il vient d'être expliqué, au développement des ventes et à l'augmentation de la contribution des auteurs et de la subvention.

Dépenses.

Frais généraux. — Ils s'élèvent à 61.807,25, contre 52.312,40 en 1937 et 59.000 au projet de budget. Cet accroissement est inévitable ; il est dû en grande partie à l'élévation du loyer.

Publications. — Les publications atteignent le chiffre considérable de 194.803,15 contre 125.624,20 en 1937. Ainsi qu'il est facile de le voir, cette dépense est la plus importante de la Société. Il est donc utile de l'examiner de près.

Si l'on défalque la contribution des auteurs, elle est ramenée à 131.714,15 entièrement à la charge de la Société et se décomposant ainsi :

Compte rendu sommaire	24.200,65
Bulletin	72.896,20
Mémoires	31.759,30
Réunion extraordinaire	2.858
	131.714,15

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Ces chiffres montrent le poids considérable du Bulletin dans les finances de la Société et excuseront vis-à-vis de nos membres les mesures très strictes que le Conseil a été dans l'obligation de prendre. Il faut remarquer d'ailleurs que le Bulletin conserve toujours sa réelle importance, puisque celui de 1938 comportera 815 pages et 50 planches. Quant aux Mémoires, dont la diffusion est moins large, on comprendra également que le Conseil soit dans la nécessité de demander une contribution importante des auteurs, de manière à maintenir les dépenses dans des limites raisonnables.

Autres dépenses. — Les autres postes attirent peu d'observations : remises sur ventes (10.286), les achats à la Bibliographie (4.000) pour répondre aux échanges avec d'autres publications, les dépenses diverses (1.695,04), le poste : créances douteuses (6.000) introduit pour amortir des recettes irrecouvrables,

Au *total*, les dépenses se sont élevées à 278,591,44 contre 197,704,10 en 1937.

Les recettes s'élevant à.....	257.880,02
et les dépenses à.....	278.591.44
l'exercice se termine par un fort déficit de.....	20.711,42

qui n'est comblé à la situation que grâce à des recettes exceptionnelles, et qui doit retenir, par conséquent, une vigilante attention de la part du Conseil.

Situation.

Au *Crédit*, on attirera surtout l'attention sur des recettes exceptionnelles s'élevant à 41.712.60 dont 35.900 provenant de ventes de propagande à l'étranger qui ne se renouvelleront pas.

Les autres postes sont principalement des règlements des comptes des exercices antérieurs et ne doivent être mentionnés que pour souhaiter que l'apurement progressif des comptes permette d'éviter des modifications aussi notables après clôture des exercices.

Au total, grâce aux recettes exceptionnelles, le déficit du compte normal a pu être absorbé et l'actif disponible a légèrement augmenté de 3.964,49.

Projet de budget 1939.

Ce projet n'attire aucune remarque spéciale. On a essayé de tenir compte de l'expérience de 1938 pour fournir des prévisions qui ne s'écartent pas trop de la réalité. On arrive ainsi à un déficit de l'ordre de 30.000 fr., même en faisant état d'une subvention de 28.000 fr. que l'on peut espérer. Une prudence particulièrement grande s'impose donc au Conseil, s'il ne veut pas voir disparaître rapidement l'actif de la Société.

Aucune dépense exceptionnelle n'a été prévue. C'est pourquoi il n'a pas paru utile d'établir un projet de situation.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

B. — COMPTE BIBLIOGRAPHIE

Recettes. — Grâce à des concours empressés, la Bibliographie a pu disposer, en 1938, de subventions élevées qui lui permettent seules de ne pas accroître son déficit. Au total, les recettes s'élèvent ainsi à 41.641,15.

Dépenses. — Le dévouement du Secrétariat de la Bibliographie et les améliorations apportées dans l'impression ont permis de ne pas dépasser 40.610,20 pour les dépenses.

De cette manière, une légère somme de 1.030,95 vient en déduction du déficit antérieur qui est entièrement à la charge de la Société Géologique.

C. — COMPTE PRIX

Ce Compte n'appelle aucune observation particulière. Les recettes atteignant 5.118,82 et les dépenses 5.481,60 ; un léger déficit de 362,78 vient réduire les disponibilités du Compte.

CONCLUSIONS

Avec encore plus de gravité que les années précédentes, la Commission de Comptabilité croit devoir appeler l'attention du Conseil et des membres de la Société sur le déficit entraîné par l'énorme accroissement des frais de publication.

La Commission signale que, parmi les dépenses élevées de la Société, se trouvent les frais d'envoi des publications aux membres. Ces frais atteignent près de 12.000 francs, soit une partie très notable du déficit escompté. Elle suggère que les membres veuillent bien prendre cette dépense à leur charge.

Ce serait là un moyen de retarder le moment où se posera la question de l'augmentation de la cotisation, augmentation qu'il faudra évidemment envisager, la Société ne pouvant supporter indéfiniment des déficits de l'ordre indiqué.

L'examen de la Comptabilité a permis à la Commission de reconnaître qu'elle était régulière et toutes explications demandées ont été fournies.

La Commission propose donc d'approuver les comptes qui sont présentés et qui sont conformes aux livres.

Elle tient à féliciter M. F. Blondel pour la belle tenue de ses comptes et le remercie très vivement pour le dévouement avec lequel il a accepté la lourde charge de Trésorier.

Elle demande aussi d'exprimer notre gratitude à notre gérante, Mme Mémin, dont le dévouement permet seul de maintenir la marche de notre Société à son niveau élevé en dépit des difficultés multipliées de l'heure actuelle.

La Commission de Comptabilité.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

COMPTE SOCIÉTÉ

Opérations 1938

Recettes		Dépenses	
Revenus titres.....	16.830,99	Frais généraux.....	61.807,25
Cotisations	74.600,—	Publications :	
Ventes et abonnts :		C.R. somm.....	24.200,65
Abonnts Bulletin....	16.073,—	Bulletin.....	85.581,20
Souscriptions Mém..	22.360,—	Mémoires.....	82.163,30
Ventes.....	33.145,20	C.R. Réun. extr.....	2.858,—
Contrib. auteurs :		Réimpressions	—
Bulletins.....	12.685,—	Remises sur ventes...	10.286,—
Mémoires.....	50.404,—	Achats à Bibliogr....	4.000,—
Subventions	29.999,70	Dépenses diverses....	1.695,04
Recettes diverses	1.782,13	Créances douteuses...	6.000,—
	257.880,02		
Solde débit. exercice 1937.....	20.711,42		
	278.591,44		278.591,44

Situation fin 1938

Crédit		Débit	
Cotisations vie.....	6.000,—	Solde de l'exercice....	20.711,42
Recettes exception. :		Dépenses exception. :	
Ventes exception...	35.900,—	(publications, matériel).	19.500,—
Agio.	5.812,60	Règlem. comptes clos	
Règlem. comptes clos		Dimin. recettes ou	
Excéd. recettes ou		excéd. de dépenses.	14.452,93
dimin. de dépenses.	5.906,67	Comptes d'ordre :	
Plus-value valeurs :		Rec. 1938 acquises	
vendues ou remboursées.....	6.949,57	en 1937.....	1.940,—
Compte d'ordre.....	—		56.604,35
		Aug. actif dispon.....	3.964,49
	60.568,84		60.568,84

PROJET DE BUDGET 1939

Opérations

Recettes		Dépenses	
Revenus titres.....	16.000,—	Frais généraux.....	65.000,—
Cotisations.....	70.000,—	Publications	125.000,—
Ventes et abonnements.	60.000,—	C. R. som. 25.000,	—
Contributions auteurs.	—	Bulletins.. 70.000,	—
Subventions	28.000,—	Mémoires . 28.000,	—
Recettes diverses.....	1.000,—	C.R.R. ext. 2.000,	—
	175.000,—	Remises sur ventes...	6.000,—
		Achats à Bibliogr....	4.000,—
Déficit de l'exercice...	29.000,—	Dépenses diverses....	2.000,—
		Créances douteuses...	2.000,—
	204.000,—		204.000,—

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

COMPTE BIBLIOGRAPHIE

Opérations 1938.

Recettes		Dépenses	
Subventions.....	28.880,—	Secrétariat, t. IX.....	12.873,20
Souscriptions.....	5.392,15	Impression t. IX.....	26.427,90
Ventes.....	7.369,—	Ports et publicité.. ..	972,20
		Remises sur ventes...	336,90
			40.610,20
		Solde crédit. exercice.	1.030,95
	41.641,15		41.641,15

Situation fin 1938.

Crédit		Débit	
Solde crédit. exercice.	1.030,95	Diminution du déficit.	1.325,95
Règlem. comptes clos Diminution dépenses	295,—		
	1.325,95		1.325,95

COMPTE PRIX

Opérations 1938.

Recettes		Dépenses	
Revenus.....	5.118,82	Prix et médailles.....	625,90
	5.118,82	Subventions sur fondations.....	4.500,—
		Frais de banque.....	102,95
Solde débit. exercice.	362,78	Contrib. frais génér..	252,75
	5.481,60		5.481,60

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

TABLE

DES NOTES ET DES MÉMOIRES CONTENUS

DANS LE VOLUME VIII DU BULLETIN (1938)

Pages

A. Chavan. — Un groupe africain des Carditidés *Cossmannella* Mayer-Eymar (*2 fig.*) 3

E. Raguin. — Contribution à l'étude des gneiss des Pyrénées (*Pl. I, 1 fig.*). 11

L. Royer. — Les causes possibles de l'aspect bréchoïde de certaines roches 37

V. Maire. — Sur quelques espèces oxfordiennes rares ou nouvelles (*Pl. II et III*) 43

R. Abrard et *E. Aubert de La Rüe.* — Note sur les dépôts quaternaires et les récifs soulevés des Nouvelles-Hébrides 63

F.-M. Bergounioux. — *Archaeochelys Pougeti* nov. gen., nov. sp. Tortue fossile du Permien de l'Aveyron (*Pl. IV, 2 fig.*) 67

R. Lambert. — Échinides éocènes du Niger (*Pl. V et VI, fig. 1 à 3*) 77

R. Lambert. — Une nouvelle variété de l'*Heterodiadema libycum* Desor, du Cénomanien supérieur de Tamaïa (Niger) (*Pl. VI, fig. 9*) 87

P. Marie. — Sur quelques Foraminifères nouveaux ou peu connus du Crétacé du Bassin de Paris (*Pl. VII et VIII*) 91

C. Dechaseaux. — L'encéphale d'un Cheiroptère fossile (*Pl. IX*) 105

A. Michel-Lévy. — Observations sur les formations dinantiennes et leur substratum gneissique dans les monts du Beaujolais. Importance du métamorphisme par les granites post-viséens (*Pl. X et XI*) 111

B. Gèze. — Contribution à la connaissance des phosphorites du Quercy (*4 fig.*) 123

F. Blondel. — La répartition régionale des gisements minéraux (*1 fig.*) 147

André Vatan. — Étude pétrographique des sédiments arénacés du Crétacé inférieur dans le Bassin de Paris méridional (*2 fig., 3 tableaux*) 161

André Antonini. — Sur l'évolution et la classification des Hippurites de la Provence (*2 tableaux*) 171

Paul Jodot. — Recherches sur les Mollusques continentaux. 1° Un nouveau *Clavator* fossile dans les calcaires lacustres hammadiens des Confins algéro-marocains du Sud (*Pl. XII, fig. 1-7, 1 tableau*). 2° Présence d'une espèce de *Stenomelania* dans le calcaire lacustre ludien de Châtillon-sur-Loire (Loiret) (*Pl. XII, fig. 8*) 185

H. Parent. — L'Aalénien du Mont Matheron près Solliès-Ville (Var) (*1 coupe*) 195

Jean Goguel. — Le Caucase, d'après l'excursion du XVIIe Congrès géologique international (*3 fig.*) 199

H. Th. Tchirkova et *M. D. Zalessky.* — Sur deux nouveaux végétaux permiens (*2 fig.*) 207

René Van Aubel. — Contribution à l'étude géologique des Lamidats de Bibemi et de Boubandjidda (Cameroun septentrional) 211

Pierre Legoux. — La chaîne métamorphique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire (*1 fig.*) 225

J. Pfender. — Les Foraminifères du Valanginien provençal (*Pl. XIII, XIV, XV et XVI*) 231

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Pages

P. Fourmarier. — Sur l'âge relatif de quelques types de joints des terrains paléozoïques de la Belgique..... 243

Jean Goguel. — Glissements sous-marins dans le Crétacé inférieur (*Pl. XVII, 1 fig.*)..... 251

Louis Dangeard. — Contribution à l'étude géologique du Perche (*3 fig.*).. 257

M. M. Frollo. — Sur un nouveau genre de Codiacée du Jurassique supérieur des Carpates Orientales (*Pl. XVIII*)..... 269

J. Lambert. — Note sur quelques Échinides fossiles communiqués par MM. Dalloni et Schoeller (*Pl. XIX, 1 fig.*)..... 273

Gaston Astre. — Redressement et accélération consécutive de croissance chez un Hippurite (*6 fig.*)..... 287

Geneviève Delpey. — *Trajanella* Popovici-Hatzeg genre méditerranéen du Crétacé supérieur (*Pl. XX, 4 fig.*)..... 297

J. Lacoste et ***M. Rey.*** — Sur l'âge et la répartition de certains faciès du Miocène dans le Prérif (*Pl. XXI, XXIII et XXV, 1 annexe, 2 fig.*)..... 305

M. Rey. — Distribution stratigraphique des *Hantkenina* dans le Nummulitique du Rharb (Maroc) (*Pl. XXII, 5 fig., 3 tableaux*)..... 321

V. Ostrowsky. — Note préliminaire sur la répartition stratigraphique des petits Foraminifères dans le Nummulitique du Prérif (Maroc) (*Pl. XXIV, 2 coupes, 1 annexe*)..... 341

J. Goguel. — Remarques sur la tectonique du massif de Gigondas et des régions voisines (*3 fig.*)..... 355

E. Chaput et ***S. Gillet.*** — Les faunes de Mollusques des terrains à *Hipparion gracile* de Küçük Çekmece près Istanbul (Turquie) (*Pl. XXVI, XXVII, XXVIII et XXIX, 1 fig.*)..... 363

P. Urbain. — Variations magmatiques et minéralogiques dans le massif granitique de Cauterets (*Pl. XXX*)..... 389

J. Bourcart. — La marge continentale. Essai sur les régressions et transgressions marines (*16 fig.*)..... 393

M. Gignoux. — A la mémoire de Fernand Jacquet (1908-1937), *1 portrait*.. 475

G. Delpey. — Quelques Gastéropodes maestrichtiens de Turquie (*13 fig.*)... 485

L. Barrabé — Sur l'interprétation tectonique du Sud du Chaînon de Saint-Chinian (Hérault) (*4 fig.*)..... 493

G. Delpey. — Affinités du genre *Calliomphalus* Cossmann (*7 fig.*)..... 505

P. Butel. — La carrière de Coubaron près Velluire. Considérations sur le Callovien de la Vendée..... 511

J. Viret et ***R. Balland.*** — Un gisement de Mammifères quaternaires à Bruges (Gironde), (*1 fig.*)..... 517

Cel Ch. Gérard et ***G. Gardet.*** — L'Hettangien et le Sinémurien inférieur-moyen de Meurthe-et-Moselle (*Pl. XXXI, XXXII et XXXIII, 4 fig.*)..... 529

G. Lecointre et ***A. Carpentier.*** — Sur des empreintes de *Frenelopsis* du Cénomanien provenant du forage de Monts-sur-Guesnes (Vienne) (*Pl. XXXIV, 1 fig.*)..... 583

A. Carpentier et ***G. Lucas.*** — Sur un gisement de plantes du Jurassique supérieur, situé près de Ghar Rouban (Frontière algéro-marocaine) (*Pl. XXXV et XXXVI*)..... 587

G. Delépine. — Corrélations entre le Carbonifère moyen de la Russie et celui de l'Europe occidentale (*1 tableau*)..... 593

L. Glangeaud. — Transport et sédimentation dans l'Estuaire et à l'embouchure de la Gironde. Caractères pétrographiques des formations fluviatiles, saumâtres, littorales et néritiques (*8 fig.*)..... 599

A. Bigot. — Sauroptérygiens du Jurassique du Calvados (*Pl. XXXVII-XXXVII bis, 1 fig.*)..... 631

H. Parent et ***J. Germain.*** — Gisement bathonien de Saint-Martin-des-Palières (Var)..... 639

H. de Cizancourt. — Remarques sur le genre *Orbitocyclina* Vaughan (*Pl. XXXVIII, 2 fig.*)..... 645

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Pages

P. Russo. — Observations nouvelles sur les rapports entre l'aire tectonique du Rif et celle du Moyen Atlas au Maroc Oriental (*1 fig.*)..... 653

R. Perrin et ***M. Roubault.*** — Observations sur les filonnets du magmatic stopping de Saint-Jean-du-Doigt (Bretagne) (*Pl. XXXIX et XL*)..... 665

M.Lelubre. — Contribution à l'étude du granite de Primel (Finistère) (*Pl. XLI, 5 fig.*)..... 673

J. Cottreau. — Tétramérie incomplète chez un Clypéastre du Miocène de Syrie (*Pl. XLII*)..... 689

Ph. Bourquin. — Contribution à l'étude géologique de la rive gauche de la vallée du Doubs entre le cirque du Refrain et la Goule (*1 fig.*)..... 693

A. Robaux. — Les Marnes blanches aquitaniennes de Sanlucar de Barrameda (Prov. de Cadiz) (*Pl. XLIII*)..... 697

A. Cailleux. — Cailloux éoliens et solifluxion en France et en Europe septentrionale (*Pl. XLIV, 1 fig.*)..... 719

G. Astre. — Scalarité post-traumatique chez des Toucasies aptiennes de Tarragone (*4 fig.*)..... 731

L. W. Collet. — La Corse, Elbe et l'Apennin du point de vue tectonique (*Pl. XLV et XLVI, 6 fig.*)..... 737

J. Durand et ***E. Raguin.*** — Le gisement de Barytine de Pessens, près de Rodez (Aveyron) (*Pl. XLVII et XLVIII, 2 fig.*)..... 755

Marguerite Richard. — Une nouvelle forme de Tapiridé oligocène : *Tapirus* (*Protapirus*) *aginensis* nov. sp. (*1 fig.*)..... 765

R. Lévy. — Contribution à l'étude du bord méridional des unités prérifaines entre Hajra el Baz et Moulay Yacoub (*Pl. XLIX et L, 4 fig.*)..... 771

Rapport de la Commission de Comptabilité..... 796

Table du T. VIII.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

du Bulletin et du Compte Rendu sommaire

des séances de la Société Géologique de France.

5e série, tome VIII, année 1938

Les renvois aux pages du Bulletin *sont en chiffres* gras, *les chiffres ordinaires* maigres *se rapportent aux pages du Compte rendu sommaire.*

A

Aalénien. H. Parent, **195**.

Abrard (R.). Prés. d'ouvr., 48.

Abrard (R.) et E. Aubert de La Rüe. Note sur les dépôts quaternaires et les récifs soulevés des Nouvelles-Hébrides, 37, **63**.

Abrard (R.) et R. Laffitte. Sur l'âge sparnacien du Sable inférieur de Thionville-sur-Obton (Seine-et-Oise), 37.

Afrique. Voir *Algérie, Maroc, Niger, Nigeria.*

Afrique du Nord. L. Dollé, 76.

Afrique occidentale. P. Legoux, 296.

Agafonoff (V.). Prés. d'ouv., 61.

Agalède (R. Laffitte et H. —). Sur le calcaire pisolithique du Mont Aimé (Marne), 194 (Obs. de MM. P. Lemoine, J. Bourcart, P. Lamare, A. F. de Lapparent), 195-196.

Algérie. G. Bétier, 10. — P. Deleau, 11, 209. — N. Menchikoff, 47. — J. Flandrin, 84, 104. — C. Kilian, 104. — J. Savornin, 158. — A. Carpentier et G. Lucas, **587**.

Allègre (R.). Le Portlandien de Prades-le-Lez-Saint-Vincent-de-Barbeyrargues (Hérault), 117. — Sur la découverte d'un pointement basaltique au Nord de Prades-le-Lez (Hérault), 333.

Allocution. F. Blondel, 4, 173. — J. Piveteau, 7.

Alloiteau (J.). Polypiers récoltés par M. Sénesse dans le Santonien de la Jouane, cne de Sougraigne (Aude), 320.

Alpes. C. Pussenot, 19.

Ammonites. E. Basse, 319.

Andrew (G.) Prés. d'ouvr., 321.

Annélides. V. Maire, **43**.

Antonini (A.). Sur l'évolution et la classification des Hippurites de la Provence, 20, **171** (2 tableaux).

Apennin. L.-W. Collet, **737**.

Arambourg (C.). Prés. d'ouvr., 144.

Astre (G.). Redressement et accélération consécutive de croissance chez un Hippurite, 155, **287** (6 fig.). — Haches en pierre taillée ayant subi les actions éoliennes dans la plaine de Saint-Agne, près de Toulouse, 159. — Formations déposées par le vent contre le coteau Guilheméry-Montaudran à Toulouse, 200. — Scalarité post-traumatique chez des Toucasies aptiennes de Tarragone, 361, **731** (4 fig.).

Aubert-Couturier (M.). Nécrologie, 288.

Aubert de La Rüe (R. Abrard et E. —). Note sur les dépôts quaternaires et les récifs soulevés des Nouvelles-Hébrides, 37, **63**.

Avnimelech (M.). Prés. d'ouvr., 28, 321.

Aymé. Prés. d'ouvr., 98.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

B

Backlund (H. G.). Prés. d'ouvr., 305.

Balland (J. Viret et R. —). Un gisement de Mammifères quaternaires à Bruges (Gironde), 209, **517** (1 fig.).

Barbier (R.). Sur la présence de calcaires à Rosalines dans les écailles de Saint-Florent (Corse), 70. — Sur la zone du Pas du Roc dans le massif du Perron des Encombres, 279 (Obs. de MM. Moret, 281, Flandrin, Gignoux, Schneegans, Buxtorf, Moret, Lombard, Lillie, Flandrin, 282, Glangeaud, Mengaud, Gignoux, 283).

Barbier (R.) et M. Lys. Note sur les petits Foraminifères du Campanien des Petites Pyrénées, 293.

Barrabé (L.). Sur la structure de l'extrémité méridionale du Chaînon de Saint-Chinian (Hérault), 14. — Sur l'interprétation tectonique du Sud du Chaînon de Saint-Chinian (Hérault). 190, **493** (4 fig.).

Bartonien. L. et J. Morellet, 68.

Basalte. Y. Boisse de Black, 82, 210.

Basse de Ménorval (E.). Sur quelques Mollusques crétacés des Corbières méridionales, 303. — A propos du type d'*Acanthoceras deverianum* d'Orb., 319.

Basse (L. R. Cox, Mmes de Cizancourt et Éliane —). Contribution à l'étude des faunes crétacées et tertiaires de l'Afghanistan, 59.

Basse (E.) et P. Sénesse. Sur quelques Invertébrés crétacés des Corbières méridionales, 361.

Bassin de Paris. J. Mercier, 95. — R. Laffitte et H. Agalède, 194. — A. Vatan, 290. — C.-P. Nicolesco, 310. — P. Jodot, 343. — G. Denizot, 361. — P. Marie, **91**. — A. Vatan, **161**.

Bélemnites. M. Déribéré, 44.

Belgique. P. Fourmarier, **243**.

Bellair (P.). Observations sur les dunes sahariennes, 331.

Bergouniqux (F.M.). *Archaeochelis Pougeli* nov. gen., nov. sp., tortue fossile du Permien de l'Aveyron, 40, **67** (Pl. IV, 1 fig.). — Crinoïdes du Dévonien de Sabero, 66.

Bétier (G.). Sur le faciès du Carbonifère du Djurdjura (Département d'Alger), 10. — Prés. d'ouvr., 98.

Bianchi (A.). Prés. d'ouvr., 126.

Bigorre (la). H. Hupé, 96.

Bigot (A.). Sauroptérygiens du Jurassique du Calvados, 206, **631** (Pl. XXXVII-XXXVII *bis*, 1 fig.). — Prés. d'ouvr., 367.

Bigot (A.), L. Dangeard et J. Onfray. L'axe de Senonches et la faille de Mortagne, dans l'Est du département de l'Orne, 328 (Obs. de M. Jodot), 329.

Blanchet (F.). Prés. d'ouvr., 28.

Blondel (F.). Allocution, 4, 173. — Répartition régionale des gisements minéraux d'origine magmatique, 81, **147** (1 fig.).

Boisse de Black (Y.). Deux points de sortie basaltique de la vallée de l'Epic (Cantal), 35. — Prés. d'ouvr., 62, 98. — Sur l'origine des coulées de basalte au NW du Cantal, 82. — Renseignements sur les phonolithes des sources de la Sumène, 210.

Boiton. Création d'un Fonds —, 33.

Bonte (A.). Sur la structure des environs de Châtillon-le-Duc (Doubs), 207. — Sur l'âge du « Corallien » des Ardennes, 301.

Bourcart (J.). Une coupe géologique de l'Oued Noun à l'Ouarkziz par Torkoz (Sahara marocain), 12. — Prés. d'ouvr., 50, 188. — La marge continentale. Essai sur les régressions et transgressions marines, 157, **393** (16 fig.). — Obs. à une comm. de MM. R. Laffitte et H. Agalède, 196. — Obs. à une comm. de M. Teilhard de Chardin, 327.

Bourquin (Ph.). Contribution à l'étude géologique de la rive gauche de la vallée du Doubs, entre le cirque du Refrain et la Goule, 345, **693** (2 fig.).

Brachiopodes. H. Termier, 108.

Brajnikov (Boris). Prés. d'ouvr., 170.

Briançonnais. C. Pussenot, 88, 161, 204. — M. Mainguy, 355.

Bruckner (W.). Prés. d'ouvr., 28.

Brunn (J.H.). Sur l'Oligocène du Pinde septentrional (Grèce), 186.

Bryozoaires. P.-A. Gillard, 153, 165, 314.

Burlot (E.). Prés. d'ouvr., 99.

Butel (P.). La carrière de Coubaron près Velluire. Considérations sur le Callovien de la Vendée, 209, **511**. — Quelques gisements liasiques proches du Bourg-d'Oisans, 279.

Buxtorf. Prés. d'ouvr., 250. — Obs. à une comm. de M. Barbier, 282.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

C

Cailleux (A.). La disposition individuelle des galets dans les formations détritiques, 44. — La forme des grains de quelques sables du Groenland, 121. — Cailloux éoliens et solifluxion en France et en Europe septentrionale, 290, **719** (Pl. XLIV, 1 fig.).

Cambrien. G. Choubert et L. Neltner, 139, 168.

Cameroun. R. van Aubel, **211**.

Carbonifère. G. Bétier, 10. — G. Delépine, **593**.

Carpates orientales. M.-M. Frollo, **269**.

Carpentier (G. Lecointre et A. —). Sur des empreintes de *Frenelopsis* du Cénomanien provenant du forage de Monts-sur-Guesnes (Vienne), 179, **583** (Pl. XXXIV, 1 fig.).

Carpentier (A.) et G. Lucas. Sur un gisement de plantes du Jurassique supérieur, situé près de Ghar Rouban (frontière algéro-marocaine), 206, **587** (Pl. XXXV et XXXVI).

Caster (G.). Prés. d'ouv., 155.

Caster (K.E.). Prés. d'ouv., 321.

Caucase. J. Goguel, **199**.

Caulerets. P. Urbain, **389**.

Cayeux (L.). Phosphates du Kourigha (Maroc), 65. — Prés. d'ouv., 348, 369.

Cha Kravarti (B.C.). Prés. d'ouv., 144.

Chaput (E.). Prés. d'ouv., 367.

Chaput (E.) et S. Gillet. Les faunes de Mollusques des terrains à *Hipparion gracile* de Küçük Çekmece près Istanbul (Turquie), 158, **363**, (Pl. XXVI, XXVII, XXVIII et XXIX, 1 fig.).

Chasseloup-Laubat (F. de). Prés. d'ouvr., 321.

Chavan (A.). Un groupe africain de Carditidés : *Cossmannella* Mayer-Eymar, 9, **2** (2 fig.). — Prés. d'ouv., 29, 437.

Chavan (A.) et R. Dupuis. Le Lutétien supérieur à l'Ouest de Septeuil (S.-et-Oise), 145.

Chavan (A.) et M. Fischer. Sur les variations de l'*Ancilla* (*Sparella*) *dubia* Desh. et sur quelques formes voisines, 352.

Chechovič (V.). La transgression burdigalienne dans la haute vallée de la Nitra en Slovaquie, 149.

Chéloniens. F.-M. Bergounioux, **67**.

Chételat (Enzo de). Prés. d'ouv., 370.

Chichery (J. Jung, M. — et O. Vachias). Contribution à l'étude stratigraphique, magmatique et tectonique de la Montagne bourbonnaise et du Forez (Obs. de MM. Raguin, Perrin et Demay), 54.

Chine. P. Teilhard de Chardin, 325.

Choubert (G.) et L. Neltner. Sur le Cambrien de l'Anti-Atlas occidental, 139. — Sur les niveaux inférieurs du Géorgien de l'Anti-Atlas occidental et sur la présence de mouvements algonkiens posthumes autour de la tache de Kerdous, 168.

Cizancourt (H. de). Remarques sur le genre *Orbitocyclina* Vaughan, 295, **645** (Pl. XXXVIII, 2 fig.).

Cizancourt (Mme de). Nummulites et Operculines nouvelles ou peu connues de l'Ile de la Barbade, Petites Antilles, 333.

Cizancourt (L. R. Cox, Mmes de — et Éliane Basse). Contribution à l'étude des faunes crétacées et tertiaires de l'Afghanistan, 59.

Collet (L.W.). La Corse, Elbe et l'Apennin, du point de vue tectonique, 351, **737** (Pl. XLV et XLVI, 6 fig.).

Corroy (G.). Le dôme du Brigou, au Sud-Ouest de la Sainte-Baume, 113.

Corroy (G.) et S. Fabre. A propos des calcaires à Alvéolines de Provence, 206.

Corse. R. Barbier, 70. — L.-W. Collet, **737**.

Côte d'Ivoire. P. Legoux, **225**.

Cottreau (J.). Tétramérie incomplète chez un Clypéastre du Miocène de Syrie, 331, **689** (Pl. XLII).

Cottreau (J.) et L. Dubertret. Les Échinides miocènes des régions d'Antioche et d'Alep (Syrie); leur signification stratigraphique, 57.

Couffon (O.). Nécrologie, 288.

Courrière (F.). Sur les calcaires cambriens et sur la minéralisation de la région de Salsigne (Aude), 166.

Cox L.R., Mmes de Cizancourt et Éliane Basse. Contribution à l'étude des faunes crétacées et tertiaires de l'Afghanistan, 59.

Crétacé. H. Parent, 25, 181. — J. Mercier, 95. — S. Fabre, 158. — J. Pfender, 184. — A.-F. de Lapparent, 288. — A.-P. Dutertre, 315. — A. Vatan, **161**. — J. Goguel, **251**.

Crinoïdes. F.-M. Bergounioux, 66.

Crustacés. V. van Straelen, 151.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Curry (D.). Prés. d'ouvr., 31.
Cuvillier (J.). Note sur *Palaeostoa Osiridis* Bell sp., 21. — Un nouveau gisement du Pliocène marin au Nord du Gebel Chelloul, 71. — Prés. d'ouvr., 77, 321.

D

Dale (T. Nelson). Nécrologie, 9.
Dalloni. Prés. d'ouvr., 98.
Dal Piaz (Gb.). Prés. d'ouvr., 125, 126, 155.
Dangeard (L.). Prés. d'ouvr., 61, 367. — Contribution à l'étude géologique du Perche, 145, **257** (3 fig.).
Dangeard (A. Bigot, L. — et J. Onfray). L'axe de Senonches et la faille de Mortagne, dans l'Est du département de l'Orne, 328 (Obs. de M. Jodot), 329.
Dasse (Abbé J.). Nécrologie, 288.
Davies (L.M.). Quelques résultats de travaux récents sur l'Éocène du Nord-Ouest de l'Inde, 22. — Prés. d'ouvr., 29, 30. — Quelques observations sur les derniers dépôts marins dans le Nord-Ouest de l'Inde, 294.
Dechaseaux (C.). L'encéphale d'un Chéiroptère fossile, 55, **105** (Pl. IX).
Deflandre (G.). Micropaléontologie des silex crétacés, 33.
Dehghan (H.). Observations nouvelles dans la région comprise entre le gave de Pau, la vallée de l'Adour et la route thermale de Barèges (Hautes-Pyrénées), 345.
Deleau (P.). Le Jurassique supérieur dans le Tell constantinois au Kef Sébargoud (Chaîne numidique), 11. — Prés. d'ouvr., 98, 365. — Présence du Jurassique supérieur à Constantine, 209.
Delépine (G.). Corrélations entre le Carbonifère moyen de l'Europe occidentale et celui de l'Europe orientale, 101, **593** (1 tableau). — Prés. d'ouvr., 126, 127. — Limite entre Ouralien et Artinskien, 190.
Delpey (G.). *Trajanella* Popovici-Hatzeg, genre méditerranéen du Crétacé supérieur, 155, **297** (Pl. XX, 4 fig.). — Quelques Gastéropodes maestrichtiens de Turquie, 181, **485** (13 fig.). — Affinités du genre *Calliomphalus* Cossmann, 194, **505** (7 fig.). — Prés. d'ouvr., 321.
Demay (A.). Indications complémentaires sur le granite, les microgranites et rhyolites dinantiens de Châteauneuf-les-Bains, 27, 65. — Note préliminaire sur les formations cristallophylliennes et cristallines de la feuille de Mauriac, 38. — Obs. à une comm. de MM. Jung, Chichery et Vachias, 55. — Obs. à une comm. de M. M. Roques, 68. — Obs. à une comm. de M. H. Schœller, 148.
Denaeyer (M.E.). Prés. d'ouvr., 347, 348.
Denizot (G.). L'âge du volcan de Bandol, et les conditions du volcanisme en Provence occidentale, 102. — Nouvelles observations sur la Crau, 312. — Le pertuis de Lamanon et les conditions du passage quaternaire de la Durance, 339. — La cuvette de Neuville (Indre-et-Loire) et l'extension des sables à chailles dans le Sud-Ouest du Bassin de Paris, 361.
Déribéré (M.). Applications géologiques de la notion du pH, 7. — Curieux phénomènes de luminescence dans des Bélemnites du Lias de Vendée, 44. — Prés. d'ouvr., 61, 144. — Observations sur le pH de quelques bauxites, 299.
Destombes (J.-P. et P.). Prés. d'ouvr., 144.
Dévonien. F.-M. Bergounioux, 66.
Didier (M.) et J. Lacoste. Relation entre les caractères colloïdaux de certaines marnes et leur comportement dans les sondages profonds et en tectonique, 137.
Dinosauriens. A.-F. de Lapparent, 288.
Dollé (L.). Rectification à propos des Phtanites à Radiolaires et Graptolites en Afrique du Nord, 76.
Doncieux (L.). Prés. d'ouv., 50, 60, 305.
Douvillé (H.). Notice nécrologique par Ch. Jacob, 179.
Dresch (J.). Prés. d'ouvr., 305.
Dreyfuss (M.). Quelques remarques sur la structure de la bordure occidentale du Jura aux environs de Saint-Amour, 179.
Dubar (G.). Lias et Jurassique de Tam-Kroucht (Moyen Atlas), 93.
Dubertret (L.). Prés. d'ouvr., 50, 51, 57.
Dubertret (J. Cottreau et L. —). Les Échinides miocènes des régions d'Antioche et d'Alep (Syrie) ; leur signification stratigraphique, 57.
Dubertret (J. Roger et L. —). Les Pectinidés néogènes des régions

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

d'Antioche et d'Alep (Syrie) ; leur signification stratigraphique, 73.
Dubois (G.). Prés. d'ouvr., 369.
Dubois (G.) et Mme Camille Dubois. Premiers examens polliniques de tourbes littorales du Sud-Ouest de la France, 317.
Dubois (G.), Mme Camille Dubois et E. Leroux. Alluvion tourbeuse bréchoïde à Cramoisy (Oise), 298.
Dupuis (A. Chavan et R. —). Le Lutétien supérieur à l'Ouest de Septeuil (Seine-et-Oise), 145.
Durand (J.) et E. Raguin. Sur des filons d'andésite au voisinage du granite de Foix (Ariège), 183 — Le gisement de barytine de Pessens, près de Rodez (Aveyron), 361, **755** (Pl. XLVII et XLVIII, 2 fig.).
Dutertre (A.P.). Sur l'Albien inférieur du Boulonnais, 315.

E

Échinodermes. J. Cottreau et L. Dubertret, 57 — R. Lambert, **77**, **87**. — J. Lambert, **273**. — J. Cottreau, **689**.
Égypte. J. Cuvillier, 21, 71.
Ehrmann. Prés. d'ouvr., 98.
Elbe. L. W. Collet, **737**.
Ellenberger (F.). Polis éoliens sur les rochers de grès de Fontainebleau, 135.
Espagne. — J. Royo y Gomez, 358. — A. Robaux, **697**. — G. Astre, **731**.

F

Fabre (S.). Les Poissons du Cénomanien de Cassis-sur-Mer (Bouches-du-Rhône), 158.
Fabre (G. Corroy et S. —). A propos des calcaires à Alvéolines de Provence, 206.
Fallot (P.). Prés. d'ouvr., 60. — Rapport sur l'attribution du prix Viquesnel à M. Louis Glangeaud, 176.
Famennien. H. Termier, 40.
Finaton (Ch.). Puits forés dans la région des Yvelines (coupes, analyses et observations), 320.
Fischer (A. Chavan et M. —). Sur les variations de l'*Ancilla (Sparella) dubia* Desh. et sur quelques formes voisines, 352.
Flandrin (J.). Prés. d'ouvr., 29, 98, 366. — Les terrains nummulitiques dans le massif du Chenoua et au Cap Tenès (département d'Alger), 84. — Le Lutétien à faciès gréseux de la région de Boghari (département d'Alger), 104. — Obs. à une comm. de M. Barbier, 282.
Foraminifères. H. Parent, 25, 181, 337. — R. Barbier, 70. — H. Vincienne, 119. — G. Corroy et S. Fabre, 206. — R. Barbier et M. Lys, 293. — P. Marie, 341, **91**. — G. Lucas, 353. — J. Pfender, **231**. — M. Rey, **321**. — V. Otrowsky, **341**. — H. de Cizancourt, **645**.
Fourmarier (P.). Sur l'âge relatif de quelques types de joints des terrains paléozoïques de la Belgique, 145, **243**.
Freire de Andrade (C.). Prés. d'ouvr., 320.
Frey (R.). Prés. d'ouvr., 30.
Frey (B. Yovanovitch et R. —). Sur l'existence et sur la signification des microgranites de Casablanca, 106.
Frollo (Mlle M. M.). Sur un nouveau genre de Codiacée du Jurassique supérieur des Carpates orientales, 147, **269** (Pl. XVIII).
Furon (R.). Prés. d'ouvr., 212. — Sur l'interprétation des grès et conglomérats situés entre le Précambrien et le Primaire de l'Ouest africain, 319.

G

Garde (G.). Les roches d'origine métamorphique de la région d'Aydat (Puy-de-Dôme), 106.
Gardet (Cel Ch. Gérard et G. —). L'Hettangien et le Sinémurien inférieur et moyen de Meurthe-et-Moselle, 158, **529** (Pl. XXXI, XXXII, XXXIII, 4 fig.).
Gastéropodes. J. Cuvillier, 21. — L. et J. Morellet, 68. — G. Delpey, **297**, **485**, **505**. — G. Astre, **731**.
Géologie générale. J. Bourcart, **393** (16 fig.).
Gérard (Ch.). Prés. d'ouvr., 305.
Gérard (Cel Ch.) et G. Gardet. L'Hettangien et le Sinémurien inférieur et moyen de Meurthe-et-Moselle, 158, **529** (Pl. XXXI, XXXII, XXXIII, 4 fig.).
Germain (H. Parent et J. —). Gisement bathonien de Saint-Martin-des-Palières (Var), 206, **639**.
Géze (B.). Contribution à la connaissance des phosphorites du Quercy, 68, **123** (4 fig.). — Prés. d'ouvr., 77.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Gignoux (M.). Prés. d'ouvr., 28, 29, 304, 305. — Notice nécrologique à la mémoire de Fernand Jacquet, 179, **475** (1 portrait). — Réunion extraord. dans les Alpes, 247-283. — Obs. à une comm. de M. Barbier, 282, 283.

Gignoux (M.), P. Lory et L. Moret. La Réunion de la Société géologique italienne à Padoue et dans le Trentin en 1937, 130.

Gillard (P.-A.). Sur les Bryozoaires helvétiens des faluns de la Vienne, 153. — Sur la présence de Bryozoaires dans le Bathonien de la Vienne, 165. — Note préliminaire sur les Bryozoaires jurassiques du Centre-Ouest, 314.

Gillet (S.). Le Pontien saumâtre aux environs d'Athènes, 44. — Sur la présence d'éléments caspiques dans la faune quaternaire de Corinthe, 163.

Gillet (E. Chaput et S. —). Les faunes de Mollusques des terrains à *Hipparion gracile* de Küçük Çekmece près Istanbul (Turquie), 158, **363** (Pl. XXVI, XXVII, XXVIII et XXIX, 1 fig.).

Gironde. L. Glangeaud, **590**.

Gisements minéraux. F. Blondel, **147**.

Glangeaud (L.). Prés. d'ouvr., 98, 212. — Remerciements pour l'attribution du prix Viquesnel, 178. — Transport et sédimentation dans l'Estuaire et à l'embouchure de la Gironde. Contribution à l'étude pétrographique des sédiments fluviatiles saumâtres et littoraux, 193, **599** (8 fig.). — Prés. d'ouvr., 211. — Obs. à une comm. de M. Barbier, 283. — Obs. à une comm. de M. P. Teilhard de Chardin, 327. — Obs. à une comm. de MM. Jung, Raguin et Roques, 352.

Gneiss. E. Raguin, **11**.

Goguel (J.). Le Caucase, d'après l'excursion du XVIIe Congrès géologique international, 133, **199** (3 fig.). — Glissements sous-marins dans le Crétacé inférieur, 145, **251** (Pl. XVII, 1 fig.). — Remarques sur la tectonique du massif de Gigondas et des régions voisines, 157, **355** (3 fig.).

Goguel (Raguin et —). Découverte d'un gisement fossilifère à Prorel, 278.

Gonieau (J.). Prés. d'ouvr., 347, 348.

Gothlandien. G. Lucas, 16.

Granite. A. Demay, 27. — M Lelubre, 116, **673**. — J. Durand et E. Raguin, 183. — R. Perrin et M. Roubault, 191.

Granulométrie. A. Cailleux, 121.

Graptolites. L. Dollé, 76. — H. Schœller, 147.

Grèce. S. Gillet, 44, 163. — J. Petrochilos, 59. — J. H. Brunn, 186.

Groenland. A. Cailleux, 121.

Guillaume (L.). Observations sur la limite inférieure des Marnes à *Posidonomya alpina* entre Digne et Castellane, 198.

H

Hermann (F.). Prés. d'ouvr., 258.

Hippurites. A. Antonini, **171**. — G. Astre, **287**.

Hupé (P.). Quelques faits relatifs à la Géologie de la Bigorre, 96.

I

Ichthyosauriens. E. Oehmichen, 102.

Inde. L. M. Davies, 22, 294.

Indochine. E. Saurin, 42, 55.

Insectes. E. Piton, 300.

J

Jacob (Ch.). Notice nécrologique à la mémoire de Henri Douvillé, 179.

Jacquet (F.). Notice nécrologique par M. Gignoux, 179, **475** (1 portrait).

Jérémine (E.). Prés. d'ouvr., 188.

Jodot (P.). Recherches sur les Mollusques continentaux. 1° Un nouveau *Clavator* fossile dans les calcaires lacustres hammadiens des Confins algéro-marocains du Sud. (Pl. XII, fig. 1-7). 2° Présence d'une espèce de *Stenomelania* dans le calcaire lacustre ludien de Chatillon-sur-Loire (Loiret), 101, **185** (Pl. XII, fig. 8). — Obs. à une comm. de MM. A. Bigot, L. Dangeard et J. Onfray, 329. — Remarques sur les cailloutis à chailles roulées du Bassin de Paris méridional, 343.

Joleaud (L.). Prés. d'ouvr., 48. — Nécrologie, 129. — Atlas de Paléogéographie, 303.

Joly (H.). Prés. d'ouvr., 30, 31.

Jung (J.). Prés. d'ouvr., 170, 368.

Jung (J.), M. Chichery et O. Vachias. Contribution à l'étude stratigraphique, magmatique et tectonique de la Montagne Bourbonnaise et du Forez (Obs. de MM. Raguin, Perrin et Demay), 54.

Jung (J.), E. Raguin et M. Roques. Présentation d'une carte générale inédite du terrain cristallophyllien du

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Massif Central, 352 (Obs. de M. L. Glangeaud), 352.
Jura. H. Vincienne, 141. — M. Dreyfuss, 179. — Ph. Bourquin, **693**.
Jurassique. P. Deleau, 11, 209. — C. Pussenot, 19. — G. Dubar, 93. — P. A. Gillard, 165. — M. M. Frollo, **269**. — P. Butel, **511**. — A. Bigot, **631**. — H. Parent et J. Germain, **639**.

K

Keller (A.). Prés. d'ouvr., 50.
Kilian (C.). A propos de la carte géologique de l'Algérie au 500.000e, feuille Alger-Sud, 104. — Prés. d'ouvr., 321.

L

Lacoste (M. Didier et J. —). Relation entre les caractères colloïdaux de certaines marnes et leur comportement dans les sondages profonds et en tectonique, 137.
Lacoste (J.) et J. Marçais. Sur la nature et l'importance des chevauchements entre le Haut Ouergha et le Haut Leben (Nord Marocain), 111.
Lacoste (J.) et M. Rey. Sur l'âge et la répartition de certains faciès du Miocène dans le Prérif, **305** (Pl. XXI, XXIII et XXV, 1 annexe, 2 fig.).
Laffitte. Prés. d'ouvr., 98.
Laffitte (R. Abrard et R. —). Sur l'âge sparnacien du sable inférieur de Thionville-sur-Oboton (Seine-et-Oise), 37.
Laffitte (R.) et H. Agalède. Sur le calcaire pisolithique du Mont Aimé (Marne), 194 (Obs. de MM. P. Lemoine, J. Bourcart, P. Lamare, A. F. de Lapparent), 195-196.
Lamare (P.). Obs. à une comm. de MM. R. Laffitte et H. Agalède, 196.
Lambert (J.). Note sur quelques Échinides fossiles communiqués par MM. Dalloni et Schoeller, 155, **273** (Pl. XIX, 1 fig.).
Lambert (R.). Prés. d'ouvr., 29. — Échinides éocènes du Niger, 42, **77** (Pl. V et VI, 8 fig.). — Une nouvelle variété de l'*Heterodiadema libycum* Desor, du Cénomanien supérieur de Tamaia (Niger), 59, **87** (Pl. VI, 1 fig.). — Sur l'âge relatif des différents filons du massif cristallin de l'Aïr (colonie du Niger), 89.
Lamellibranches. J. Roger et L. Dubertret, 73. — J. Pfender, 184. — A. Chavan, **3**.
Langlois (X.). Prés. d'ouvr., 321.
Lapparent (A. F. de). Étude de Paléontologie stratigraphique sur les faunes continentales de Provence, 55. — Obs. à une comm. de MM. R. Laffitte et H. Agalède, 196. — Sur l'âge crétacé (danien) de tous les gisements à Dinosauriens du pied de la Montagne Noire, 288. — Prés. d'ouvr., 303. — Obs. à une comm. de M. P. Teilhard de Chardin, 327.
Launay (L. de). Nécrologie, 287.
Lecointre (G.) et A. Carpentier. Sur des empreintes de *Frenelopsis* du Cénomanien provenant du forage de Monts-sur-Guesnes (Vienne), 179, **583** (Pl. XXXIV, 1 fig.).
Legoux (P.). La chaîne métamorphique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire, 137, **225** (1 fig.). — Extension vers le Sud de la série inférieure plissée d'Afrique occidentale, 296.
Lelubre (M.). Note préliminaire sur le granite de Primel (Finistère), 116. — Contribution à l'étude du granite de Primel (Finistère), 315, **673** (Pl. XLI, 5 fig.).
Le Maître (Mlle D.). Sur quelques gisements fossilifères des calcaires dévoniens de Mechra ben Abbou (Maroc occidental), 363.
Lemoine (P.). Prés. d'ouvr., 48, 61. — Obs. à une comm. de MM. R. Laffitte et H. Agalède, 195.
Lemoine (Mme P.). Les Corallinacées du sondage des Abatilles près Arcachon, 123.
Leroux (G. Dubois, Mme C. Dubois et E. —). Alluvion tourbeuse bréchoïde à Cramoisy (Oise), 298.
Lévy (R.). Contribution à l'étude du bord méridional des unités préri-faines entre Hajra el Baz et Moulay Yacoub, 353, **771** (Pl. XLIX et L, 4 fig.).
Lias. E. Saurin, 42. — M. Déribéré, 44. — G. Dubar, 93. — C. Pussenot, 204. — Cel Ch. Gérard et G. Gardet, **529**.
Lillie. Obs. à une comm. de M. Barbier, 282.
Lombard (Augustin). Obs. à une comm. de M. Barbier, 282.
Lory (P.). La bordure externe des chaînes cristallines, 250.
Lory (M. Gignoux, P. — et L. Moret). La Réunion de la Société géologique italienne à Padoue et dans le Trentin en 1937, 130.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Lucas (G.). Existence de phtanites gothlandiens à Radiolaires près d'Oujda (Maroc oriental), 16. — Prés. d'ouvr., 29, 98. — Océanographie et évolution des fonds jurassiques à Alcyonaires (*Cancellophycus*) de la région de Ghar Rouban (Frontière algéro-marocaine), 196. — *Dictyoconus Cayeuxi* n. sp., Foraminifère de grande taille de l'Aalénien de l'Oranie occidentale, 353.

Lucas (A. Carpentier et G. —). Sur un gisement de plantes du Jurassique supérieur, situé près de Ghar Rouban (frontière algéro-marocaine), 206, **587** (Pl. XXXV et XXXVI).

Lutétien. J. Flandrin, 104. — A. Chavan et R. Dupuis, 145.

Lys (R. Barbier et M. —). Note sur les petits Foraminifères du Campanien des Petites Pyrénées, 293.

M

Macovei (G.). Prés. d'ouvr., 304.

Mainguy (M.). Observations sur le Permo-Trias de la Haute Ubaye, 355.

Maire (V.). Sur quelques espèces oxfordiennes rares ou nouvelles, 20, **43** (Pl. II et III).

Mammifères. C. Dechaseaux, **105**. — J. Viret et R. Balland, **517**. — M. Richard, **765**.

Marçais (J.). Sur l'âge et le style des plissements dans la partie orientale de la chaîne du Rif, 330.

Marçais (J. Lacoste et J. —). Sur la nature et l'importance des chevauchements entre le Haut Ouergha et le Haut Leben (Nord Marocain), 111.

Marie (P.). Sur quelques Foraminifères nouveaux ou peu connus du Crétacé du Bassin de Paris, 46, **91**, (Pl. VII et VIII). — Zones à Foraminifères de l'Aturien dans la Mésogée, 341.

Maroc. J. Bourcart, 12. — G. Lucas, 16. — H. Termier, 40, 74. — L. Cayeux, 65. — W. van Leckwyck et H. Termier, 86. — G. Dubar, 93. — B. Yovanovitch, 106, 335, 356. — J. Lacoste et J. Marçais, 111. — M. Didier et J. Lacoste, 137. — G. Choubert et L. Nelter, 139, 168. — J. Marçais, 330. — D. Le Maître, 363. — J. Lacoste et M. Rey, **305**. — M. Rey, **321**. — V. Ostrowsky, **341**. — P. Russo, **653**. — R. Lévy, **771**.

Martel (E.-A.). Nécrologie, 190.

Martin (R.). Prés. d'ouvr., 347.

Massif Central. M. Roques, 66. — J. Jung, E. Raguin et M. Roques, 352.

Mathieu (G.). Prés. d'ouvr., 49, 370. — Note de Géologie et de Géographie Physique sur la côte vendéenne entre la Pointe du Grouin-du-Cou et l'Anse de l'Aiguillon, 109.

Maury (E.). Sur la géologie du bassin du Beausset (Var), 150.

Mazenot (G.). Les *Palæhoplitidæ* tithoniques et berriasiens du Sud-Est de la France, 303.

Medeiros Gouvéa (A. de). Prés. d'ouvr., 30, 320.

Menchikoff (N.). Sur un niveau à nodules phosphatés viséens dans les Confins algéro-marocains du Sud, 47.

Mengaud (L.). Obs. à une comm. de M. Barbier, 283.

Mengel (O.). Essai sur la séismotectonique du Tricastin (Drôme), 23.

Mercier (J.). Microplancton du Crétacé supérieur de l'Ouest du bassin de Paris. Note préliminaire, 95. — Microorganismes du Bajocien et du Bathonien. Note préliminaire, 114. — Prés. d'ouvr., 127. — Nouvelles observations sur le microplancton du Dogger, 334.

Métallogénie. J. Durand et E. Raguin, **755**.

Métamorphisme. G. Garde, 106. — A. Michel-Lévy, **111**. — P. Legoux, **225**.

Meurthe-et-Moselle. Cᵉˡ Gérard, **529**.

Michel-Lévy (A.). Quelques observations sur les formations primaires et leur substratum gneissique dans les Monts du Beaujolais. Importance du métamorphisme par les granites postviséens, 55, **111** (Pl. X et XI). — Prés. d'ouvr., 98, 99.

Microgranites. B. Yovanovitch et R. Frey, 106.

Micropaléontologie. G. Deflandre, 33.

Miocène. J. Lacoste et M. Rey, **305**.

Mollusques. V. Maire, **43**. — P. Jodot, **185**. — E. Chaput et S. Gillet, **363**.

Montocchio (A. Chavan et R. —). Prés. d'ouvr., 29, 347.

Morellet (L. et J.). Le gisement bartonien à *Faunus rigidus* (Sol.) de Villeneuve-sur-Fère (Aisne), 68. — Existence d'un lambeau bartonien fossilifère à Barisseuse près de Saint-Vaast-les-Mello (Oise), 206.

Moret (L.). Prés. d'ouvr., 29, 304, 305. — Présentation d'un film de — sur la formation géologique des Alpes fran-

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

çaises, 189. — Réun. extraord. dans les Alpes, 247-283. — Obs. à une comm. de M. Barbier, 281-282.
Moret (M. Gignoux, P. Lory et L. —). La Réunion de la Société géologique italienne à Padoue et dans le Trentin en 1937, 130.
Mouret (G.). Prés. d'ouvr., 62.
Muraour (H.). Prés. d'ouvr., 99.

N

Nécrologie. T. Nelson Dale, 9. — L. Joleaud, 129. — L. de Launay, 287. — O. Couffon, J. Dasse, G. Stefanini, M. Aubert-Couturier, L. Troin, G. Urbain, 288. — A. Riche, Riencourt de Longpré, 351.
Neltner (G. Choubert et L. —). Sur le Cambrien de l'Anti-Atlas occidental, 139. — Sur les niveaux inférieurs du Géorgien de l'Anti-Atlas occidental et sur la présence de mouvements algonkiens posthumes autour de la tache de Kerdous, 168.
Němejc (F.). Prés. d'ouvr., 171.
Nicolesco (C. P.). Prés. d'ouvr., 77. — Note préliminaire sur l'altérabilité par dissolution des silex de la Craie, 133. — Limons des plateaux du Bassin de Paris, mode de formation, origine, 310.
Niger. R. Lambert, 89, **77**, **87**.
Nigeria. A. Chavan, **3**.
Niggli (P.). Prés. d'ouvr., 320.
Ninck (H.). Prés. d'ouvr., 31.
Notice nécroloqique. H. Douvillé, **179**. F. Jacquet, **475**.
Nouvelles-Hébrides. R. Abrard et E. Aubert de La Rüe, **63**.
Nummulitique. J. Flandrin, 84. — J.-H. Brunn, 186. — L. et J. Morellet, 206. — M. Rey, **321**. — V. Ostrowsky, **341**.

O

Océanographie. G. Lucas, 196.
Oemichen (E.). Appareil natatoire et hétérocerquie inverse des Ichtyosauriens, 102.
Onfray (A. Bigot, L. Dangeard et J. —). L'axe de Senonches et la faille de Mortagne, dans l'Est du département de l'Orne, 328. (Obs. de M. Jodot), 329.
Ostrowsky (V.). Note préliminaire sur la répartition stratigraphique des petits Foraminifères dans le Nummulitique du Prérif (Maroc), 25, **341** (Pl. XXIV, 2 coupes, 1 annexe).

P

Painvin (G. J.). Prés. d'ouvr., 155.
Paléobotanique. Mme Paul Lemoine, 123. — H. Th. Tchirkova et M. D. Zalessky, **207**. — M. M. Frollo, **269**. — G. Lecointre et A. Carpentier, **583**. — A. Carpentier et G. Lucas, **587**.
Paléozoïque. M. Thoral, 308. — P. Fourmarier, **243**.
Parent (H.). Sur l'âge des calcaires à Alvéolines de Sainte-Anne-d'Evenos et des grès du Val d'Aren (Var), 25. — Poudingues de la Ciotat fossilifères. Ile Verte (Baie de la Ciotat), 91. — L'Aalénien du Mont Matheron, près Solliès-Ville (Var), 125, **195** (1 coupe). — Sénonien inférieur à Alvéolines de la Barre des Aiguilles (Var), 181. — A propos d'une note sur la géologie du bassin du Beausset (Var), 205. — Différents niveaux à Alvéolines du bord méridional du Bassin du Beausset, 337.
Parent (H.) et J. Germain. Gisement bathonien de Saint-Martin-des-Palières (Var), 206, **639**.
Pecoil (R.). Prés. d'ouvr., 368.
Perche (le). L. Dangeard, **257**.
Perrin (R.). Obs. à une comm. de MM. J. Jung, M. Chichery et O. Vachias, 54.
Perrin (R.) et M. Roubault. Deux observations sur le lacis d'apparence filonienne dans les roches de contact du granite de Flamanville, 191. — Observations sur le réseau d'apparence filonienne du « Magmatic stopping » de Saint-Jean-du-Doigt (Finistère), 313, **665** (Pl. XXXIX et XL).
Petrochilos (J.). Découverte de l'*Elephas antiquus* dans l'île Cythère (au S. du Péloponèse) et âge de sa dernière séparation du Continent, 59.
Pétrographie. L. Royer, **37**. — A. Michel-Lévy, **111**. — A. Vatan, **161**. — R. Perrin et M. Roubault, **665**.
Pfender (J.). Les Foraminifères du Valanginien provençal : *Pseudocyclammina, Dictyoconus, Eorupertia*, 141, **231** (Pl. XIII, XIV, XV et XVI). — Présence du genre *Chondrodonta* Stanton dans le Cénomanien supérieur de la Provence, 184.
Phosphates. L. Cayeux, 65.
Phosphorites. B. Gèze, **123**.
Picard (L.). Prés. d'ouvr., 321.
Pinfold (E.S.). Prés. d'ouvr., 30.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Pisolithique. R. Laffitte et H. Agalède, 194.
Piveteau (J.). Allocution, 7.
Piton (E.). La faune entomologique éocène de Menat (Puy-de-Dôme), 300.
Piton (L.) et N. Théobald. Poissons, Crustacés et Insectes fossiles de l'Oligocène du Puy-de-Mur (Auvergne), 313.
Pliocène. J. Cuvillier, 71.
Poissons. S. Fabre, 158.
Portlandien. R. Allègre, 117.
Pottier (R.). Prés. d'ouvr., 321.
Primaire. R. Furon, 319.
Provence. A. Antonini, **171**. — J. Pfender, **231**.
Pussenot (C.). Les « oolithes » du Bathonien briançonnais, 19. — Remarques sur les massifs du Chaberton et de Rochebrune et leur prolongement (Briançonnais oriental), 88. — Sur les « Calcaires de Vallouise » et sur leurs similaires de la rive droite de la Selle, près Briançon, 161. — Sur la correspondance du Lias de la zone du Briançonnais avec celui de la zone des Schistes Lustrés, 204.
Pyrénées. E. Raguin, **11**.

Q

Quaternaire. G. Denizot, 339. — R. Abrard et E. Audert de La Rüe, **63**.

R

Raguin (E.). Contribution à l'étude des gneiss pyrénéens, 10, **11** (Pl. I, 1 fig.). — Obs. à une comm. de MM. J. Jung, M. Chichery et O. Vachias, 54. — Prés. d'ouvr., 62. — Sur l'existence de leptynites dans les Pyrénées, 323.
Raguin (J. Durand et E. —). Sur des filons d'andésite au voisinage du granite de Foix (Ariège), 183. — Le gisement de barytine de Pessens, près de Rodez (Aveyron), 361, **755**, (Pl. XLVII et XLVIII, 2 fig.).
Raguin et Goguel. Découverte d'un gisement fossilifère à Prorel, 278.
Raguin (J. Jung, E. — et M. Roques). Présentation d'une carte inédite du terrain cristallophyllien du Massif central, 352. — (Obs. de M. L. Glangeaud), 352.
Reptiles. A. Bigot, **631**.
Rey (M.). Distribution stratigraphique des *Hantkenina* dans le Nummulitique du Rharb (Maroc), 25, **321** (Pl. XXII, 5 fig., 3 tableaux).
Rey (J. Lacoste et M. —). Sur l'âge et la répartition de certains faciès du Miocène dans le Prérif, **305** (Pl. XXI, XXIII et XXV, 1 annexe, 2 fig.).
Richard (J.). Prés. d'ouvr., 368, 369.
Richard (M.). Une nouvelle forme de Tapiridé oligocène : *Tapirus* (*Protapirus*) *aginensis* nov. sp., 361, **765** (1 fig.).
Riche (A.). Nécrologie, 351.
Riencourt de Longpré. Nécrologie, 351.
Robaux (A.). Prés. d'ouvr., 31. — Les marnes blanches aquitaniennes de Sanlucar de Barrameda (Prov. de Cadiz), **697** (Pl. XLIII).
Roger (J.). Le genre *Chlamys* dans les formations néogènes de l'Europe. Conclusions générales sur la répartition géographique et stratigraphique des Pectinidés du Tertiaire récent, 303.
Roger (J.) et L. Dubertret. Les Pectinidés néogènes des régions d'Antioche et d'Alep (Syrie) ; leur signification stratigraphique, 73.
Roques (M.). Présentation d'une carte des terrains cristallins de la partie sud-ouest du Massif Central, 66 (Obs. de M. Demay) 68. — Prés. d'ouvr., 368.
Roques (J. Jung, E. Raguin et M. —). Présentation d'une carte générale inédite du terrain cristallophyllien du Massif Central, 352 (Obs. de M. L. Glangeaud), 352.
Roubault (R. Perrin et M. —). Deux observations sur le lacis d'apparence filonienne dans les roches de contact du granite de Flamanville, 191. Observations sur le réseau d'apparence filonienne du « Magmatic stopping » de Saint-Jean-du-Doigt (Finistère), 313, **665** (Pl. XXXIX et XL).
Rouyer (C.). Influences éoliennes sur la répartition des argiles à silex de l'Othe-Loess de Laroche-Migennes, 360.
Royer (L.). Les causes possibles de l'aspect bréchoïde de certaines roches, 24, **37**. — Prés. d'ouvr., 98.
Royo y Gomez (J.). Découverte d'un éléphant nain dans la province de Valence (Espagne) et considérations

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

sur la faune quaternaire de cette région, 358.
Russo (P.). Prés. d'ouvr., 170. — Observations nouvelles sur les rapports entre l'aire tectonique du Rif et celle du Moyen Atlas au Maroc oriental, 298, **653** (1 fig.).

S

Sahara. J. Bourcart, 12. — P. Bellair, 331.
Saint-Chinian (*Hérault*). L. Barrabé, 14, **493**.
Sainte Beaume (*la*). G. Corroy, 113.
Saurin (E.). Nouveaux gisements liasiques de l'Indochine du Sud, 42. — Sur l'existence de randanites près de la côte du Phu-Yen (Sud-Annam), 55.
Sauverlicq (J.). Prés. d'ouvr., 212.
Savornin (J.). Prés. d'ouvr., 98. — A propos de la carte géologique de l'Algérie au 50.000e, feuille Alger-Sud, 158.
Schneegans (D.). Obs. à une comm. de M. Barbier, 282. — Prés. d'ouvr., 368.
Schœller (H.). Sur la présence de Graptolithes dans les schistes métamorphiques du Massif des Maures, 147. (Obs. de M. Demay), 148. — Prés. d'ouvr., 188.
Schucht. Prés. d'ouvr., 125.
Sédimentation L. Glangeaud, **599**. — A. Cailleux, **719**.
Séismologie. O. Mengel, 23.
Sénesse (E. Basse et P. —). Sur quelques Invertébrés crétacés des Corbières méridionales, 361.
Service géologique du Portugal. Prés. d'ouvr., 320.
Slovaquie. V. Chechovič, 149.
Société chérifienne des Pétroles. Sur l'âge et la répartition de certains faciès du Miocène dans le Prérif, 24.
Soyer (R.). Prés. d'ouvr., 32, 61.
Sparnacien. R. Abrard et E. Aubert de La Rüe, 37.
Staub (Rudolf). Quelques remarques sur la région pennique frontale et l'origine des Nappes helvétiques, 202.
Stchepinsky (V.). Contribution à l'étude du Sahélien de Tunisie, 40.
Stefanini (G.). Nécrologie, 288.
Stiegelmann (J. J.) Prés. d'ouvr., 77.
Stratigraphie. R. Staub, 202.
Syrie. J. Cottreau et L. Dubertret, 57. — J. Roger et L. Dubertret, 73.

T

Talobre (J.). Prés. d'ouvr., 32.
Tanazacq (F.). Sur l'âge des couches anté-dévoniennes des massifs de Rocroi, 356.
Tchirkova (H. Th.) et M. D. Zalessky. Sur deux végétaux permiens nouveaux, 137, **207** (2 fig.).
Tectonique. J. Lacoste et J. Marçais, 111. — J. Marçais, 330. — B. Yovanovitch, 335. — J. Goguel, **355** — L. Barrabé, **493**. — P. Russo, **653**. — L. W. Collet, **737**, — R. Lévy **771**.
Teilhard de Chardin (P.). Le Villafranchien d'Asie et la question du Villafranchien, 325 (Obs. de MM. Bourcart, L. Glangeaud et A. F. de Lapparent), 327. — Prés. d'ouvr., 367.
Termier (H.). Nouveaux affleurements de Famennien dans le Maroc central, 40. — Note préliminaire sur la moitié Est de la feuille au 1/100.000e de Reggou (Maroc oriental), 74. — Sur l'existence des *Halorella* au Dévonien supérieur, 108.
Termier (W. Van Leckwyck et H. —). Observations géologiques sur la partie sud-ouest de la feuille « Taza » au 1/100.000e (Maroc oriental), 86.
Théobald (L. Piton et N. —). Poissons, Crustacés et Insectes fossiles de l'Oligocène du Puy-de-Mur (Auvergne), 313.
Thibault (J.). Prés. d'ouvr., 61.
Thoral (M.). Sur l'âge des formations paléozoïques des environs de Caunes-Minervois (Aude), 308.
Trassaert (M.). Prés. d'ouvr., 367.
Troin (L.). Nécrologie, 288.
Turquie. E. Chaput et S. Gillet, **363**. — G. Delpey, **485**.

U

Urbain (G.). Nécrologie, 288.
Urbain (P.). Variations magmatiques et minéralogiques dans le massif granitique de Cauterets, 157, **389** (Pl. XXX).

V

Vachias (J. Jung, M. Chichery et O. —). Contribution à l'étude stratigraphique, magmatique et tectonique de la Montagne Bourbonnaise et du Forez (Obs. de MM. Raguin, Perrin et Demay), 54.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

VAN AUBEL (R.). Contribution à l'étude géologique des Lamidats de Bibeni et de Boubandjidda (Cameroun septentrional), 137, **211**.

VAN LECKWYCK (W.) et H. TERMIER. Observations géologiques sur la partie sud-ouest de la feuille « Taza » au 1/100.000e (Maroc oriental), 86.

VAN STRAELEN (V.). La faune carcinologique du Crétacique des Corbières méridionales, 151.

VAN WINKLE PALMER (K.). Prés. d'ouvr., 155.

VATAN (A.). Étude pétrographique des sédiments arénacés du Crétacé inférieur dans le Bassin de Paris méridional, 76, **161** (2 fig., 3 tableaux). — Sur les formations continentales « sidérolithiques » semblant provenir de matériel marin, dans le Bassin de Paris méridional, 290.

VAUFREY (R.). Prés. d'ouvr., 77.

VAUTRIN (H.). Prés. d'ouvr., 50.

Villafranchien. P. TEILHARD DE CHARDIN, 325.

VINCIENNE (H.). Découverte de Foraminifères non remaniés dans le calcaire lacustre oligocène de Coligny (Ain), 119. — Aperçu structural sur la bordure occidentale du Jura aux environs de Coligny (Ain), 141.

VIRET (J.). Quelques rameaux d'Insectivores appartenant à la famille des Erinacéidés, 132.

VIRET (J.) et R. BALLAND. Un gisement de Mammifères quaternaires à Bruges (Gironde), 209, **517** (1 fig.).

Volcanisme. G. DENIZOT, 102.

W

WATERLOT (G.). Prés. d'ouvr., 61.

WEGMANN (C. E.). Prés. d'ouvr., 50, 143.

WEILL (H.). Prés. d'ouvr., 61.

WYART (J.). Prés. d'ouvr., 98.

Y

YOVANOVITCH (B.). Prés. d'ouvr., 144. — Sur l'existence de plissements calédoniens dans la Meseta Marocaine Occidentale, 335. — Sur l'aire d'extension probable du système calédonien marocain, 356.

YOVANOVITCH (B.) et R. FREY. Sur l'existence et sur la signification des microgranites de Casablanca, 106.

Z

ZALESSKY (H. Th. TCHIRKOVA et M. D. —). Sur deux végétaux permiens nouveaux, 137, **207** (2 fig.).

ZBYSZEWSKI (G.). Prés. d'ouvr., 30.

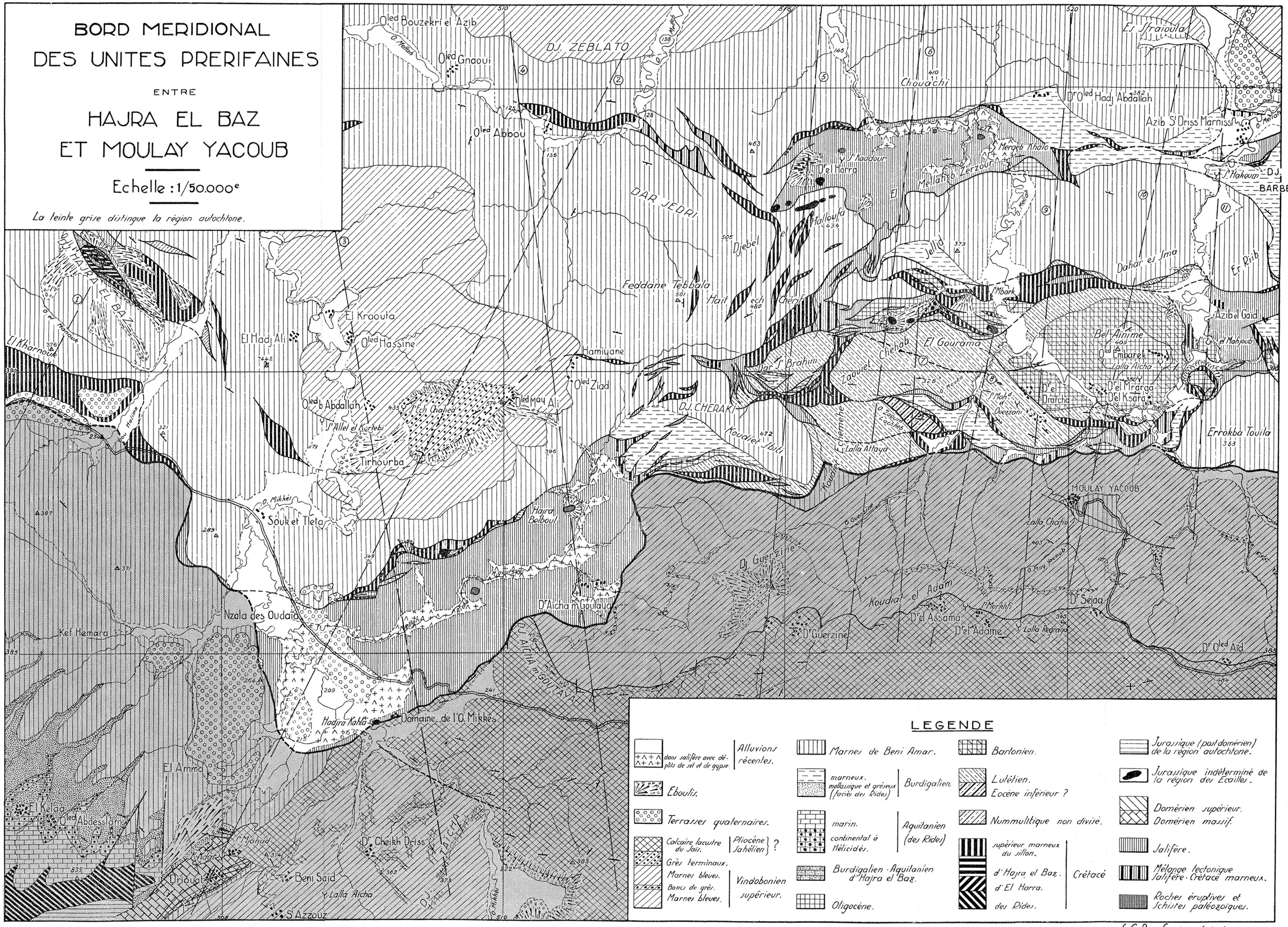
MACON, PROTAT FRÈRES, IMP. MCMXXXIX. *La gérante de la Soc. Géologique :* Mme L. MÉMIN.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BORD MERIDIONAL DES UNITES PRERIFAINES ENTRE HAJRA EL BAZ ET MOULAY YACOUB

Echelle : 1/50.000e

La teinte grise distingue la région autochtone.



LEGENDE

- Alluvions récentes.
  - dans salifère avec dépôts de sel et de gypse.
  - Eboulis.
  - Terrasses quaternaires.
- Pliocène Jahélien ?
  - Calcaire lacustre du Jais.
  - Grès terminaux.
- Vindobonien supérieur.
  - Marnes bleues.
  - Bancs de grès.
  - Marnes bleues.
- Marnes de Beni Amar.
- Burdigalien.
  - marneux, mollassique et gréseux (faciès des Rides)
- Aquitanien (des Rides)
  - marin.
  - continental à Hélicidés.
- Burdigalien-Aquitanien d'Hajra el Baz.
- Oligocène.
- Bartonien.
- Lutétien. Eocène inférieur ?
- Nummulitique non divisé.
- Crétacé
  - supérieur marneux du sillon.
  - d'Hajra el Baz.
  - d'El Harra.
  - des Rides.
- Jurassique (past domérien) de la région autochtone.
- Jurassique indéterminé de la région des Ecailles.
- Domérien supérieur. Domérien massif.
- Salifère.
- Mélange tectonique Salifère-Crétacé marneux.
- Roches éruptives et Schistes paléozoïques.

S.C.P. Service géologique.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

COUPES INTERPRETATIVES DU BORD MERIDIONAL DES UNITES PRERIFAINES (ENTRE HAJRA EL BAZ ET MOULAY YACOUB)

S.S.O. — O.el Hanouk — Hadjra el Baz (506) — N.N.E. (N. 31° E.) — 300m — ①

S.S.O. Coupe oblique à l'extrémité est du Dj. Nasrani. — ① O. Mellah Aïcha m' Goutaya — ② Sidi Chahed — ③ Ouled Abbou — ④ — Oued Mellah — N.N.E (N. 30° E) — 300m — ②

(N. 18° O) — Coupe normale à l'extrémité est du Djebel Nasrani.

S.S.E. — O. Mikkès — O. Mellah Aïcha m' Goutaya — O. Mikkès — N.N.O. (N. 11° O) — 300m — ③

S.S.E — Dj. Aïcha m' Goutaya — O Mellah Aïcha m' Goutaya — Hajra Belboul — Ouled Abbou — Oued Mellah — N.N.O. (N. 8° O) — 300m — ④

S.S.O. — Dj. Guerzine — Douar Guerzine — Koudiet Sbiti — Dahar Sᵗ Brahim — Mellah ben Zerzour — Douar el Harra — N.N.E. N. 6° E. — 300m — ⑤

S.S.O. — Koudiet Echemehe — ⑦ — Zaouiet Chehab — ③ — Mellah ben Zerzour — ④ — Chouachi — O. Mellah — N.N.E. N. 8° E. — 300m — ⑥

S.S.O. — El Gourama — 300m — N.N.E (N. 4° E.) — ⑦

S.S.O. — Douar el Assama — El Gourama — N.N.E. (N. 18° E.) — ⑧

S.S.O. — Sᵗ Mohᵈ el Ouezzani — Dʳ Drarcha — N.N.E (N. 6° E.) — 300m — ⑨

S.S.O. — Moulay Yacoub (Sources sulfureuses) — 545 — Bel Aïnime — O. Mellah — 409 — Dahar es Sma — N.N.E (N. 13° E.) — Es Sfraïoula — ⑩ — 300m

S.S.O. — ① — Oued Mellah — ③ — ④ — Errokba Touïla — Sidi Mahjoub — Er Riib — Sᵗ Hakoum — Azib Sᵗ Driss el Marnissi — N.N.E (N. 4° E) — 300m — ⑪

Légende

- —o—o—o— Surface de la formation lacustre.
- Formation lacustre du Saïs
- Grès terminaux. / Bancs de grès. / Marnes bleues. / Transgression. — Vindobonien supérieur.
- Marnes de Beni Amar.
- Marneux. / Grèseux et mollassique (Faciès des rides) — Burdigalien.
- Burdigalien. Aquitanien. (Hadjra el Baz)
- Aquitanien marin. (Faciès des rides)
- Oligocène. / Burtonien / Lutétien — Nummulitique
- Eocène inférieur? Dano-Montien.
- Crétacé supérieur marneux du sillon.
- Crétacé dᵉ Hadjra el Baz.
- Crétacé dᵉ El Harra.
- Jurassique indéterminé de la région des Ecailles
- Bajocien. / Aalénien. Toarcien. Domérien supérieur. / Domérien massif — Faciès des Rides.
- Salifère. (Trias. Lias inférieur).
- Roches éruptives et Schistes paléozoïques.

Echelle — 500m 400m 300m 200m 100m 0 — 0km5 — 1km — 2km — 3km — 4km — 5km

Les numéros repères des unités sont indiqués sur les coupes nº 2.6.11.

S.C.P. Service géologique.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5e Série, t. VIII. — 1938. — N° 1-2

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS SORBONNE

CINQUIÈME SÉRIE

TOME HUITIÈME

FASCICULE 1-2

LISTE DES MEMBRES

Feuilles 1-10 — Planches I-XI

19 figures dans le texte

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N° 173-72

Téléph. : DANTON 90-61

1938

PUBLICATION MENSUELLE

JUILLET 1938

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Etablissement d'Utilité Publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

EXTRAITS DU RÈGLEMENT

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs reçoivent 50 tirages à part de leurs communications insérées au *Bulletin* : ils peuvent en outre en faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat.

AVANTAGES ACCORDÉS AUX MEMBRES

Les membres de la Société reçoivent *gratuitement* les **Comptes rendus des séances et le Bulletin.**

Le service de la Bibliographie des Sciences géologiques n'est fait qu'aux membres qui envoient 20 fr. par an pour les frais de port et de manutention.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à *domicile* (cautionnement 100 fr.).

Ils peuvent *acheter* [1] à la Société : 1° avec une remise de 50 °/₀, les Comptes rendus et les Bulletins (200 fr. l'année), la Bibliographie (50 fr. l'année), les **Mémoires de Géologie** (par mémoire) ; 2° avec une rem. de 20 °/₀, les **Mémoires de Paléontologie** (par mémoires séparés), les **Mémoires** (nouvelle série) par souscription au volume (160 fr., étr. 180) ou par mémoires séparés.

La Société met également en vente les ouvrages de Fontannes et de Cossmann. Catalogue et prix sur demande.

1. La remise ne s'applique que pour un seul exemplaire. Elle ne s'applique pas aux séries complètes, mises en réserve, qui ne sont vendues qu'après décision spéciale du Conseil.

CONDITIONS D'ADMISSION

Être présenté à une séance de la Société par deux de ses membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante (art. 4 du Règlement).

A défaut de deux parrains, adresser au Secrétariat un exposé de titres et références.

Cotisation : 100 francs par an.
Membres à vie : 2.000 francs.
Membres à perpétuité : 5.000 fr.

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VIe.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXTRAITS DU RÈGLEMENT
ET DÉCISIONS CONCERNANT LE BULLETIN

Les notes destinées au *Bulletin* ne sont publiées qu'après leur examen par la Commission.

Les manuscrits doivent être déposés dans leur rédaction définitive, le jour même de la présentation.

Les figures destinées à être publiées dans le texte doivent être fournies prêtes au clichage et convenablement dessinées à l'encre de chine, sur papier Rives ou calque. La Société prend à sa charge le clichage, mais non le dessin. Toute figure imparfaitement dessinée sera renvoyée à l'auteur ou redessinée à ses frais. Les légendes doivent être répétées dans le texte à l'emplacement de la figure. Les maquettes des planches devront être à l'échelle définitive et les clichés destinés aux dites planches de bonne intensité.

La Société offre gratuitement 50 tirages à part des notes insérées dans le *Bulletin*. Les demandes de tirés à part supplémentaires doivent être faites de façon très apparente au commencement des manuscrits et renouvelées sur les épreuves. Les auteurs sont priés de spécifier s'ils désirent une couverture, imprimée ou non.

ART. 71. — L'ensemble des publications d'un membre, dans l'année, au *Compte Rendu sommaire* et au *Bulletin* ne pourra dépasser **une feuille (16 pages) et une planche**, ou **une feuille et quart (20 pages)**. Le Conseil peut, par décision spéciale (art. 35, paragraphe 1), autoriser la publication de notes dépassant ces limites ; tout auteur peut, en outre, être autorisé à publier des notes plus longues, s'il prend à ses frais les dépenses supplémentaires.

ART. 71 *bis*. — La Commission du Bulletin ne peut accepter pour une même année, aux frais de la Société, qu'un total de **30 feuilles (480 pages), et 20 planches ou leur équivalent en texte, à raison d'une feuille pour quatre planches.** Tout dépassement jugé utile par la Commission du Bulletin doit être approuvé par le Conseil.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

TABLE DES MATIÈRES (Tome VIII, Fascicule 1-2)

Pages

Liste des Membres.

A. Chavan. — Un groupe africain des Carditidés *Cossmannella* Mayer-Eymar (*2 fig.*) 3

E. Raguin. — Contribution à l'étude des gneiss des Pyrénées (*Pl. I, 1 fig.*). 11

L. Royer. — Les causes possibles de l'aspect bréchoïde de certaines roches 37

V. Maire. — Sur quelques espèces oxfordiennes rares ou nouvelles (*Pl. II et III*) 43

R. Abrard et *E. Aubert de La Rüe.* — Note sur les dépôts quaternaires et les récifs soulevés des Nouvelles-Hébrides 63

F.-M. Bergounioux. — *Archaeochelys Pougeti* nov. gen., nov. sp. Tortue fossile du Permien de l'Aveyron (*Pl. IV, 2 fig.*) 67

R. Lambert. — Échinides éocènes du Niger (*Pl. V et VI, 8 fig.*) 77

R. Lambert. — Une nouvelle variété de l'*Heterodiadema libycum* Desor, du Cénomanien supérieur de Tamaïa (Niger) (*Pl. VI, 1 fig.*) 87

P. Marie. — Sur quelques Foraminifères nouveaux ou peu connus du Crétacé du Bassin de Paris (*Pl. VII et VIII*) 91

C. Dechaseaux. — L'encéphale d'un Cheiroptère fossile (*Pl. IX*) 105

A. Michel-Lévy. — Observations sur les formations dinantiennes et leur substratum gneissique dans les monts du Beaujolais. Importance du métamorphisme par les granites post-viséens (*Pl. X et XI*) 111

B. Gèze. — Contribution à la connaissance des phosphorites du Quercy (*4 fig.*) 123

F. Blondel. — La répartition régionale des gisements minéraux (*1 fig.*) 147

MACON, PROTAT FRÈRES, IMP. MCMXXXVIII. *La gérante de la Soc. Géolog.* Mme L. Mémin.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5e Série, t. VIII. — 1938. — N° 3-4

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

CINQUIÈME SÉRIE

TOME HUITIÈME

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS SORBONNE

FASCICULE 3-4

Feuilles 11-19 — Planches XII-XX

24 figures dans le texte

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N° 173-72

Téléph. : DANTON 90-61

1938

PUBLICATION MENSUELLE

DÉCEMBRE 1938

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Etablissement d'Utilité Publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

EXTRAITS DU RÈGLEMENT

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs reçoivent 50 tirages à part de leurs communications insérées au *Bulletin* : ils peuvent en outre en faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat.

AVANTAGES ACCORDÉS AUX MEMBRES

Les membres de la Société reçoivent *gratuitement* les **Comptes rendus des séances et le Bulletin.**

Le service de la Bibliographie des Sciences géologiques n'est fait qu'aux membres qui envoient 20 fr. par an pour les frais de port et de manutention.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à *domicile* (cautionnement 100 fr.).

Ils peuvent *acheter* [1] à la Société : 1° avec une remise de 50 °/₀, les Comptes rendus et les Bulletins (200 fr. l'année), la Bibliographie (50 fr. l'année), les **Mémoires de Géologie** (par mémoire) ; 2° avec une rem. de 20 °/₀, les **Mémoires de Paléontologie** (par mémoires séparés), les **Mémoires** (nouvelle série) par souscription au volume (160 fr., étr. 200) ou par mémoires séparés.

La Société met également en vente les ouvrages de Fontannes et de Cossmann. Catalogue et prix sur demande.

1. La remise ne s'applique que pour un seul exemplaire. Elle ne s'applique pas aux séries complètes, mises en réserve, qui ne sont vendues qu'après décision spéciale du Conseil.

CONDITIONS D'ADMISSION

Être présenté à une séance de la Société par deux de ses membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante (art. 4 du Règlement).

A défaut de deux parrains, adresser au Secrétariat un exposé de titres et références.

Cotisation : 100 francs par an.
Membres à vie : 2.000 francs.
Membres à perpétuité : 5.000 fr.

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VI°.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

Publications de la Société Géologique de France

28, rue Serpente, Paris, VIe.

1° **Comptes Rendus** sommaires des Séances, **servis gratuitement, deux fois par mois, à tous les Membres de la Société**, et formant chaque année 1 vol. in-8° de 250 p. env. *Abonnement :* France 30 fr. Etranger 40 fr.

2° **Bulletin** périodique des travaux de la Société, **dont le service est fait gratuitement à tous les membres de la Société**, et formant, depuis l'origine de la Société, un volume annuel in-8° de 1000 pages environ avec nombreux dessins, phototypies, héliogravures, cartes en noir et en couleurs.

Abonnement, donnant droit en outre au Service du C. R. sommaire des Séances : France 160 fr. — Etranger 180 fr.

La Société Géologique de France met en vente une **collection complète** des **cent années** de son *Bulletin* (1830 à 1930) au prix net de **22.000** fr.

La Société met également en vente le t. IV de la 1re série du *Bulletin*, 1833-34 (reprod. *fac-simile*), au prix de 150 frs, remise 50 °/₀ pour les membres.

3° **Bibliographie des Sciences Géologiques, publication paraissant depuis 1923** (Service fait aux Membres qui envoient une somme annuelle de 20 fr.).
En librairie 100 fr. l'année.

4° **Réunions extraordinaires,** prix divers.

5° **Mémoires: Géologie,** 1833-1910 (En vente par Mémoire).

6° **Mémoires: Paléontologie,** 1890-1923 (En vente par Mémoire).

7° **Mémoires** *Nouvelle série* (1924), en souscription : France 180 fr. — Etranger 200 fr., en librairie le tome 225 fr. minimum.

8° **Varia :** D'Archiac, Histoire des Progrès de la Géologie (moins le tome I). Prix : 60 francs.

Fontannes, 40 brochures ou volumes. Prix divers.

Caméré, Carte géologique des environs de Nice, 1877. Prix : 10 fr.

Molengraaff Géologie du Transvaal, in-8° raisin, 80 p., 19 fig., 1 planche de coupes, 1 carte en 17 couleurs au 1/1500 000, 1901. Prix : 10 francs. — La carte seule. Prix : 5 francs.

Cossmann, *Rev. Crit. de Paléozoologie*, 1896-1924, et public. diverses. Catalogue et prix sur demande.

Adresser toute correspondance :

AU SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, rue Serpente, Paris, VIe.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

TABLE DES MATIÈRES (Tome VIII, Fascicule 3-4)

Pages

André Vatan. — Étude pétrographique des sédiments arénacés du Crétacé inférieur dans le Bassin de Paris méridional (*2 fig., 3 tableaux*)..... 161

André Antonini. — Sur l'évolution et la classification des Hippurites de la Provence (*2 tableaux*)..... 171

Paul Jodot. — Recherches sur les Mollusques continentaux. 1° Un nouveau *Clavator* fossile dans les calcaires lacustres hammadiens des Confins algéro-marocains du Sud (*Pl. XII, fig. 1-7, 1 tableau*). 2° Présence d'une espèce de *Stenomelania* dans le calcaire lacustre ludien de Châtillon-sur-Loire (Loiret) (*Pl. XII, fig. 8*)..... 185

H. Parent. — L'Aalénien du Mont Matheron près Solliès-Ville (Var) (*1 coupe*)..... 195

Jean Goguel. — Le Caucase, d'après l'excursion du XVIIe Congrès géologique international (*3 fig.*)..... 199

H. Th. Tchirkova et *M. D. Zalessky.* — Sur deux nouveaux végétaux permiens (*2 fig.*)..... 207

René Van Aubel. — Contribution à l'étude géologique des Lamidats de Bibemi et de Boubandjidda (Cameroun septentrional)..... 211

Pierre Legoux. — La chaîne métamorphique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire (*1 fig.*)..... 225

J. Pfender. — Les Foraminifères du Valanginien provençal (*Pl. XIII, XIV, XV et XVI*)..... 231

P. Fourmarier. — Sur l'âge relatif de quelques types de joints des terrains paléozoïques de la Belgique..... 243

Jean Goguel. — Glissements sous-marins dans le Crétacé inférieur (*Pl. XVII, 1 fig.*)..... 251

Louis Dangeard. — Contribution à l'étude géologique du Perche (*3 fig.*).. 257

M. M. Frollo. — Sur un nouveau genre de Codiacée du Jurassique supérieur des Carpates Orientales (*Pl. XVIII*)..... 269

J. Lambert. — Note sur quelques Échinides fossiles communiqués par MM. Dalloni et Schoeller (*Pl. XIX, 1 fig.*)..... 273

Gaston Astre. — Redressement et accélération consécutive de croissance chez un Hippurite (*6 fig.*)..... 287

Geneviève Delpey. — *Trajanella* Popovici-Hatzeg genre méditerranéen du Crétacé supérieur (*Pl. XX, 4 fig.*)..... 297

MACON, PROTAT FRÈRES, IMP. MCMXXXVIII. *La gérante de la Soc. Géolog.* Mme L. Mémin.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5e Série, t. VIII. — 1938. — Nos 5-6

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS SORBONNE

CINQUIÈME SÉRIE

TOME HUITIÈME

FASCICULE 5-6

Feuilles 20-33 — Planches XXI-XXX

57 figures dans le texte

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N° 173-72

Téléph. : DANTON 90-61

1938

PUBLICATION MENSUELLE

MARS 1939

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Etablissement d'Utilité Publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

EXTRAITS DU RÈGLEMENT

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs reçoivent 50 tirages à part de leurs communications insérées au *Bulletin* : ils peuvent en outre en faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat.

AVANTAGES ACCORDÉS AUX MEMBRES

Les membres de la Société reçoivent *gratuitement* les **Comptes rendus des séances et le Bulletin.**

Le service de la Bibliographie des Sciences géologiques n'est fait qu'aux membres qui envoient 20 fr. par an pour les frais de port et de manutention.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à *domicile* (cautionnement 100 fr.).

Ils peuvent *acheter* [1] à la Société : 1° avec une remise de 50 °/₀, les Comptes rendus et les Bulletins (200 fr. l'année), la Bibliographie (50 fr. l'année), les **Mémoires de Géologie** (par mémoire) ; 2° avec une rem. de 20 °/₀, les **Mémoires de Paléontologie** (par mémoires séparés), les **Mémoires** (nouvelle série) par souscription au volume (160 fr., étr. 200) ou par mémoires séparés.

La Société met également en vente les ouvrages de Fontannes et de Cossmann. Catalogue et prix sur demande.

1. La remise ne s'applique que pour un seul exemplaire. Elle ne s'applique pas aux séries complètes, mises en réserve, qui ne sont vendues qu'après décision spéciale du Conseil.

CONDITIONS D'ADMISSION

Être présenté à une séance de la Société par deux de ses membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante (art. 4 du Règlement).

A défaut de deux parrains, adresser au Secrétariat un exposé de titres et références.

Cotisation : 100 francs par an.
Membres à vie : 2.000 francs.
Membres à perpétuité : 5.000 fr.

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VIe.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXTRAITS DU RÈGLEMENT
ET DÉCISIONS CONCERNANT LE BULLETIN

Les notes destinées au *Bulletin* ne sont publiées qu'après leur examen par la Commission.

Les manuscrits doivent être déposés dans leur rédaction définitive, le jour même de la présentation.

Les figures destinées à être publiées dans le texte doivent être fournies prêtes au clichage et convenablement dessinées à l'encre de chine, sur papier Rives ou calque. La Société prend à sa charge le clichage, mais non le dessin. Toute figure imparfaitement dessinée sera renvoyée à l'auteur ou redessinée à ses frais. Les légendes doivent être répétées dans le texte à l'emplacement de la figure. Les maquettes des planches devront être à l'échelle définitive et les clichés destinés aux dites planches de bonne intensité.

La Société offre gratuitement 50 tirages à part des notes insérées dans le *Bulletin*. Les demandes de tirés à part supplémentaires doivent être faites de façon très apparente au commencement des manuscrits et renouvelées sur les épreuves. Les auteurs sont priés de spécifier s'ils désirent une couverture, imprimée ou non.

ART. 71. — L'ensemble des publications d'un membre, dans l'année, au *Compte Rendu sommaire* et au *Bulletin* ne pourra dépasser **une feuille (16 pages) et une planche**, ou **une feuille et quart (20 pages)**. Le Conseil peut, par décision spéciale (art. 35, paragraphe 1), autoriser la publication de notes dépassant ces limites ; tout auteur peut, en outre, être autorisé à publier des notes plus longues, s'il prend à ses frais les dépenses supplémentaires.

ART. 71 *bis*. — La Commission du Bulletin ne peut accepter pour une même année, aux frais de la Société, qu'un total de **30 feuilles (480 pages), et 20 planches ou leur équivalent en texte, à raison d'une feuille pour quatre planches.** Tout dépassement jugé utile par la Commission du Bulletin doit être approuvé par le Conseil.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

TABLE DES MATIÈRES (Tome VIII, Fascicule 5-6)

J. Lacoste et *M. Rey.* — Sur l'âge et la répartition de certains faciès du Miocène dans le Prérif (*Pl. XXI, XXIII et XXV, 1 annexe, 2 fig.*)..... 305

M. Rey. — Distribution stratigraphique des *Hantkenina* dans le Nummulitique du Rharb (Maroc) (*Pl. XXII, 5 fig., 3 tableaux*)..... 321

V. Ostrowsky. — Note préliminaire sur la répartition stratigraphique des petits Foraminifères dans le Nummulitique du Prérif (Maroc) (*Pl. XXIV, 2 coupes, 1 annexe.*)..... 341

J. Goguel. — Remarques sur la tectonique du massif de Gigondas et des régions voisines (*3 fig.*)..... 355

E. Chaput et *S. Gillet.* — Les faunes de Mollusques des terrains à *Hipparion gracile* de Küçük Çekmece près Istanbul (Turquie) (*Pl. XXVI, XXVII, XXVIII et XXIX, 1 fig.*)..... 363

P. Urbain. — Variations magmatiques et minéralogiques dans le massif granitique de Cauterets (*Pl. XXX*)..... 389

J. Bourcart. — La marge continentale. Essai sur les régressions et transgressions marines (*16 fig.*)..... 393

M. Gignoux. — A la mémoire de Fernand Jacquet (1908-1937), *1 portrait*.. 475

G. Delpey. — Quelques Gastéropodes maestrichtiens de Turquie (*13 fig.*)... 485

L. Barrabé — Sur l'interprétation tectonique du Sud du Chaînon de Saint-Chinian (Hérault) (*4 fig.*)..... 493

G. Delpey. — Affinités du genre *Calliomphalus* Cossmann (*7 fig.*)..... 505

P. Butel. — La carrière de Coubaron près Velluire. Considérations sur le Callovien de la Vendée..... 511

J. Viret et *R. Balland.* — Un gisement de Mammifères quaternaires à Bruges (Gironde), *1 fig*)..... 517

MACON, PROTAT FRÈRES, IMP. MCMXXXIX. *La gérante de la Soc. Géolog.* Mme L. Mémin.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5e Série, t. VIII. — 1938. — Nos 7-8

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS SORBONNE

CINQUIÈME SÉRIE

TOME HUITIÈME

FASCICULE 7-8

Feuilles 34-46 — Planches XXXI-XLIV

28 figures dans le texte

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N° 173-72

Téléph. : DANTON 90-61

1938

PUBLICATION MENSUELLE

JUIN 1939

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Etablissement d'Utilité Publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

EXTRAITS DU RÈGLEMENT

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs reçoivent 50 tirages à part de leurs communications insérées au *Bulletin* : ils peuvent en outre en faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat.

AVANTAGES ACCORDÉS AUX MEMBRES

Les membres de la Société reçoivent *gratuitement* les **Comptes rendus des séances et le Bulletin.**

Le service de la Bibliographie des Sciences géologiques n'est fait qu'aux membres qui envoient 20 fr. par an pour les frais de port et de manutention.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à *domicile* (cautionnement 100 fr.).

Ils peuvent *acheter* [1] à la Société : 1° avec une remise de 50 °/₀, les Comptes rendus et les Bulletins (200 fr. l'année), la Bibliographie (50 fr. l'année), les **Mémoires de Géologie** (par mémoire) ; 2° avec une rem. de 20 °/₀, les **Mémoires de Paléontologie** (par mémoires séparés), les **Mémoires** (nouvelle série) par souscription au volume (160 fr., étr. 200) ou par mémoires séparés.

La Société met également en vente les ouvrages de Fontannes et de Cossmann. Catalogue et prix sur demande.

1. La remise ne s'applique que pour un seul exemplaire. Elle ne s'applique pas aux séries complètes, mises en réserve, qui ne sont vendues qu'après décision spéciale du Conseil.

CONDITIONS D'ADMISSION

Être présenté à une séance de la Société par deux de ses membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante (art. 4 du Règlement).

A défaut de deux parrains, adresser au Secrétariat un exposé de titres et références.

Cotisation : 100 francs par an.
Membres à vie : 2.000 francs.
Membres à perpétuité : 5.000 fr.

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VIe.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

VIENT DE PARAITRE :

TABLE GÉNÉRALE

des TOMES I à XXX de la 4e série du BULLETIN

(1900-1930)

RÉDIGÉE PAR

C. P. Nicolesco

Dr ÈS SCIENCES

avec la collaboration de **Mme C. P. Nicolesco.**

Un volume in-8° raisin de 1021 pages.

Prix : 250 fr.

Prix pour les membres de la Société : **125** fr. ; franco, **135** fr.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

(Nouvelle Série)

Tome XVII

Souscription : France **180 fr.** ; Étranger **200 fr.**

1. — 39. — Mme DE CIZANCOURT et L. R. COX, *Contribution à l'étude des faunes tertiaires de l'Afghanistan* 5 pl., 44 p..... fr. 100

2-3. — 40. — J. ROGER, *Le genre* Chlamys *dans les formations néogènes de l'Europe. Conclusions générales sur la répartition géographique et stratigraphique des Pectinidés du Tertiaire récent,* 28 pl., 294 p..... fr. 250

Tome XVIII

Souscription : France **180 fr.** ; Étranger **200 fr.**

1-4. — 41. — G. MAZENOT, *Les* Palæhoplitidæ *tithoniques et Berriasiens du Sud-Est de la France.*, 40 pl. 303 p..... fr. 275

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

TABLE DES MATIÈRES (Tome VIII, Fascicule 7-8)

Pages

Cel Ch. Gérard et *G. Gardet.* — L'Hettangien et le Sinémurien inférieur-moyen de Meurthe-et-Moselle (*Pl. XXXI, XXXII et XXXIII, 4 fig.*)..... 529

G. Lecointre et *A. Carpentier.* — Sur des empreintes de *Frenelopsis* du Cénomanien provenant du forage de Monts-sur-Guesnes (Vienne) (*Pl. XXXIV, 1 fig.*)..... 583

A. Carpentier et *G. Lucas.* — Sur un gisement de plantes du Jurassique supérieur, situé près de Ghar Rouban (Frontière algéro-marocaine) (*Pl. XXXV et XXXVI*)..... 587

G. Delépine. — Corrélations entre le Carbonifère moyen de la Russie et celui de l'Europe occidentale (*1 tableau*)..... 593

L. Glangeaud. — Transport et sédimentation dans l'Estuaire et à l'embouchure de la Gironde. Caractères pétrographiques des formations fluviatiles, saumâtres, littorales et néritiques (*8 fig.*)..... 599

A. Bigot. — Sauroptérygiens du Jurassique du Calvados (*Pl. XXXVII-XXXVIII bis, 1 fig.*)..... 631

H. Parent et *J. Germain.* — Gisement bathonien de Saint-Martin-des-Pallières (Var)..... 639

H. de Cizancourt. — Remarques sur le genre *Orbitocyclina* Vaughan (*Pl. XXXVIII, 2 fig.*)..... 645

P. Russo. — Observations nouvelles sur les rapports entre l'aire tectonique du Rif et celle du Moyen Atlas au Maroc Oriental (*1 fig.*)..... 653

R. Perrin et *M. Roubault.* — Observations sur les filonnets du magmatic stopping de Saint-Jean-du-Doigt (Bretagne). (*Pl. XXXIX et XL*)..... 665

M. Lelubre. — Contribution à l'étude du granite de Primel (Finistère) (*Pl. XLI, 5 fig.*)..... 673

J. Cottreau. — Tétramérie incomplète chez un Clypéastre du Miocène de Syrie (*Pl. XLII*)..... 689

Ph. Bourquin. — Contribution à l'étude géologique de la rive gauche de la vallée du Doubs entre le cirque du Refrain et la Goule (*1 fig.*)..... 693

A. Robaux. — Les Marnes blanches aquitaniennes de Sanlucar de Barrameda (Prov. de Cadiz) (*Pl. XLIII*)..... 697

A. Cailleux. — Cailloux éoliens et solifluxion en France et en Europe septentrionale (*Pl. XLIV, 1 fig.*)..... 719

G. Astre. — Scalarité post-traumatique chez des Toucasies aptiennes de Tarragone (*4 fig.*)..... 731

MACON, PROTAT FRÈRES, IMP. MCMXXXIX. *La gérante de la Soc. Géolog.* Mme L. Mémin.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

5e Série, t. VIII. — 1938. — N° 9 et dernier.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU 3 AVRIL 1832.

CINQUIÈME SÉRIE

TOME HUITIÈME

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS SORBONNE

FASCICULE 9

Feuilles 47-51 — Planches XLV-L

13 figures dans le texte

Table du Bulletin

Table analytique du Bulletin et des Comptes rendus sommaires

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, rue Serpente, VI

COMPTE DE CHÈQUES POSTAUX PARIS, N° 173-72

Téléph. : DANTON 90-61

1938

PUBLICATION MENSUELLE

JUILLET 1939

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

FONDÉE LE 17 MARS 1830.

Etablissement d'Utilité Publique, reconnu par Ordonnance du 3 avril 1832.

EXTRAITS DU RÈGLEMENT

ART. 2. — L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

ART. 3. — Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. 42. — Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres.

ART. 46. — Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

ART. 48. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé.

ART. 55. — Tous les travaux destinés à l'impression doivent être inédits et avoir été présentés à une séance.

ART. 75. — Les auteurs reçoivent 50 tirages à part de leurs communications insérées au *Bulletin* : ils peuvent en outre en faire faire à leurs frais, en passant par l'intermédiaire du Secrétariat.

AVANTAGES ACCORDÉS AUX MEMBRES

Les membres de la Société reçoivent *gratuitement* les **Comptes rendus des séances et le Bulletin.**

Le service de la Bibliographie des Sciences géologiques n'est fait qu'aux membres qui envoient 20 fr. par an pour les frais de port et de manutention.

Les membres peuvent utiliser le prêt des livres à *domicile* (cautionnement 100 fr.).

Ils peuvent *acheter* [1] à la Société : 1° avec une remise de 50 °/₀, les Comptes rendus et les Bulletins (200 fr. l'année), la Bibliographie (50 fr. l'année), les **Mémoires de Géologie** (par mémoire) ; 2° avec une rem. de 20 °/₀, les **Mémoires de Paléontologie** (par mémoires séparés), les **Mémoires** (nouvelle série) par souscription au volume (160 fr., étr. 200) ou par mémoires séparés.

La Société met également en vente les ouvrages de Fontannes et de Cossmann. Catalogue et prix sur demande.

1. La remise ne s'applique que pour un seul exemplaire. Elle ne s'applique pas aux séries complètes, mises en réserve, qui ne sont vendues qu'après décision spéciale du Conseil.

CONDITIONS D'ADMISSION

Être présenté à une séance de la Société par deux de ses membres qui auront signé la présentation et avoir été proclamé dans la séance suivante (art. 4 du Règlement).

A défaut de deux parrains, adresser au Secrétariat un exposé de titres et références.

Cotisation : 100 francs par an.

Membres à vie : 2.000 francs.

Membres à perpétuité : 5.000 fr.

Pour tous renseignements, achats et abonnements, s'adresser impersonnellement au Secrétaire de la Société, 28, rue Serpente, Paris, VIe.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

EXTRAITS DU RÈGLEMENT
ET DÉCISIONS CONCERNANT LE BULLETIN

Les notes destinées au *Bulletin* ne sont publiées qu'après leur examen par la Commission.

Les manuscrits doivent être déposés dans leur rédaction définitive, le jour même de la présentation.

Les figures destinées à être publiées dans le texte doivent être fournies prêtes au clichage et convenablement dessinées à l'encre de chine, sur papier Rives ou calque. La Société prend à sa charge le clichage, mais non le dessin. Toute figure imparfaitement dessinée sera renvoyée à l'auteur ou redessinée à ses frais. Les légendes doivent être répétées dans le texte à l'emplacement de la figure. Les maquettes des planches devront être à l'échelle définitive et les clichés destinés aux dites planches de bonne intensité.

La Société offre gratuitement 50 tirages à part des notes insérées dans le *Bulletin*. Les demandes de tirés à part supplémentaires doivent être faites de façon très apparente au commencement des manuscrits et renouvelées sur les épreuves. Les auteurs sont priés de spécifier s'ils désirent une couverture, imprimée ou non.

ART. 71. — L'ensemble des publications d'un membre, dans l'année, au *Compte Rendu sommaire* et au *Bulletin* ne pourra dépasser **une feuille (16 pages) sans planche**, étant entendu que 4 pages peuvent être remplacées par 1 planche ;

Aucun dépassement ne pourra être admis, sauf s'il est payé par l'auteur.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

TABLE DES MATIÈRES (Tome VIII, Fascicule 9)

L. W. Collet. — La Corse, Elbe et l'Apennin du point de vue tectonique (*Pl. XLV et XLVI, 6 fig.*)..... 737

J. Durand et *E. Raguin.* — Le gisement de Barytine de Pessens, près de Rodez (Aveyron) (*Pl. XLVII et XLVIII, 2 fig.*)..... 755

Marguerite Richard. — Une nouvelle forme de Tapiridé oligocène : *Tapirus* (*Protapirus*) *aginensis* nov. sp. (*1 fig.*)..... 765

R. Lévy. — Contribution à l'étude du bord méridional des unités prérifaines entre Hajra el Baz (*Pl. XLIX et L, 4 fig.*)..... 771

Rapport de la Commission de Comptabilité..... 796

Table du T. VIII.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

(Nouvelle Série)

Tome XVII

1. — 39. — Mme de Cizancourt et L. R. Cox, *Contribution à l'étude des faunes tertiaires de l'Afghanistan*, 5 pl., 44 p.....fr. 100

2-3. — 40. — J. Roger, *Le genre* Chlamys *dans les formations néogènes de l'Europe. Conclusions générales sur la répartition géographique et stratigraphique des Pectinidés du Tertiaire récent* (suite du Mém. de Paléont. n° 26 et du Mém. N. S. N° 10), 28 pl., 294 p.....fr. 250

Tome XVIII

1-4. — 41. — G. Mazenot, *Les* Palæhoplitidæ *tithoniques et Berriasiens du Sud-Est de la France.*, 40 pl. 303 p.....fr. 275

MACON, PROTAT FRÈRES, IMP. MCMXXXIX. *La gérante de la Soc. Géolog.* Mme L. Mémin.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Première Série (1830-1843)

			Fr.
1830	I	244 p. Épuisé.	
1831-1332	II	480 p. 3 pl.....	Ép.
1832-1833	III	408 + 188 p.....	Ép.
1833-1834	IV	496 + 60 p.....	150
— —	V	518 p.....	Ep.
1834-1835	VI	408 + 92 p.....	Ep.
1835-1836	VII	400 p. 7 pl.....	Ep.
1836-1837	VIII	444 p. 9 pl.....	Ep.
1837-1838	IX	510 p. 9 pl.....	Ep.
1838-1839	X	520 p. 4 pl.....	150
1839-1840	XI	516 p. 5 pl.....	Ep.
1840-1841	XII	558 p. 12 pl.....	Ep.
1841-1842	XIII	600 p. 7 pl.....	Ep.
1842-1843	XIV	722 p. 12 pl.....	150

Table générale et analytique de la 1re Série, par M. L. Carez..... Fr. 15

Deuxième Série (1844-1872)

			Fr.
1843-1844	I	884 + 33 p. 12 pl..	Ép.
1844-1845	II	780 p. 20 pl.....	Ep.
1845-1846	III	830 p. 7 pl.....	Ep.
1846-1847	IV	1476 p. 10 pl.....	Ep.
1847-1848	V	676 p. 7 pl.....	Ep.
1848-1849	VI	748 p. 5 pl.....	180
1849-1850	VII	824 p. 11 pl.....	180
1850-1851	VIII	654 p. 10 pl.....	180
1851-1852	IX	644 p. 4 pl.....	180
1852-1853	X	646 p. 12 pl.....	180
1853-1854	XI	976 p. 11 pl.....	180
1354-1855	XII	1366 p. 35 pl.....	*
1855-1856	XIII	900 p. 16 pl.....	180
1856-1857	XIV	916 p. 15 pl.....	180
1857-1858	XV	818 p. 5 pl.....	180
1858-1859	XVI	1160 p. 20 pl.....	*
1859-1860	XVII	890 p. 11 pl.....	180
1860-1861	XVIII	840 p. 16 pl.....	*
1861-1862	XIX	1184 p. 23 pl.....	Ep.
1862-1863	XX	900 p. 12 pl.....	*
1863-1864	XXI	562 p. 7 pl.....	180
1864-1865	XXII	596 p. 6 pl.....	180
1865-1866	XXIII	874 p. 14 pl.....	180
1866-1867	XXIV	870 p. 11 pl.....	180
1867-1868	XXV	1020 p. 9 pl.....	180
1868-1869	XXVI	1196 p. 8 pl.....	180
1869-1870	XXVII	720 p. 14 pl.....	180
1870-1871	XXVIII	384 p. 2 pl.....	180
1871-1872	XXIX	764 p. 11 pl.....	180
Série complète.....			7.000

* Ne se vendent plus isolément.

Table des tomes I à XX, par M. E. Danglure..... Fr. 30
Table des tomes XXI à XXIX, par M. E. Danglure et M. Bioche..... Fr. 25

Troisième Série (1872-1900)

			Fr.
1872-1873	I	538 p. 11 pl.....	180
1873-1874	II	734 p. 20 pl.....	180
1874-1875	III	842 p. 18 pl.....	180
1875-1876	IV	792 p. 22 pl.....	180
1876-1877	V	898 p. 19 pl.....	180
1877-1878	VI	747 p. 15 pl.....	180
1878-1879	VII	966 p. 22 pl.....	180
1879-1880	VIII	722 p. 23 pl.....	180
1880-1881	IX	724 p. 17 pl.	ne se vend plus isolément
1881-1882	X	692 p. 16 pl.....	180
1882-1883	XI	760 p. 17 pl.....	180
1883-1884	XII	860 p. 30 pl.....	180
1884-1885	XIII	980 p. 21 pl.....	180
1885-1886	XIV	948 p. 37 pl.....	180
1886-1887	XV	944 p. 32 pl.....	180
1887-1888	XVI	1162 p. 38 pl.....	180
1888-1889	XVII	918 p. 27 pl.....	180
1889-1890	XVIII	984 p. 27 pl.....	180
1890-1891	XIX	150 + 1260 p. 29 pl.	200
1892	XX	193 + 568 p. 16 pl.	180
1893	XXI	148 + 708 p. 23 pl.	180
1894	XXII	191 + 752 p. 24 pl.	180
1895	XXIII	208 + 1034 p. 27 pl.	200
1896	XXIV	1228 p. 39 pl.....	200
1897	XXV	1084 p. 26 pl.....	200
1898	XXVI	936 p. 14 pl.....	200
1899	XXVII	824 p. 21 pl.....	200
1900	XXVIII	1048 p. 17 pl.....	200
La série complète.....			5.000

Table des tomes I à XX, par G. Malloizel et Emm. de Margerie..... Fr. 50
Table des tomes XXI à XXVIII, par H. Vincienne..... Fr. 80

Quatrième Série (1901-1930)

			Fr.
1901	I	860 p. 17 pl.....	200
1902	II	984 p. 59 pl.....	220
1903	III	1066 p. 28 pl.....	200
1904	IV	988 p. 25 pl.....	200
1905	V	952 p. 31 pl.....	210
1906	VI	884 p. 27 pl.....	200
1907	VII	688 p. 18 pl.....	200
1908	VIII	708 p. 13 pl.....	200
1909	IX	704 p. 18 pl.....	200
1910	X	992 p. 24 pl.....	200
1911	XI	200 + 552 p. 10 pl.....	200
1912	XII	192 + 846 p. 30 pl.....	200
1913	XIII	222 + 506 p. 10 pl.....	200
1914	XIV	186 + 564 p. 16 pl.....	200
1915	XV	138 + 472 p. 7 pl.....	200
1916	XVI	180 + 496 p. 22 pl.....	200
1917	XVII	216 + 423 p. 17 pl.....	200
1918	XVIII	176 + 472 p. 16 pl.....	200
1919	XIX	152 + 358 p. 11 pl.....	250
1920	XX	218 + 328 p. 13 pl.....	250
1921	XXI	238 + 360 p. 16 pl.....	250
1922	XXII	216 + 312 p. 12 pl.....	250
1923	XXIII	220 + 548 p. 23 pl.....	200
1924	XXIV	253 + 717 p. 27 pl.....	200
1925	XXV	242 + 912 p. 35 pl.....	225
1926	XXVI	172 + 440 p. 20 pl.....	200
1927	XXVII	225 + 480 p. 25 pl.....	200
1928	XXVIII	302 + 566 p. 30 pl.....	200
1929	XXIX	260 + 586 p. 39 pl.....	200
1930	XXX	246 + 1356 p. 93 pl.....	250

La série jusqu'au tome XXX inclus, Fr. 6.000.

Table générale de la 4e série, par C.-P. Nicolesco..... Fr. 250

MACON, PROTAT FRÈRES, IMP. MCMXXXIX. *La gérante de la Soc. Géolog.* : Mme L. Mémin.

Document numérisé par la Bibliothèque universitaire Pierre et Marie Curie - UPMC